



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Tratamiento por implosión de cavidades para la mejora de la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal, 2021.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Gonzales Aguirre, Marcelina Elizabeth Raquel (ORCID: 0000-0003-1148-7777)

Mayta Aguilar Javier Alexis (ORCID: 0000-0001-9943-0438)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los recursos naturales

**LIMA - PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

A nuestros padres, quienes fueron el apoyo incondicional en nuestro desarrollo humano y profesional, a nuestros docentes que nos guiaron e incentivaron en nuestra etapa universitaria con sus enseñanzas y sus experiencias, a nuestros familiares que siempre confiaron y nos motivaron a seguir adelante y a Dios por guiar nuestros pasos y protegernos de la actual situación pandémica y permitirnos alcanzar nuestra meta.

## **Agradecimiento**

A nuestros padres y familiares por apoyarnos en esta etapa universitaria, por sus consejos y valores que nos incentivó a seguir esforzándonos, a mi asesor de tesis Elmer Benites por su gran guía que fue indispensable para la realización y culminación de nuestro trabajo de investigación y a Dios por guiarnos y protegernos de la crisis pandémica que estamos viviendo actualmente.

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I INTRODUCCIÓN.....	1
II MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2 Variables y operacionalización.....	11
3.3 Población, muestra y muestreo.....	12
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5 Procedimiento.....	13
3.6 Métodos de análisis de datos.....	21
3.7 Aspectos éticos.....	21
IV. RESULTADOS.....	22
4.1. Parámetros fisicoquímicos del agua de la industria artesanal láctea luego del tratamiento por implosión de cavidades.....	22
4.2 Resultados de los parámetros físicos y químicos después del tratamiento por implosión de cavidades. ....	23
4.3 Resultado de los parámetros del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades. ....	24
V. DISCUSIÓN.....	43
VI. CONCLUSIÓN.....	47
VII. RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS.....	56

## Índice de tablas

TABLA 1: Cuadro de técnicas e instrumentos.....	13
Tabla 2: Día de muestreo y estación de muestreo .....	16
Tabla 3: Día de muestreo y códigos de estaciones de muestreo. ....	21
Tabla 5: Datos de los parámetros del tratamiento de implosión de cavidades. ....	22
Tabla 6: Ficha de resultados de los parámetros físicos y químicos después del tratamiento por implosión de cavidades. ....	23
Tabla: 7 Ficha de datos del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades .....	24
Tabla 8: Porcentajes de reducción del parámetro aceites y grasas por efecto del tratamiento de implosión de cavidades a distintas presiones. ....	35
Tabla 9: Prueba de normalidad tratamiento de implosión de cavidades.....	37
Tabla 10: Evaluación del estadístico Tukey para Temperatura. ....	37
Tabla 11: Prueba de Tukey para Conductividad .....	38
Tabla 12: Prueba de Tukey para Solidos Disueltos.....	38
Tabla 13: Prueba de Tukey para porcentaje de sal.....	39
Tabla 14: Estadística Tukey para pH .....	39
Tabla 15: Estadística Tukey para DBO .....	39
Tabla 16: Estadística Tukey Dureza Total.....	40
Tabla 17: Estadística Tukey Aceites y Grasas .....	40
TABLA 18: de correlaciones No paramétricas.....	42

## Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de tratamiento por implosión de cavidades .....	14
Figura 2: Ubicación de la industria láctea artesanal .....	15
Figura 3: muestra de 100 L de agua residual .....	16
Figura 4: toma de muestra y rotulado .....	17
Figura 5: toma de muestra y rotulado .....	17
Figura 6: Almacenado de las muestras .....	17
Figura 7: Diagrama del proceso de tratamiento por implosión de cavidades.....	18
Figura 8: Control y supervisión de la presión .....	19
Figura 9: Control y supervisión de los parámetros del equipo. ....	19
Figura 10: Control del caudal .....	19
Figura 11: toma de muestra y análisis durante el tratamiento por implosión de cavidades. ....	20
Figura 12: Resultados de aumento de la temperatura °C con el tratamiento de implosión de cavidades a tres distintas presiones.....	25
Figura 13: Resultados del aumento de pH con el tratamiento de implosión de cavidades a tres distintas presiones. ....	26
Figura 14: Resultados de la DBO con el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones. ....	27
Figura 15: Resultados de los Solidos disueltos (mg/l) con el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones.....	27
Figura 16: resultados de la dureza total (mg/l) con el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones. ....	28
Figura 17: resultados de la conductividad eléctrica (uS/cm) con el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones.....	29
Figura 18: resultados del parámetro porcentaje de sal (%) con el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones.....	30
Figura 19: Resultados del parámetro oxígeno disuelto con el tratamiento implosión de cavidades a tres distintas presiones. ....	30
Figura 21: Resultados de los parámetros temperatura y caudal medidos del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades tres distintas presiones. ....	32

Figura 22: Resultados de los parámetros presión de entrada y presión de salida del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades tres distintas presiones.	33
Figura 23: Porcentajes de reducción y aumento de los parámetros físicos y químicos del tratamiento por implosión de cavidades. ....	33
Figura 24: Reducción del parámetro aceites por el tratamiento de implosión de cavidades y grasas a distintas presiones. ....	36
Figura 25: Antes y después del tratamiento por implosión de cavidades del agua residual. ....	36

## Resumen

En los últimos años diversos autores han hecho uso de diversas tecnologías para la reducción de contaminantes en efluentes de diversas industrias, una de estas tecnologías que se viene investigando es el tratamiento por implosión de cavidades más conocido como cavitación hidrodinámica, este es un fenómeno físico que genera la cavitación mediante el colapso de cavidades. La presente investigación se planteó como objetivo mejorar la calidad de las aguas residuales de la industria láctea a través de la implosión de cavidades. Teniendo como metodología el uso del tratamiento por implosión de cavidades para tratar el agua residual de la industria láctea artesanal. Se realizó este tratamiento a tres distintas presiones, donde se analizaron parámetros físicos y químicos en él cual se tomaron muestras en un tiempo inicial, intermedio y final para comprobar la medida en la que influye este tratamiento en los sólidos disueltos, aceites y grasas, conductividad y dureza total. Se obtuvo como resultado que a una presión de 8 bar se logró la mayor de reducción de los SD que fue de 16.23%, a 6 bar de presión la conductividad tuvo una reducción de 15.82%, así como la dureza total que tuvo una reducción de 8.33% a 6 bar de presión y los aceites y grasas tuvieron una reducción máxima de 32.65% a 4 bar de presión. En conclusión, el tratamiento influye en los parámetros físicos y químicos del efluente residual reduciendo en una medida significativa parámetros como los sólidos disueltos y aceites y grasas, mejorando de esta manera la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal.

Palabras clave: Cavitación hidrodinámica, implosión de cavidades, aguas residuales, calidad del agua.

## Abstract

In recent years, various authors have made use of various technologies to reduce pollutants in effluents from various industries, one of these technologies that is being investigated is the implosion treatment of cavities, better known as hydrodynamic cavitation, this is a physical phenomenon that generates cavitation by collapsing cavities. The objective of this research was to improve the quality of wastewater from the dairy industry through the implosion of cavities. Taking as methodology the use of the treatment by implosion of cavities to treat the residual water of the artisanal dairy industry. This treatment was carried out at three different pressures, where physical and chemical parameters were analyzed in which samples were taken at an initial, intermediate and final time to verify the extent to which this treatment influences dissolved solids, oils and fats, conductivity and total hardness. It was obtained as a result that at a pressure of 8 bar the greatest reduction of the SD was achieved, which was 16.23%, at 6 bar of pressure the conductivity had a reduction of 15.82%, as well as the total hardness that had a reduction of 8.33% at 6 bar pressure and oils and fats had a maximum reduction of 32.65% at 4 bar pressure. In conclusion, the treatment influences the physical and chemical parameters of the residual effluent, significantly reducing parameters such as dissolved solids and oils and fats, thus improving the quality of the wastewater from the artisanal dairy industry.

**Keywords:** Hydrodynamic cavitation, cavity implosion, wastewater, water quality.

## I INTRODUCCIÓN

La degradación de la calidad del agua es un problema que crece de manera exponencial conforme pasa el tiempo, afectando de manera significativa a los seres humanos y al ambiente, debido a que el agua es utilizada en el proceso de producción de múltiples productos de higiene personal y de consumo. La Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (2017) afirma que alrededor del mundo, el 80% de la producción de aguas residuales generadas a partir de la actividad humana son regresadas al ecosistema sin ningún tratamiento previo o reutilización. Esta realidad es preocupante debido al creciente aumento de la contaminación del agua a causa de la descarga de efluentes en este recurso. IANAS (2018) Afirma que los efluentes tienen la característica de poseer materia orgánica y nutrientes, ello es considerado una problemática ambiental muy extensa y compleja ocasionado por las aguas residuales vertidas a raíz de procesos industriales o domésticos. Actualmente los procesos de las industrias no son autorregulables (por lo general), ocasionando serios impactos negativos en los recursos naturales receptores como por ejemplo en las fuentes hídricas, debido a que dentro del proceso productivo de una empresa, se utiliza agua en combinación de otras sustancias ajenas que generalmente son contaminantes no controladas como ácidos, colorantes, materia orgánica, metales pesados, minerales y aceites, que luego cuando ya intervinieron en el proceso productivo, en combinación con el agua, se convierte en residuales cuyos parámetros sobrepasan los límites máximos permisibles estipuladas por el gobierno. Ello genera que la industria emisora no respete las normas y las leyes que han sido establecidas para el control de los mismos; en última instancia las aguas residuales son vertidas en alcantarillados, e incluso, son vertidos de manera directa en lagos y ríos sin tener en cuenta una adecuada disposición y tratamiento. Ello trae consigo graves problemas de contaminación ambiental, así como también serios impactos en la flora, la fauna y la salud humana.

En la actualidad hay avances en referente a tecnología, en los cuales disponen de tratamientos químicos, físicos y biológicos, pudiendo controlar, en su mayoría, la disposición final sin afectar los intereses comunes. La aplicación de la nanotecnología está dentro de las tecnologías que en los últimos años presenta una alta efectividad en la descontaminación de aguas residuales, contribuyendo así en el cuidado de los

recursos naturales y del medio ambiente. La cavitación destruye los contaminantes presentes en el agua debido a sus altas concentraciones de oxidantes. La ANA (2016) afirma que el aprovechamiento del recurso hídrico tiene que estar en equilibrio con el componente económico, social y ambiental ya que este recurso natural es estratégico para el desarrollo sostenible del país. Varios rubros industriales consideran al agua como un recurso de suma importancia para el proceso de producción, otorgando así un gran valor. Las aguas ingresantes en un proceso industrial productivo, debe presentar una calidad adecuada para poder ser utilizadas, no obstante, las características de esta misma agua una vez utilizada no vuelve a tener la misma calidad inicial, debido a la alteración de concentraciones y parámetros (VIDALES, LEOS y CAMPOS, 2010, p. 29). Actualmente en el Perú el volumen de aguas residuales que se generan diariamente por parte de empresas industriales formales o informales es desconocido (BRÑEZ et al., 2018). Las autoridades del país no cuentan con información y estadística que ayuden con las tareas de fiscalización, ello genera una falta de control al no dar cumplimiento a la normativa nacional establecida. A esta situación se suma el poco interés por parte de los ejecutivos de las industrias en cumplir a cabalidad la normativa nacional, debido a que consideran que el tratar las aguas residuales, generadas en el proceso industrial, conllevan a grandes e innecesarios gastos. No obstante, en los últimos años en el Perú se ha incrementado de manera considerable las actividades enfocadas a mejorar la calidad de vida de la población y de la economía del país (TAFUR, 2019).

En base a la problemática ambiental mencionada líneas arriba se planteó como problema general: ¿De qué manera la implosión de cavidades influye en la mejora de la calidad de las aguas residuales de la industria láctea artesanal?, y como problemas específicos: ¿ En qué medida el tratamiento por implosión de cavidades influye en los parámetros químicos del agua residual de la industria láctea artesanal? y ¿En qué medida el tratamiento por implosión de cavidades influye en los parámetros físicos del agua residual de la industria láctea artesanal?

Su justificación ambiental se basa en aplicar un tratamiento para mejorar el efluente emitido por una industria láctea, reduciendo los parámetros físicos y químicos de esta agua residual, debido que al exceder los VMA en cuerpos acuíferos, contribuye a la creciente contaminación hídrica, ocasionando una serie de impactos sobre este recurso y empeorando la actual contaminación ambiental. La justificación económica se basa en que esta alternativa de tratamiento de aguas residuales es mucho menos

costosa que los sistemas de tratamiento de aguas residuales comunes. La justificación social se basa en que el tratar un agua residual antes de su inserción en otros cuerpos acuíferos, contribuye al cuidado de la salud de las personas, animales y ecosistemas en general.

En base a las preguntas de investigación, se planteó como objetivo general: Mejorar la calidad de las aguas residuales de la industria láctea a través de la implosión de cavidades. Los objetivos específicos son: Determinar la medida en que el tratamiento por implosión de cavidades influye en los parámetros químicos del agua residual de la industria láctea artesanal y determinar la medida en que el tratamiento por implosión de cavidades influye en los parámetros físicos del agua residual de la industria láctea artesanal.

Como hipótesis general se plantea: El tratamiento por implosión de cavidades influye en la mejora de la calidad de las aguas residuales de la industria láctea artesanal, Gogate y Patil (2014) afirman que la cavitación hidrodinámica (implosión de cavidades) ocasiona una degradación de contaminantes. Y como hipótesis específicas; El tratamiento por implosión de cavidades influye en los parámetros químicos del agua residual de la industria láctea artesanal y si el tratamiento por implosión de cavidades influye en los parámetros físicos del agua residual de la industria láctea artesanal; Dulara (2015) afirma que la implosión de cavidades puede mostrarse de diferentes maneras o tener diferentes mecanismos de eliminación para erradicar múltiples tipos de contaminantes; RAJORA, et al.(2016) afirma que en los últimos años dentro de los efluentes industriales, se detectan nuevas moléculas pertenecientes a pesticidas, colorantes y fármacos. Debido a ello los científicos han desarrollado nuevas tecnologías de tratamiento, entre ellas la cavitación hidrodinámica que actúa a través de implosión de cavidades, RAJORIYA, et al. (2016) afirman que, en el proceso de cavitación hidrodinámica, los parámetros de operación como la presión es importante para poder lograr la degradación, ya que de ello va a depender lograr o no un mayor grado de degradación.

## II MARCO TEÓRICO

Gogate y Pandit (2004) afirman que la cavitación es un fenómeno de formación, crecimiento y posterior implosión de cavidades, las cuales están formadas por vapor del líquido, este fenómeno ocurre en un lapso de tiempo muy corto (milisegundos). En la cavitación ocurre la transición de una fase líquida a una fase de vapor, debido a una caída de presión al nivel de la tensión de vapor del líquido (Ferrari, 2017). Debido a la inercia y la compresibilidad del contenido de la burbuja de vapor de gas, la burbuja de cavitación estalla. Esto genera una enorme fuerza de implosión, ocasionando puntos calientes locales y liberando enormes cantidades de energía. La temperatura puede ser tan alta como 500-15000 K y la presión está dentro de un rango de 100-5000 atmósferas (Wang, et al., 2021); Además de la elevada temperatura y presión durante el proceso de cavitación hidrodinámica, la implosión de las burbujas de cavitación puede conllevar a diversos efectos fisicoquímicos que provocan una mejora en la calidad del efluente (Wu, et al., 2018).

Higuita, Jaramillo y Cardona (2019) afirma que, para la conversión de diferentes sustratos de interés, es beneficioso el uso de microburbujas. El estallido de las burbujas permite liberar un gran porcentaje de energía en un lapso de tiempo reducido conllevando al incremento de la presión local del sistema y de la temperatura. Este proceso también es conocido como cavitación en la cual hay una implosión y crecimiento de microburbujas de vapor (también llamadas cavidades) en un líquido. Por otro lado, Rajoriya, Carpenter y Bhalchandra (2015) afirma que el proceso de la mejora de la calidad del ocurre debido al movimiento del líquido en el Venturi. El incremento de la velocidad dinámica del fluido se origina gracias a que el líquido pasa entre formas geométricas. La presión de la vena constreñida decrece o iguala la presión de vapor del fluido, este cambio produce la evaporación del líquido, generando una cavidad de vapor, que colapsa. Esta acción ocasiona puntos con altas temperaturas, que liberan radicales libres sumamente reactivos debido a la descomposición térmica de las moléculas y al incremento de la tasa de transferencia de masa.

La explicación científica de este suceso se da a través del principio de Bernoulli, que se muestra en la ecuación, la cual afirma que la energía de un líquido se mantiene en condiciones de fluido ideal. En esta fórmula se tiene en consideración

la sumatoria de los factores de presión, energía cinética y energía potencial gravitatoria, dando como resultado la constante de Bernoulli.

$$\frac{1}{2}\rho U^2 + P + \rho gh = cte$$

A lo anteriormente mencionado también se le puede explicar de mejor manera a través del principio de Bernoulli, como se observa en la ecuación mostrada, en donde se confirma que la energía de una sustancia se conserva en condiciones de fluido ideal. En esta expresión se considera como la suma de los factores de energía cinética, presión y energía potencial gravitatoria las cuales dan como resultado la constante de Bernoulli. SUMIKURA, et al. (2007) realizó una investigación en la cual evaluó la capacidad de la aplicación de microburbujas con un sistema de ozonización con el propósito de reutilizar las aguas residuales. La implantación de cavidades generadas dio paso a una capacidad de desinfección mejorada. Este comportamiento se explica debido a que el ozono es un oxidante fuerte, teniendo como principal inconveniente la baja transferencia de gas líquido, sin embargo, cuando se utiliza las microburbujas de ozono, la capacidad de transferencia gas líquido aumenta a raíz de sus características como la baja velocidad de subida que tienen estas estructuras, ello da paso a una transferencia de gas líquido. A raíz de que el ozono se descompone en radicales OH, durante el proceso de ozonización a parte del ozono, también se requiere que el ambiente tenga un pH alto. SOROKHAIBAM Y AHMARUZZAMAN (2014) indica que para aumentar la formación de radicales OH, es necesario incrementar el valor de pH ya que, en una solución con un valor de pH alto, existen más iones de hidroxilos y la concentración también se incrementa a raíz del colapso de las microburbujas que permiten la formación de más radicales.

SUMIKURA, et al. (2007) realizó una investigación en la cual evaluó la capacidad de la aplicación de microburbujas con un sistema de ozonización con el propósito de reutilizar las aguas residuales. La implantación de cavidades generadas permitió dio paso a una capacidad de desinfección mejorada. Este comportamiento se explica debido a que el ozono es un oxidante fuerte, teniendo como principal inconveniente la baja transferencia de gas líquido, sin embargo, cuando se utiliza las microburbujas de ozono, la capacidad de transferencia gas líquido aumenta a raíz de sus características como la baja velocidad de subida que tienen estas estructuras, ello da paso a una transferencia de gas líquido. A raíz de que el ozono se descompone

en radicales OH, durante el proceso de ozonización a parte del ozono, también se requiere que el ambiente tenga un pH alto.

Taşdemir, et al. (2020) diseñaron un reactor de cavitación hidrodinámica (HDC) con el objetivo de eliminar el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) de una muestra de agua residual. Los estudios experimentales se realizaron a pH fijo = 11. En las condiciones de 0,12 número de cavitación, flujo de aire de 25 L / min, temperatura de 30 ° C y concentración inicial de 2500 mg / L, en 24 h se logró una eficiencia de eliminación de amoníaco del 98,4%. Con las mismas condiciones experimentales sin aire, el reactor HDC proporcionó un 89,5% de eliminación del amoníaco al final de las 24 h. Se concluyó que el reactor de cavitación hidrodinámica es muy eficaz para la eliminación de gases volátiles de aguas residuales y se concluyó que la inhibición de la aireación, generó la eficiencia de la eliminación del amoníaco deseada.

Padoley et al. (2012) evaluaron como una opción de pretratamiento para las aguas residuales de destilería complejas / recalcitrantes con biometanato. Estudiaron el efecto de como la presión de entrada, la dilución y el tiempo de reacción sobre la reducción de DQO / TOC y la mejora del índice de biodegradabilidad (relación BI: BOD 5: DQO) del B-DWW con el objetivo de maximizar el índice de biodegradabilidad, así como también reducir la toxicidad de las aguas residuales de la destilería. Se observó que la aplicación del tratamiento a 13 bar de presión, producía un máximo índice de biodegradabilidad, mientras que la aplicación de una presión a 5 bar, tuvo mejores resultados para la reducción de la toxicidad de B-DWW. La toxicidad de las aguas residuales de la destilería se analizó midiendo la DQO, el TOC y el color de la muestra de aguas residuales. El pretratamiento de cavitación hidrodinámica en condiciones optimizadas conduce a un índice de biodegradabilidad de 0,32, reducción de DQO y TOC de 32,24% y 31,43%, respectivamente, junto con una reducción de color del 48%. Estos resultados indican el potencial de los cavitadores hidrodinámicos como una opción de pretratamiento para mejorar el índice de biodegradabilidad de las aguas residuales recalcitrantes

Wang et al. (2021) utilizaron la tecnología de la cavitación hidrodinámica para degradar el clorhidrato de tetracilina, se investigaron los efectos del tipo de reactor, los parámetros geométricos y las condiciones de operación sobre la degradación. Los resultados indicaron que, bajo la presión de entrada óptima de cada reactor, el rendimiento de degradación de OP 3 fue el mejor y la tasa de degradación fue del 44,9%. Después de la reacción combinada de HC con 0,10 g / L de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$  durante

2 h, la tasa de degradación fue del 92,2%. El índice sinérgico de HC + 0.050 g / L y HC + 0.10 g / L  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$  fue 1.56 y 4.41, respectivamente. El índice sinérgico del proceso de HC + 0,047 g / LO 3 fue de 1,60 y la tasa de degradación alcanzó el 95,5% después de 80 min.

Musmarra, et al. (2016), investigaron la degradación del ibuprofeno en agua por cavitación hidrodinámica, el tiempo del tratamiento fue de 60 minutos y la presión de entrada relativa  $p_{in} = 0,35$  MPa. Los resultados de la investigación arrojaron que el parámetro pH no afectaba el grado de degradación del ibuprofeno. Esta característica peculiar concuerda con una visión cinética recientemente publicada y se ha explicado a la luz de los intermediarios de las diferentes vías de reacción.

Patil, et al. (2021) evaluaron la mejora significativa en la remoción de nitrógeno amoniacal de las aguas residuales. Durante la aplicación del tratamiento se evaluó el efecto de la concentración inicial (100-500 mg / L), el efecto de la caída de presión (0,5-5 bar) y la naturaleza del dispositivo de cavitación (flujo lineal y de vórtice para la cavitación). Se halló que la concentración inicial del contaminante tiene un impacto significativo del grado de remoción. Los resultados arrojaron una disminución de 5g/m<sup>3</sup> de nitrógeno amoniacal para una concentración inicial de 100 mg/L y hasta 12 g/m<sup>3</sup> de reducción del contaminante a una concentración alta de 500 mg/L.

Doltade, et al. (2019) investigaron la aplicación de la cavitación hidrodinámica para el tratamiento de aguas residuales de una refinería de petróleo. La desinfección bacteriana máxima y la reducción de DQO se obtuvieron utilizando un reactor CN5 operado a una presión de descarga de la bomba de 5 bar y se encontró que el grado de reducción fue del 59,17% y el 52%, respectivamente.

Kumar, et al. (2017), investigaron la degradación del colorante azul de metileno (MB) en solución acuosa mediante el uso de cavitación hidrodinámica combinada con  $\text{H}_2\text{O}_2$  y fotocatalizador de  $\text{TiO}_2$  bi-dopado. Se estudió el efecto de varios parámetros operativos como la presión del fluido de entrada, el pH de la solución, la adición de  $\text{H}_2\text{O}_2$  y el fotocatalizador sobre la degradación del colorante MB. El grado máximo de degradación del azul de metileno se obtuvo a una presión de entrada de 5 bar y pH 2. La relación molar de MB:  $\text{H}_2\text{O}_2$  es decir, 1:20 se mostró 94,64% de MB decoloración durante 60min. La combinación de cavitación hidrodinámica y  $\text{H}_2\text{O}_2$  ha mostrado un alto efecto sinérgico que la combinación de cavitación hidrodinámica y proceso fotocatalítico de  $\text{TiO}_2$  bi-dopado.

Villaroig (2021) realizó una investigación que tuvo como finalidad reducir la contaminación causada por microorganismos orgánicos, microorganismos patógenos y nitratos que se encuentran presentes en los fangos de las estaciones depuradoras de aguas residuales, así como también en los purines procedentes de las industrias ganaderas. Este proceso se realizó a través del tratamiento por cavitación hidrodinámica, durante 240 minutos a una presión de 4 bar. Los resultados arrojaron una reducción del 100% de las bacterias *Escherichia coli* y la *Salmonella sp.*, sin embargo, la bacteria *Clostridium perfringens* consiguió una reducción del 85%.

Agudelo et al. (2019), evaluó la remoción del sulfuro, presente en las aguas residuales proveniente de la industria de la curtiembre. El tratamiento aplicado fue la cavitación hidrodinámica, el cual se llevó a cabo por un lapso de tiempo de 90 minutos. Los parámetros de diseño fueron establecidos mediante el uso de dos prototipos, variando el número y diámetro de orificios en el punto de estrangulamiento con el objetivo de determinar las condiciones óptimas del reactor. Como resultado se obtuvo una reducción máxima del 32,6% de la concentración inicial de sulfuro. Con ello llegaron a la conclusión que la cavitación hidrodinámica es una tecnología sustentable para la industria del curtido de cueros.

Morikawa (2015) hizo una importante contribución a la investigación científica, en la cual tuvo como objetivo la recuperación y protección ambiental del humedal El Cascajo, en el trabajo de investigación, se utilizó la nanotecnología, un tipo de tratamiento de microburbujas, las microburbujas están compuestas por burbujas 10,000 veces más pequeñas que el de las bebidas y pueden permanecer en el agua de 4 a 8 horas. Durante este tiempo, las nanoburbujas capturan e inmovilizan bacterias y virus, destruyéndolas, así como también utilizando filtros biológicos. Los resultados se obtuvieron 15 días después de la aplicación de la tecnología. Cabe señalar que el humedal El Cascajo es actualmente un santuario restaurado, y sus aguas son cristalinas, atrayendo de inmediato a cientos de aves.

La aplicación de microburbujas en combinación con otros métodos de oxidación avanzada genera más implosion de cavidades, aumentando la eficacia de remoción de diversos tipos de contaminantes, como menciona la investigación realizada por Karamah y Nurcahyani (2019), ya que, a través de cavitación hidrodinámica, la ozonización y la combinación de ambos métodos por un periodo de tiempo de 60 minutos, lograron degradar 100 ppm de Blue KNR. El mejor resultado de decoloración de la aplicación del método de ozonización fue de 70.16%, el resultado para la

aplicación de método de cavitación hidrodinámica fue de 79.39%, mientras que los resultados para la combinación de ambos métodos fueron de 92.63%. La conclusión de la investigación fue que la aplicación de ambos métodos dio el efecto sinérgico en comparación a la aplicación de los métodos de manera individual.

VALVERDE (2017), investigó la reducción de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicios usando Micronanoburbujas de ozono, la cual tuvo como principal objetivo, diversificar la concentración de plomo y silicio a través de un tratamiento el cuál consistía en la aplicación de microburbujas aire ozono, en las aguas residuales que se generaban a partir del proceso de lavado de gases de una empresa de servicio. La investigación tuvo como metodología un diseño experimental, teniendo a su vez un nivel preexperimental, en un inicio se realizó un previo análisis de las aguas residuales generadas en la empresa de baterías, analizando los parámetros de plomo, silicio. Se concluyó que la aplicación de microburbujas de aire-ozono contribuye en mejorar las características físicas del agua y metales presentes, el autor considera que la aplicación es sumamente efectiva ya que se evidencia una clara disminución de la concentración de silicio y plomo en el agua residual tratada.

NUÑES (2017) investigó la aplicación de nanoburbujas de aire en el tratamiento de aguas residuales provenientes de una embotelladora de bebidas carbonatadas, el principal objetivo del trabajo de investigación fue emplear las nanoburbujas de aire en el tratamiento de los efluentes de una Embotelladora de bebidas carbonatadas, se empleó como diseño, el diseño pre experimental, haciendo de manera inicial una pre-prueba y de manera posterior una post-prueba. Ello se basa en aplicar a un grupo una previa prueba, del tratamiento con microburbujas para luego administrar el tratamiento y luego de terminado el proceso realizar la medición de los parámetros. Se concluyó que es positivo el uso de las microburbujas de aire en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria gaseosa, debido a que mejora los parámetros de pH, así como también se lograron cumplir con los valores máximos admisibles del DQO, DBO y la temperatura, para ser vertidas en el sistema de alcantarillado sanitario, una vez tratada.

Thalman et al. (2015) en la investigación "Efecto del tratamiento con ozono sobre el sulfuro de plata nanométrico en el efluente de aguas residuales", se investigó la interacción del ozono con nano  $Ag_2S$  y se evaluó el efecto de la ozonización en la toxicidad a corto plazo de un efluente de una Planta de Tratamiento de Aguas

Residuales (PTAR), la cual fue enriquecida con nanoAg<sub>2</sub>S. Los resultados de la investigación fueron que los productos de ozonización de nanoAg<sub>2</sub>S por microscopía electrónica de transmisión y espectroscopia de absorción de rayos X, esto dio a conocer que la ozonización dio paso a la creación de cloruro de plata en el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. La investigación concluyó que, el tratamiento con ozono del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales resulta en la oxidación de Ag<sub>2</sub>S, debido a ello, incrementó la toxicidad de Ag en el agua residual.

RANDHAVANE (2019), Comparó los parámetros geométricos en el tratamiento de efluentes de plaguicidas con procesos de cavitación hidrodinámica. El trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la comparación de la cavitación hidrodinámica entre la degradación del pesticida clorofilos y el DQO de aguas residuales. La metodología del trabajo de investigación se basó en un circuito de tuberías, bombas, medición de presión, válvulas, entre otros. También se tuvo dos tipos distintos de orificio en las placas, la primera placa tuvo 17 agujeros, teniendo cada agujero 1.5 milímetros de diámetro y la segunda placa tubo 1 orificio de 2 milímetros de diámetro. Los resultados de la investigación fueron que la primera placa tubo mejores resultados con respecto a la mejora del DQO y CPF, los cuales los valores fueron de 58% y 88% respectivamente. El lapso de tiempo empleado fue de 1 hora, se empleó ese tiempo debido a que el colapso mejorado de las 4 cavidades a raíz de que hay un incremento de orificios con 1 diámetro menor de orificios que en la placa 1.

NIETO (2019) investigó la de la cavitación hidrodinámica para reducir los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los efluentes de la industria de curtiembre y de textil, tuvo como objetivo evaluar la eficacia de la cavitación hidrodinámica en la mejora de los parámetros de las aguas residuales emitidas por la industria de curtiembre y la industria textil, los parámetros evaluados fueron los fisicoquímicos y microbiológicos. Durante la ejecución de la técnica de cavitación hidrodinámica, se tomaron muestras cada 15 minutos y la metodología que se usó fue por parámetros como el Análisis de DBO5. Se concluyó que la cavitación hidrodinámica presenta una mayor reducción en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos propios de la industria textil, la temperatura del efluente tratado osciló entre los 36.83°C y 45.17°C, mientras que en la industria de curtiembre la temperatura tuvo una oscilación de entre 30.24°C y 42.33°C.

GUERRERO et al. (2018) investigó la descontaminación de aguas residuales a través de la Zeolita, plantearon como objetivo disminuir los contaminantes que se encuentran presentes en las aguas residuales que se emiten directamente en el río Portoviejo. Como metodología se fabricó se construyó un filtrotubular en el cual se insertó en el interior 4 capas de Zeolita, cada capa tubo un tamaña distinto. A continuación, se dejó dar pase al agua para luego evaluar el porcentaje de reducción de los contaminantes. Los resultados de la investigación demostraron que es beneficioso el procedimiento, se logró mejorar los parámetros químicos y físicos del fosfato, teniendo una reducción de entre el 50% y 95%, los sólidos disueltos (SD) se lograron reducir entre un 2 % y un 8%, mientras que los sólidos suspendidos (SS) se lograron reducir entre un 35% y 85%, en referente a la demanda biológica de oxígeno (DBO5), se logró tener una mejora aproximada del 45% y por último en el oxígeno disuelto (OD), se logró tener una mejora de entre el 2% y 7%.

### **III. METODOLOGÍA**

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

El trabajo de investigación fue de tipo aplicada y con un enfoque cuantitativo. Según la CONCYTEC (2018) una investigación es aplicada cuando se determina mediante conocimiento científicos, protocolos, metodologías, etc. Para abarcar una necesidad específica. La investigación fue de nivel explicativo y su diseño fue de tipo experimental, HERNANDEZ (2014) menciona que el diseño experimental explicativo puede obtener una o más variables independientes y variables dependientes, se puede hacer uso antes y después de la prueba.

#### **3.2 Variables y operacionalización**

El presente trabajo de investigación se trabajó con la variable independiente y la variable dependiente.

**Variable independiente:** Implosión de cavidades

**Variable dependiente:** Mejora de la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal.

La operacionalización de variables y dimensiones se puede visualizar en el anexo 1.

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

La población de la investigación fueron las aguas residuales generadas por las actividades de los procesos de elaboración de derivados lácteos provenientes de la empresa láctea artesanal.

Se tomó una muestra de 100 litros de agua residual de la empresa láctea artesanal, la cual se recolectó para la aplicación del tratamiento por implosión de cavidades.

El tipo de muestreo realizado fue aleatorio simple, este tipo de muestreo hace uso de una población homogénea, en la cual cada muestra tiene una similar probabilidad de ser seleccionada. Hernández y Carpio (2019)

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

La técnica que se empleó en el presente trabajo de investigación fue la observación donde se registró y controló los diversos fenómenos ocurridos en el transcurso del tratamiento tal como se observa en la Tabla 1.

Los instrumentos utilizados fueron 3 fichas de registro:

Ficha 1: Datos de los parámetros del tratamiento de implosión de cavidades

Ficha 2: Datos del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades

Ficha 3: Resultados de los parámetros físicos y químicos antes y después del tratamiento por implosión de cavidades

TABLA 1: Cuadro de técnicas e instrumentos

ETAPA	FUENTE	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Ubicación e identificación del lugar de estudio	Empresa láctea artesanal	Observación	Ficha de registro	Lugar de estudio ubicado e identificado
Recolección de la muestra de agua residual industrial	Agua residual almacenado de la industria láctea artesanal	Observación	Ficha de registro	Recolección de 100 L de agua residuo
Análisis de la muestra de agua residual industrial antes de la	Agua residual almacenado de la industria láctea artesanal	Observación	Análisis de laboratorio acreditado	Determinar los contaminantes presentes en el agua residual de la industria
Aplicación del tratamiento	Procedimiento experimental realizado en un zona acondicionada	Observación	Fichas de registro de datos	Generación de implosión de cavidades en el agua residual
Análisis de la muestra de agua residual industrial durante y después de la aplicación del tratamiento	Muestra del agua residual tomada de acuerdo al diseño experimental	Observación	Ficha de registro de datos	Comprobación de la influencia que tiene el tratamiento con respecto a los parámetros establecidos
Interpretación y análisis	Gabinete	Observación	Matrices, apuntes y análisis	Resultados de los parámetros analizados

Los instrumentos usados en este trabajo de investigación fueron las fichas de registro de datos los cuales se llenaron en la etapa de aplicación del tratamiento y se analizaron en la etapa de interpretación y análisis.

### 3.5 Procedimiento

El desarrollo de la presente investigación fue realizada en varias etapas, como se muestra en la Figura 1.

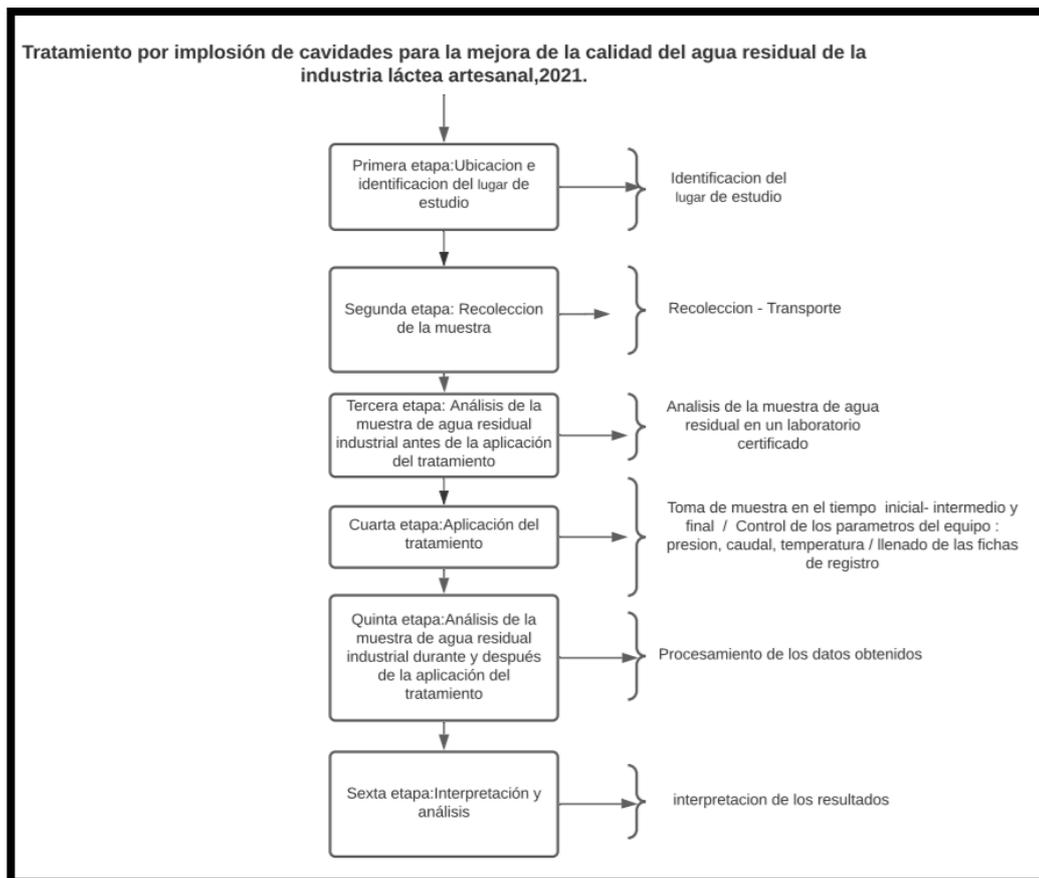


Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de tratamiento por implosión de cavidades

En la primera etapa se realizó la ubicación e identificación del lugar de estudio, coordenadas, dirección, industria, provincia y distrito. En la Figura 2 se observa la ubicación de la empresa láctea artesanal que fue obtenida de la aplicación google maps.

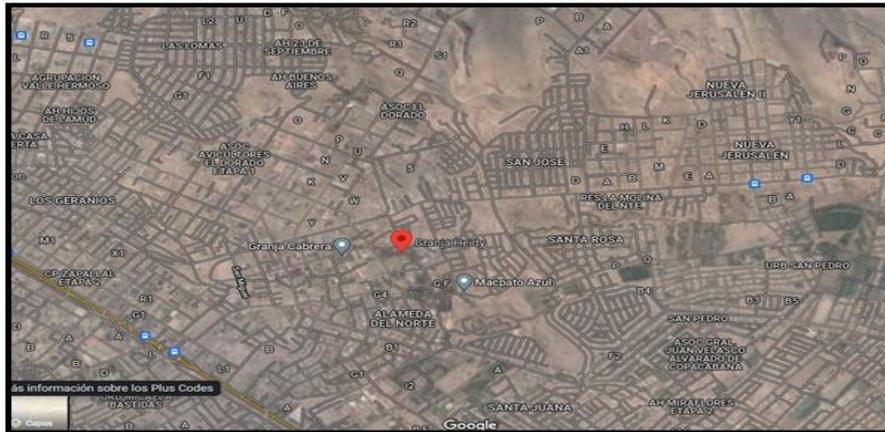
Industria : empresa láctea artesanal

Distrito : Puente piedra

Provincia : Lima

Departamento : Lima

Coordenadas: 272341.61 m E - 8690675.36 m S



Fuente: Google Maps

Figura 2: Ubicación de la industria láctea artesanal

En la segunda etapa se recolectó 100 litros de agua residual industrial producidos por los diferentes procesos de elaboración de derivados lácteos del lugar de estudio, muestra que se tomó un día laborable. Esta recolección se realizó en el área de almacenamiento de sus efluentes residuales con ayuda de un trabajador.

La muestra de 100L se almacenó en cuatro galones con capacidad de 30L cada uno, las cuales fueron distribuidas en 30 litros, para el tratamiento a 3 distintas presiones. En la figura 3 se observa los galones llenos de la muestra de agua residual.



Figura 3: muestra de 100 L de agua residual

En la **tercera etapa** se realizó el análisis inicial del agua residual para la determinación de los parámetros a reducir con el tratamiento de implosión de cavidades.

La toma de muestra del agua residual se realizó de acuerdo a las indicaciones del laboratorio, estas fueron almacenadas en un cooler y luego transportadas al laboratorio SGS certificada por INACAL con numero de cedula de notificación 0637-2017-INACAL/DA. En la Tabla 2 se observa el día que se realizó el análisis inicial del agua residual el código de rotulo con el cual se mandó al laboratorio.

Tabla 2: Día de muestreo y estación de muestreo

DIA DE MUESTREO	CODIGO DE ESTACION
14/10/2021	MA-1

En la Figura 4 y 5 se observa la toma de muestra y el rotulado del análisis inicial del agua residual a tratado.



Figura 4: toma de muestra y rotulado

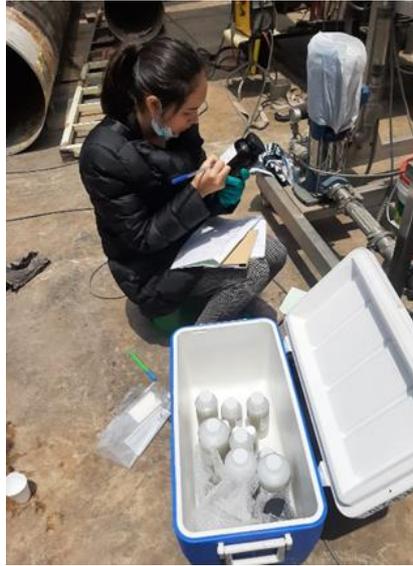


Figura 5: toma de muestra y rotulado

En la figura 6 se observa el almacenado de las muestras que fueron transportadas al laboratorio SGS.



Figura 6: Almacenado de las muestras

**En la cuarta etapa** para el tratamiento por implosión de cavidades se utilizó un equipo de cavitación hidrodinámica.

Antes de verter el agua residual en el equipo este paso por una limpieza general interna de componentes, principalmente de los filtros, debido a que estos tienden a obstruirse cuando el agua residual contiene partículas diminutas de sólidos.

Posteriormente se realizó una pasada del agua por el equipo para homogenizar y después de esto se procedió a iniciar el tratamiento. En la Figura 7 se observa el proceso del tratamiento desde la preparación del equipo hasta la finalización de este.

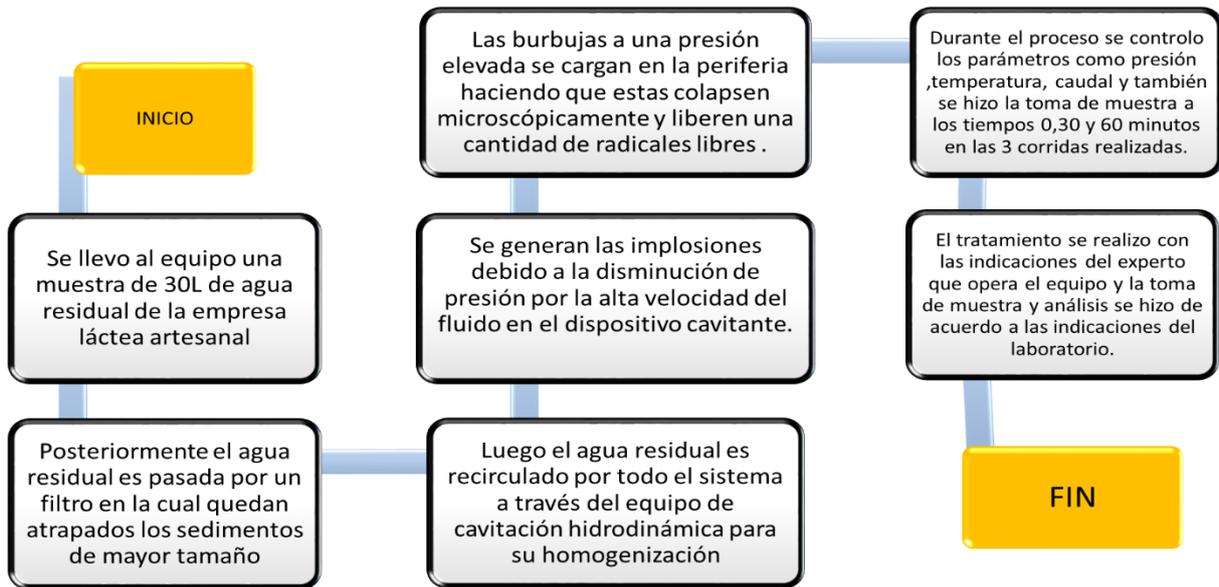


Figura 7: Diagrama del proceso de tratamiento por implosión de cavidades

En la Figura 8,9,10 se observa los diferentes controles y supervisiones de la presión, caudal y temperatura del equipo que se realizaron mientras se realizaba el tratamiento.



Figura 8: Control y supervisión de la presión



Figura 9: Control y supervisión de los parámetros del equipo.



Figura 10: Control del caudal

**En la quinta etapa** mientras se realizaba el tratamiento se procedió a tomar las muestras en 3 distintos tiempos los cuales fueron un inicial al tiempo 0, un intermedio a los 30 minutos y un final a los 60 minutos. Esta toma de muestras se realizó en las 3 repeticiones en los tiempos antes mencionados.

La toma de muestra se realizó de acuerdo a las indicaciones del laboratorio y se extrajo la cantidad necesaria para el llenado de los envases tal y como se evidencia en la imagen A y C de la Figura 11, a la misma vez se tomó una muestra a la cual se hizo el análisis con el multiparametro y se anotó los datos en la ficha correspondiente tal y como se evidencia en la imagen B de la Figura 8.



A: Rotulado y llenado de los envases de las muestras



B: Análisis utilizando el multiparámetro



C: Almacenado de muestras

Figura 11: toma de muestra y análisis durante el tratamiento por implosión de cavidades.

Una vez culminado el tratamiento se procedió a llevar las muestras al laboratorio SGS correctamente rotuladas y almacenadas. En la Tabla 3 se observa que muestra el día del análisis y los códigos de rotulación utilizados para nombrar las estaciones.

Tabla 3: Día de muestreo y códigos de estaciones de muestreo.

DIA DE MUESTREO	CODIGO DE ESTACION
28/10/2021	MA-A1
	MA-A2
	MA-A3
	MA-B1
	MA-B2
	MA-B3
	MA-C1
	MA-C2
	MA-C3

En la sexta etapa ya obtenidos los resultados se procedió a hacer el trabajo de gabinete.

### 3.6 Métodos de análisis de datos

En la presente investigación se utilizó una estadística inferencial haciendo uso del software SPSS y Excel.

Para el procesamiento estadístico de los resultados se utilizó el SPSS, el programa Excel fue empleado para realizar los gráficos y realizar tablas de comparaciones de los resultados obtenidos que mostraron la variación de los parámetros durante el tiempo de influencia del tratamiento.

### 3.7 Aspectos éticos

El trabajo de investigación consideró el respeto a la propiedad intelectual por lo cual fue pasado por el programa Turnitin, así como el respeto por las convicciones políticas, responsabilidad social, jurídica y ética. Siendo así la aplicación de los principios éticos de la investigación. Además, que se ajusta al reglamento de investigación de la Universidad Cesar Vallejo mediante resolución rectoral N° 0089/2019/UCV y todo los resultados de los análisis fueron obtenidos de un laboratorio certificado por INACAL.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Parámetros fisicoquímicos del agua de la industria artesanal láctea luego del tratamiento por implosión de cavidades

En la Tabla 5 se presenta los resultados de los parámetros fisicoquímicos de tres muestras de agua residual luego de ser sometido al tratamiento de implosión de cavidades en tiempos de 30 y 60 minutos en un sistema operado a condiciones de 4, 6 y 8 bar de presión.

Tabla 5: Datos de los parámetros del tratamiento de implosión de cavidades.

Ficha 1: Datos de los parámetros del tratamiento de implosión de cavidades												
 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>						Tratamiento por implosión de cavidades para la mejora de la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal, 2021.						
						Línea de investigación: Calidad y Gestión de los recursos naturales						
						Autores: Mayta Aguilar Javier Alexis				Gonzales Aguirre, Marcelina Elizabeth Raquel		
DATOS DEL LUGAR DE ESTUDIO												
LUGAR	Cruce Av. Canta Callao con Av. Izaguirre		DISTRITO			San Martín de Porres				Lima		
PROVINCIA	Lima		FECHA			28/10/2021						
TRATAMIENTO	PRESION/bar	VOLUMEN DE MUESTRA	TIEMPO	TEMPERATURA	CONDUCTIVIDAD	SOLIDOS DISUELTOS	PORCENTAJE DE SAL	pH	DBO	DUREZA TOTAL	ACEITES Y GRASAS	OXIGENO DISUELTTO
Implosion de cavidades	4	30	0	28	3050	1570	0.16	4.9	1880	1073.4	87.3	<1.0
			30	56	3390	1550	0.16	5.05	1950	1043.3	70.4	<1.0
			60	64.8	3003	1510	0.15	5.15	1875	1077.1	58.8	<1.0
	6	30	0	26.8	2970	1480	0.16	5.03	1817.5	1081.4	57	<1.0
			30	40.1	3060	1530	0.16	5.25	1835	1013	41.5	<1.0
			60	55.7	2500	1280	0.15	5.3	1860	991.3	52.9	<1.0
	8	30	0	28.9	2800	1540	0.15	5.43	2022.5	1102.9	469.3	<1.0
			30	48	3000	1430	0.14	5.54	2475	1109.9	358	<1.0
			60	61.3	2570	1290	0.13	5.6	2467.5	1206.8	489.1	<1.0

#### 4.2 Resultados de los parámetros físicos y químicos después del tratamiento por implosión de cavidades.

En la Tabla 6 se presenta los resultados antes y después de los parámetros físicos y químicos de tres muestras de agua residual luego de ser sometido al tratamiento de implosión de cavidades en tiempos de 30 y 60 minutos en un sistema operado a condiciones de 4, 6 y 8 bar de presión.

Tabla 6: Ficha de resultados de los parámetros físicos y químicos después del tratamiento por implosión de cavidades.

Ficha 3: Resultados de los parámetros físicos y químicos antes y después del tratamiento por implosión de cavidades																												
TITULO		Tratamiento por implosión de cavidades para la mejora de la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal,2021.																										
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		Calidad y Gestión de los recursos naturales																										
AUTORES:		Mayta Aguilar Javier Alexis													Gonzales Aguirre, Marcelina Elizabeth Raquel													
ASESOR		Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales																										
Tratamiento/Parámetros	Presion(bar)	PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS																										
		DBO(mg/l)			Solidos Disueltos(mg/l)			Oxigeno Disuelto(mg/l)			Aceites y grasas(mg/l)			Temperatura(°C)			pH			Dureza Total(mg/l)			Conductividad(uS/cm)			Porcentaje de Sal(%)		
		INICIAL	INTERMEDIO	FINAL	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
Implosión de cavidades	4	1880	1950	1875	1570	1550	1510	<1.0	<1.0	<1.0	87.3	70.4	58.8	28	56	64.8	4.9	5.05	5.15	1073	1043.3	1077	3050	3390	3003	0.16	0.16	0.15
	6	1818	1835	1860	1480	1530	1280	<1.0	<1.0	<1.0	57	41.5	52.9	26.8	40.1	55.7	5.03	5.25	5.3	1081	1013	991.3	2970	3060	2500	0.16	0.16	0.15
	8	2023	2475	2467.5	1540	1430	1290	<1.0	<1.0	<1.0	469.3	358	489.1	28.9	48	61.3	5.43	5.54	5.6	1103	1109.9	1207	2800	3000	2570	0.15	0.14	0.13

### 4.3 Resultado de los parámetros del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades.

En la Tabla 7 se presenta los resultados de los parámetros del equipo de tres muestras de agua residual luego de ser sometido al tratamiento de implosión de cavidades en tiempos de 30 y 60 minutos en un sistema operado a condiciones de 4, 6 y 8 bar de presión.

Tabla: 7 Ficha de datos del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades

Ficha 2: Datos del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades						
TÍTULO	Tratamiento por implosión de cavidades para la mejora de la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal, 2021.					
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los recursos naturales					
AUTORES:	Mayta Aguilar Javier Alexis			Gonzales Aguirre, Marcelina Elizabeth Raquel		
ASESOR	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales					
	Presión bar	TIEMPO min	Temperatura °C	Caudal L/m	Presión de Entrada bar	Presión de Salida bar
8		0	28	95	8	-0.2
		10	34.4	95	8	-0.2
		20	47	95	8	-0.2
		30	52	95	8	-0.4
		40	56	90	8	-0.7
		50	63	90	7.8	-0.7
		60	64.8	90	7.8	-0.7
4		0	26.8	110	4	0.5
		10	32.1	115	4	0.5
		20	36	115	4	0.5
		30	36.7	115	4	0.5
		40	40.1	115	4.2	0.5
		50	52	115	4.2	0.4
		60	55.7	115	4.2	0.4
6		0	28.9	115	6	0.5
		10	38.1	115	6	0.5
		20	43.1	115	6	0.5
		30	48	115	6	0.5
		40	53.7	115	6.3	0.2
		50	55.5	115	6.2	0.2
		60	61.3	115	6.3	0.2

En la Figura 12 se evidencia el aumento de la temperatura con el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones; en la primera corrida a 4 bar de presión aumento de 28 °C a 56 °C y finalizando en 64.8 °C, en la segunda corrida a 6 bar de presión aumento de 26.8 °C a 40.1 °C y finalizando en 55.7 °C y en la tercera corrida a 8 bar de presión aumento de 28.9 °C a 48 °C y finalizando en 61.3 °C.

### Temperatura:

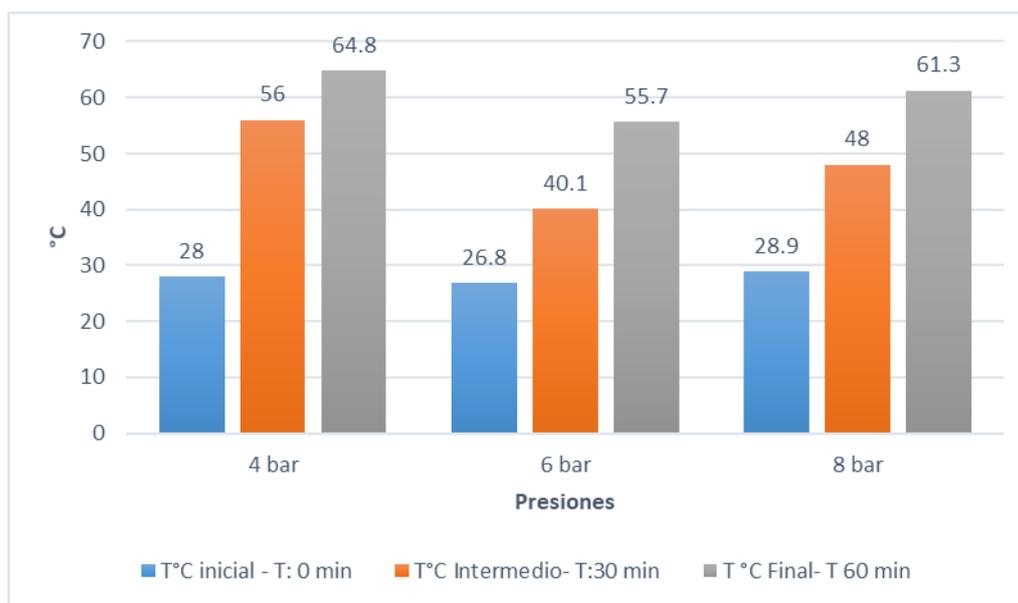


Figura 12: Resultados de aumento de la temperatura °C con el tratamiento de implosión de cavidades a tres distintas presiones.

En la figura 13 se observa que el pH con el tratamiento de implosión de cavidades a tres distintas presiones aumento; en la primera corrida a 4 bar de presión aumento de 4.9 a 5.05 y finalizando en 5.15, en la segunda corrida a 6 bar de presión aumento de 5.03 a 5.25 y finalizando en 5.3 y en la tercera corrida a 8 bar de presión aumento de 5.43 a 5.54 y finalizando en 5.6.

### Potencial de Hidrogeno (pH)

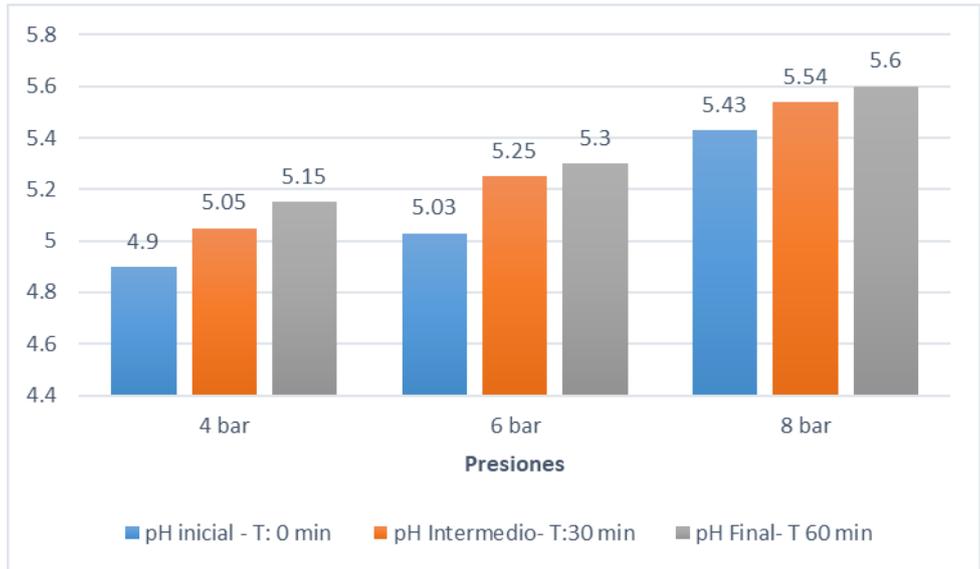


Figura 13: Resultados del aumento de pH con el tratamiento de implosión de cavidades a tres distintas presiones.

En la Figura 14 se observa los resultados de la DBO con el tratamiento de implosión de cavidades a tres distintas presiones; en la primera corrida a 4 bar de presión aumento de 1880 mg/l a 1950 mg/l y reduciéndose a 1875 mg/l, en la segunda corrida a 6 bar de presión aumento de 1817.5 mg/l a 1835 mg/l y finalizando en 1860 mg/l en la tercera corrida a 8 bar de presión aumento de 2022.5 mg/l a 2475 mg/l y finalizando en 2467.5 mg/l.

### Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

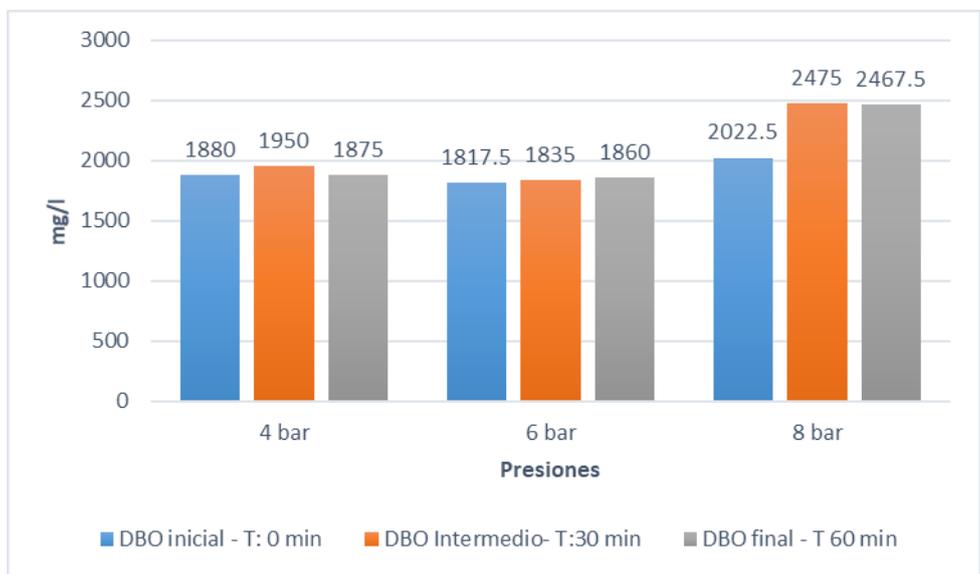


Figura 14: Resultados de la DBO con el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones.

En la Figura 15 se observa los resultados de los sólidos disueltos mg/l con el tratamiento de implosión de cavidades a tres distintas presiones; en la primera corrida a 4 bar de presión se redujo de 1570 mg/l a 1550 mg/l y finalizando en 1510 mg/l, en la segunda corrida a 6 bar de presión aumento de 1480 mg/l a 1530 mg/l y finalizando en una reducción de 1280 mg/l y en la tercera corrida a 8 bar de presión se redujo de 1540 mg/l a 1430 mg/l y finalizando en 1290 mg/l.

### Solidos Disueltos (SD)

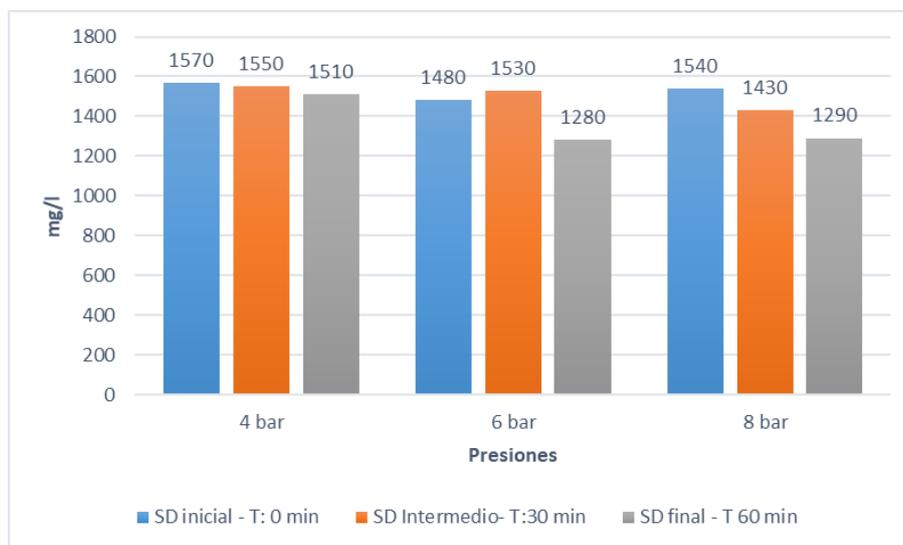


Figura 15: Resultados de los Solidos disueltos (mg/l) con el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones.

En la Figura 16 se visualiza el parámetro dureza total, se aprecia que, con el tratamiento de implosión de cavidades a una presión de 4 bar, se redujo de 1073.4 mg/l a 1043.3 mg/l y finalizando en un aumento de 1077.1 mg/l; el tratamiento con una presión de 6 bar tuvo una reducción de 1081.4 mg/l a 1013 mg/l y finalizando en 991.3 mg/l, por último, el tratamiento realizado con una presión de 8 bar tuvo un aumento de 1102.9 mg/l a 1109.9 mg/l y finalizando en 1206.8 mg/l.

## Dureza Total (mg/l)

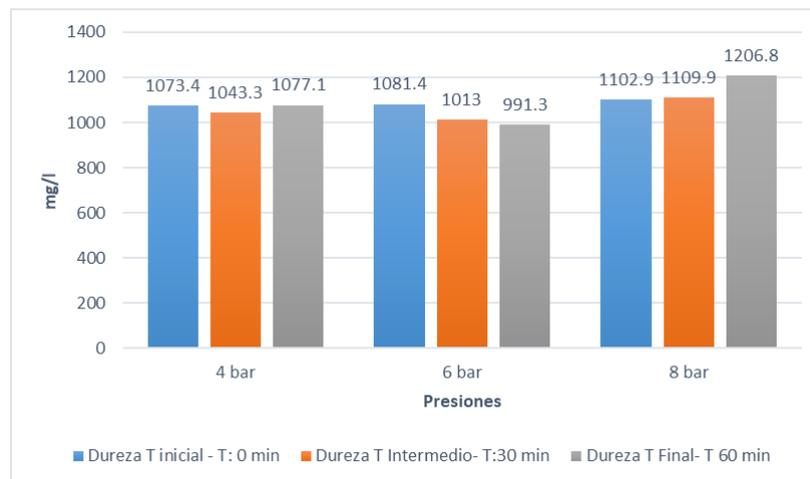


Figura 16: resultados de la dureza total (mg/l) con el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones.

En la Figura 17 se visualiza el parámetro conductividad eléctrica, se aprecia que, con el tratamiento de implosión de cavidades a una presión de 4 bar, aumento de 3050 uS/cm a 3390 uS/cm y finalizando en una reducción de 3003 uS/cm; el tratamiento con una presión de 6 bar tuvo un aumento de 2970 uS/cm a 3060 uS/cm y finalizando en una reducción de 2500 uS/cm Por último, el tratamiento realizado con una presión de 8 bar tuvo un aumento de 2800 uS/cm a 3000 uS/cm y finalizando en una reducción de 2570 uS/cm.

## Conductividad Eléctrica (uS/cm)

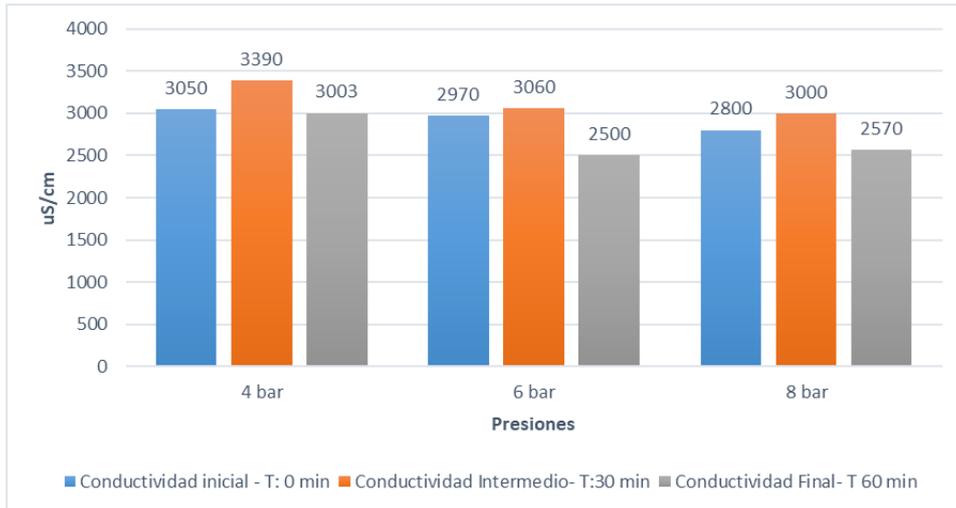


Figura 17: resultados de la conductividad eléctrica (uS/cm) con el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones.

En la Figura 18 se visualiza el parámetro Porcentaje de sal, se aprecia que, con el tratamiento de implosión de cavidades a una presión de 4 bar, se redujo de 16% a 15%; el tratamiento con una presión de 6 bar tuvo una reducción de 16% a 15%. Por último, el tratamiento realizado con una presión de 8 bar tuvo una reducción en el parámetro de 15% a 14% y finalizando en 0.13%.

### Porcentaje de sal (%)

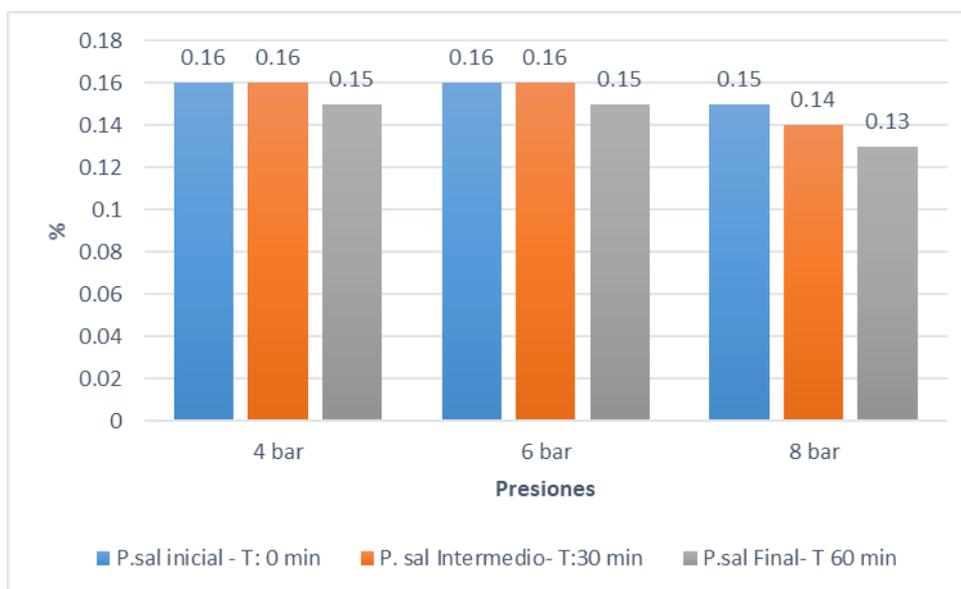


Figura 18: resultados del parámetro porcentaje de sal (%) con el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones.

En la figura 19 se visualiza el parámetro oxígeno disuelto, se aprecia que, con el tratamiento de implosión de cavidades a una presión de 4 bar, 6 bar y 8 bar no tuvo ninguna variación en los resultados.

### **Oxígeno Disuelto (OD)**

	4 bar	6 bar	8 bar
OD inicial	<1.0	<1.0	<1.0
OD final	<1.0	<1.0	<1.0

Figura 19: Resultados del parámetro oxígeno disuelto con el tratamiento implosión de cavidades a tres distintas presiones.

En la Figura 20 estadístico se visualiza el parámetro Aceites y grasas, se aprecia que, con el tratamiento de implosión de cavidades a una presión de 4 bar, se redujo de 87.3 mg/l a 70.4 mg/l y finalizando en 58.8 mg/l; el tratamiento con una presión de 6 bar tuvo una reducción de 57 mg/l a 41.5 mg/l y finalizando en 52.9 mg/l. Por último, el tratamiento realizado con una presión de 8 bar tuvo una reducción de 469.3 mg/l a 358 mg/l y finalizando en 489.1 mg/l. Observándose que la mayor reducción fue a 4 bar de presión.

### **Aceites y Grasas (mg/l)**

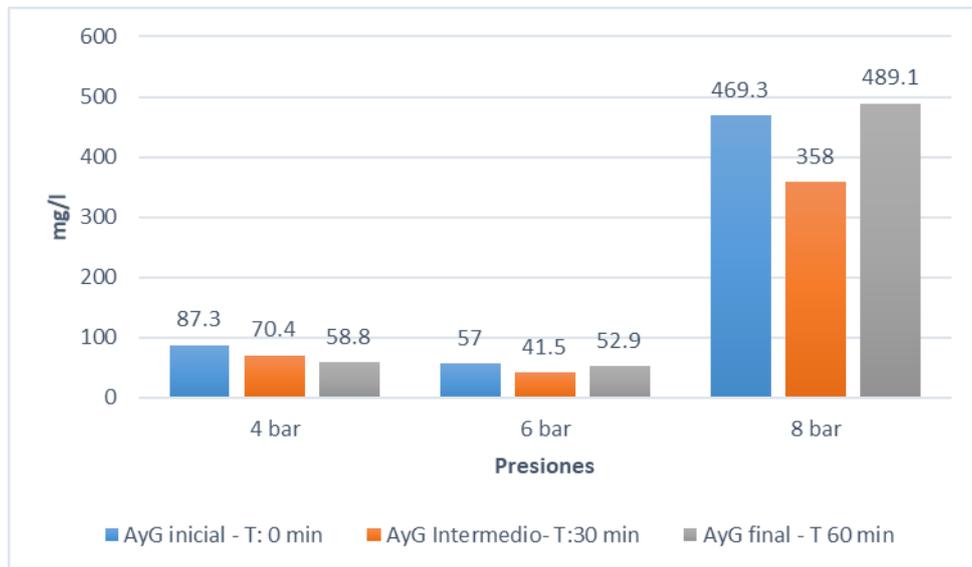


Figura 20: Resultados del parámetro Aceites y Grasas con el tratamiento implosión de cavidades a tres distintas presiones.

Datos del equipo analizados durante el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones.

En la Figura 21 se visualiza que la temperatura y caudal suben a medida que el tiempo pasa, a 8 bar de presión aumenta de 28 °C a 64.8 °C mientras que en el caudal tiende a disminuir de 95 L/m a 90 L/m, a 4 Bar de presión la temperatura aumenta de 26.8 °C a 55.7 °C mientras que el caudal aumenta de 110 L/m a 115 L/m y a 6 Bar de presión la temperatura aumenta de 28.9 °C a 613 °C el caudal se mantiene a 115 L/m.

**Parámetros temperatura y caudal medidos del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades tres distintas presiones**

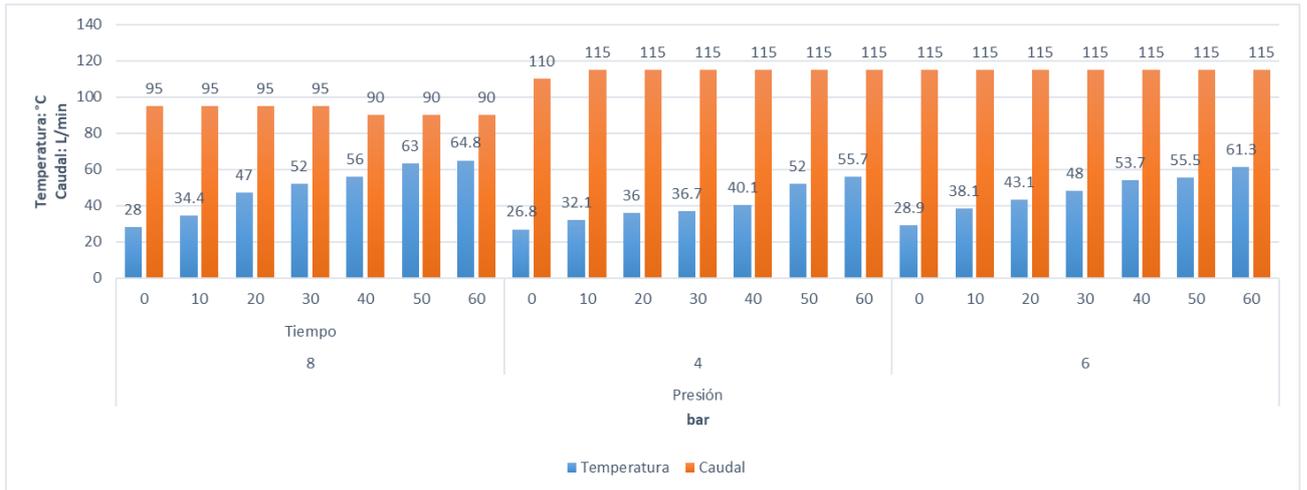


Figura 21: Resultados de los parámetros temperatura y caudal medidos del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades tres distintas presiones.

En el grafico 22 se visualiza que la presión de entrada y la presión de salida disminuyen a medida que el tiempo pasa, a 8 bar de presión la presión de entrada es de 8 bar y disminuye a 7.8 bar y la presión de salida disminuye de -0.2 a -0.7, a 4 bar de presión la presión de entrada aumenta de 4 bar a 4.2 bar mientras que la presión de salida disminuye de 0.5 bar a 0.4 bar y a 6 bar de presión la presión de entrada aumenta de 6 bar a 6.3 bar y la presión de salida disminuye de 0.5 bar a 0.2 bar.

### Parámetros presión de entrada y presión de salida del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades tres distintas presiones

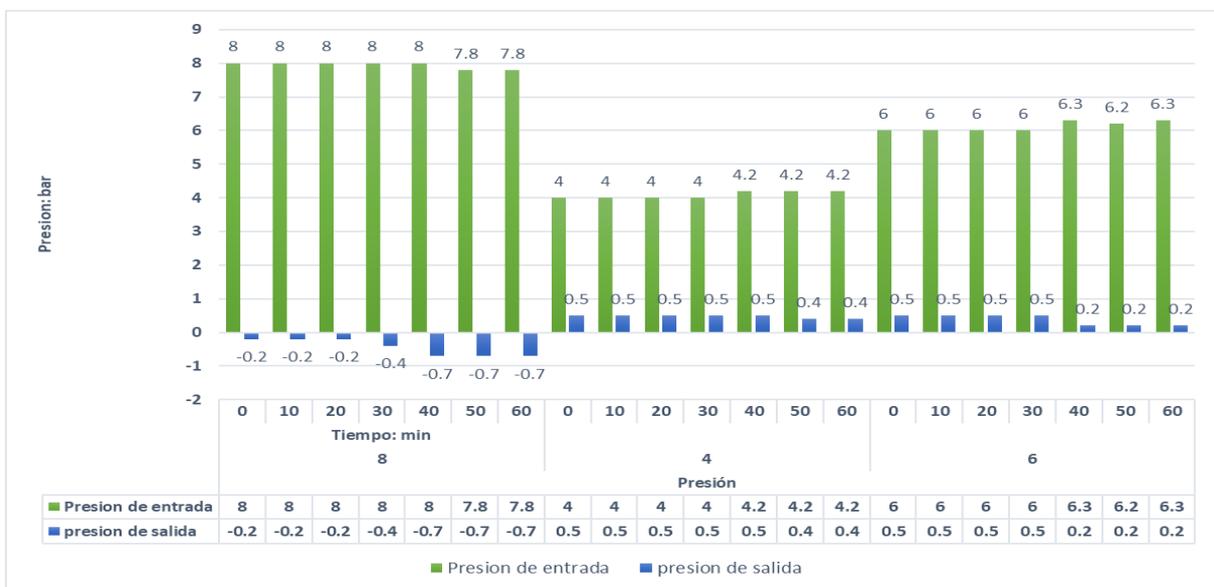


Figura 22: Resultados de los parámetros presión de entrada y presión de salida del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades tres distintas presiones.

En la Figura 23 se visualiza el porcentaje de reducción para los parámetros físicos y químicos analizados durante el tratamiento por implosión de cavidades.

Presiones	TIEMPO	TEMPERATURA	conductividad	Solidos disueltos	porcentaje de sal	pH	DBO	DUREZA TOTAL	ACEITES Y GRASAS
4	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	30 min	-100.00	-11.15	1.27	0.00	-3.06	-3.72	2.80	19.36
	60 min	-131.43	1.54	3.82	0.01	-5.10	0.27	-0.34	32.65
6	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	30 min	-49.63	-3.03	-3.38	0.00	-4.37	-0.96	6.33	27.19
	60 min	-107.84	15.82	13.51	0.01	-5.37	-2.34	8.33	7.19
8	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	30 min	-66.09	-7.14	7.14	0.01	-2.03	-22.37	-0.63	23.72
	60 min	-112.11	8.21	16.23	0.02	-3.13	-22.00	-9.42	-4.22

Figura 23: Porcentajes de reducción y aumento de los parámetros físicos y químicos del tratamiento por implosión de cavidades.

El parámetro DBO con el método de implosión de cavidades, a 4 bar de presión se obtuvo una reducción de 0.27 %, mientras que aplicando 6 bar de presión se obtuvo un incremento de 2.34% y finalmente aplicando 8 bar de presión se obtuvo un aumento de 22.81%. En conclusión, la DBO al someterse al método de implosión de cavidades a 4 bar de presión, se observa una reducción mientras que a 6 y 8 bar de presión se observa un incremento que pudo darse por distintos factores operacionales o del equipo.

Los SD con el método de implosión de cavidades, a 4 bar de presión se obtuvo una reducción de 3.82%, mientras que aplicando 6 bar de presión se obtuvo una reducción de 13.51% y finalmente aplicando 8 bar de presión se obtuvo una reducción de 16.23%. En conclusión, Los SD al someterse al método de implosión de cavidades a 8 bar de presión, reduce en un 16.23% que fue superior a los porcentajes de reducción que se obtuvieron a 4 y 6 bar de presión.

El OD con el método de implosión de cavidades, a 4 bar de presión se obtuvo una reducción de 0%, mientras que aplicando 6 bar de presión se obtuvo una reducción de 0% y finalmente aplicando 8 bar de presión se obtuvo una reducción de 0%. En conclusión, el método de implosión de cavidades, no influyó en la variación del OD.

La temperatura con el método de implosión de cavidades, a 4 bar de presión tuvo un aumento del 100%, mientras que aplicando 6 bar de presión se obtuvo un aumento de 141.43% y al aplicar 8 bar de presión se obtuvo un aumento del 121.11%. En conclusión, la temperatura al someterse al método de implosión de cavidades a 6 bar de presión, aumenta en un 141.43% más que con 4 y 8 bar de presión.

El pH con el método de implosión de cavidades, a 4 bar de presión se obtuvo un aumento de 5.10%, mientras que aplicando 6 bar de presión se obtuvo un aumento de 5.37% y finalmente aplicando 8 bar de presión se obtuvo un aumento de 3.13%. En conclusión, el pH al someterse al método de implosión de cavidades a 6 bar de presión este parámetro aumento más que a 4 y 8 bar de presión.

La Conductividad eléctrica con el método de implosión de cavidades, a 4 bar de presión se obtuvo una reducción de 1.5%, mientras que aplicando 6 bar de presión se obtuvo una reducción de 15.82% y finalmente aplicando 8 bar de presión se obtuvo una reducción de 8.21%. En conclusión, la conductividad eléctrica al someterse al método de implosión de cavidades a 6 bar de presión, reduce en mayor porcentaje que a diferencia del tratamiento 4 y 8 bar de presión.

El porcentaje de sal con el método de implosión de cavidades, a 4 bar de presión se obtuvo una reducción de 0.01, mientras que aplicando 6 bar de presión se obtuvo una reducción de 0.01 y finalmente aplicando 8 bar de presión se obtuvo una reducción de 0.02%. En conclusión, el porcentaje de salinidad al someter el agua residual al método de implosión de cavidades a 8 bar de presión, reduce en mayor porcentaje a diferencia del tratamiento 4 y 6 bar de presión.

El parámetro dureza total con el método de implosión de cavidades, a 4 bar de presión se obtuvo un aumento de 0.34%, mientras que aplicando 6 bar de presión se obtuvo una reducción de 8.33% y finalmente aplicando 8 bar de presión se obtuvo un aumento de 4.22%. En conclusión, el parámetro de dureza total al someterse al método de implosión de cavidades 6 bar de presión obtuvo una reducción de 8.33% a diferencia del tratamiento a 4 y 8 Bar que se obtuvo un incremento de este parámetro.

El parámetro de aceites y grasas con el método de implosión de cavidades, a 4 bar de presión se obtuvo una reducción de 32.65%, mientras que aplicando 6 bar de presión se obtuvo una reducción de 7.91% y finalmente aplicando 8 bar de presión se obtuvo una reducción de 23.22%. En conclusión, el parámetro de grasas y aceites al someterse al método de implosión de cavidades a 4 bar de presión, siendo esta

presión más óptima para la reducción de este parámetro. Tal como se observa en la Tabla 8 y la Figura 25.

Tabla 8: Porcentajes de reducción del parámetro aceites y grasas por efecto del tratamiento de implosión de cavidades a distintas presiones.

VOLUMEN DE MUESTRA	TIEMPO	ACEITES Y GRASAS
L	min	mg/L
30	0	0.00
	30	19.36
	60	32.65
30	0	0.00
	30	27.19
	60	7.19
30	0	0.00
	30	23.72
	60	+4.22

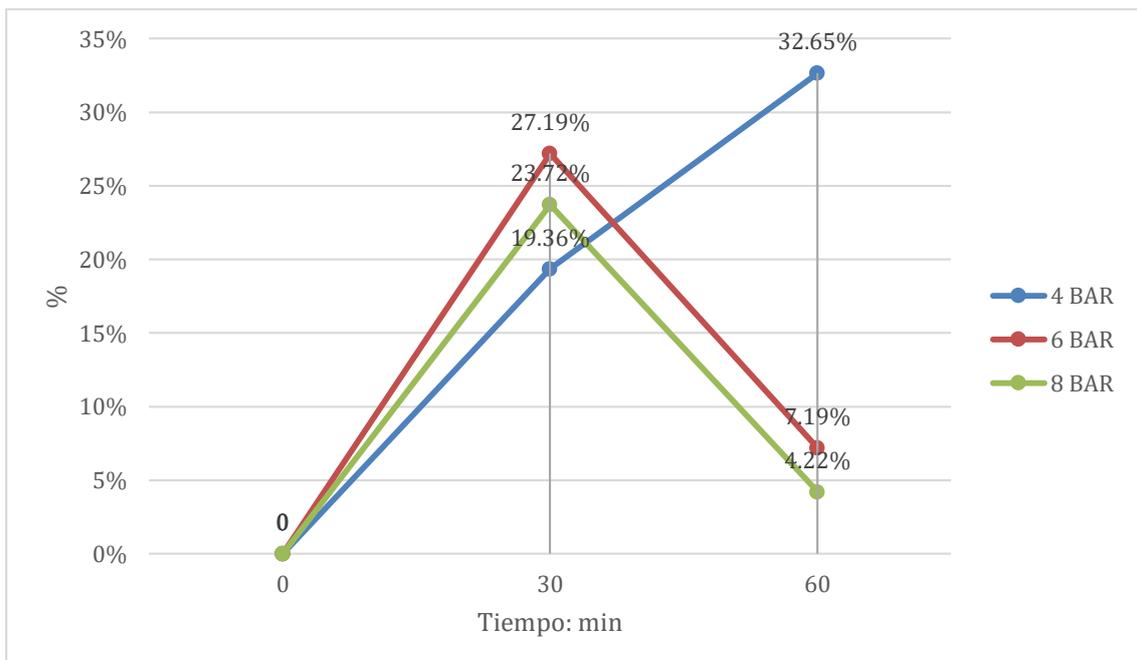


Figura 24: Reducción del parámetro aceites por el tratamiento de implosión de cavidades y grasas a distintas presiones.

En la Figura 25 se observa el antes y después de las aguas residuales sometidas al tratamiento de implosión de cavidades. En la imagen A se observa el antes y después a 4 bar de presión, en la imagen B a 6 bar y en la imagen C a 8 bar de presión.

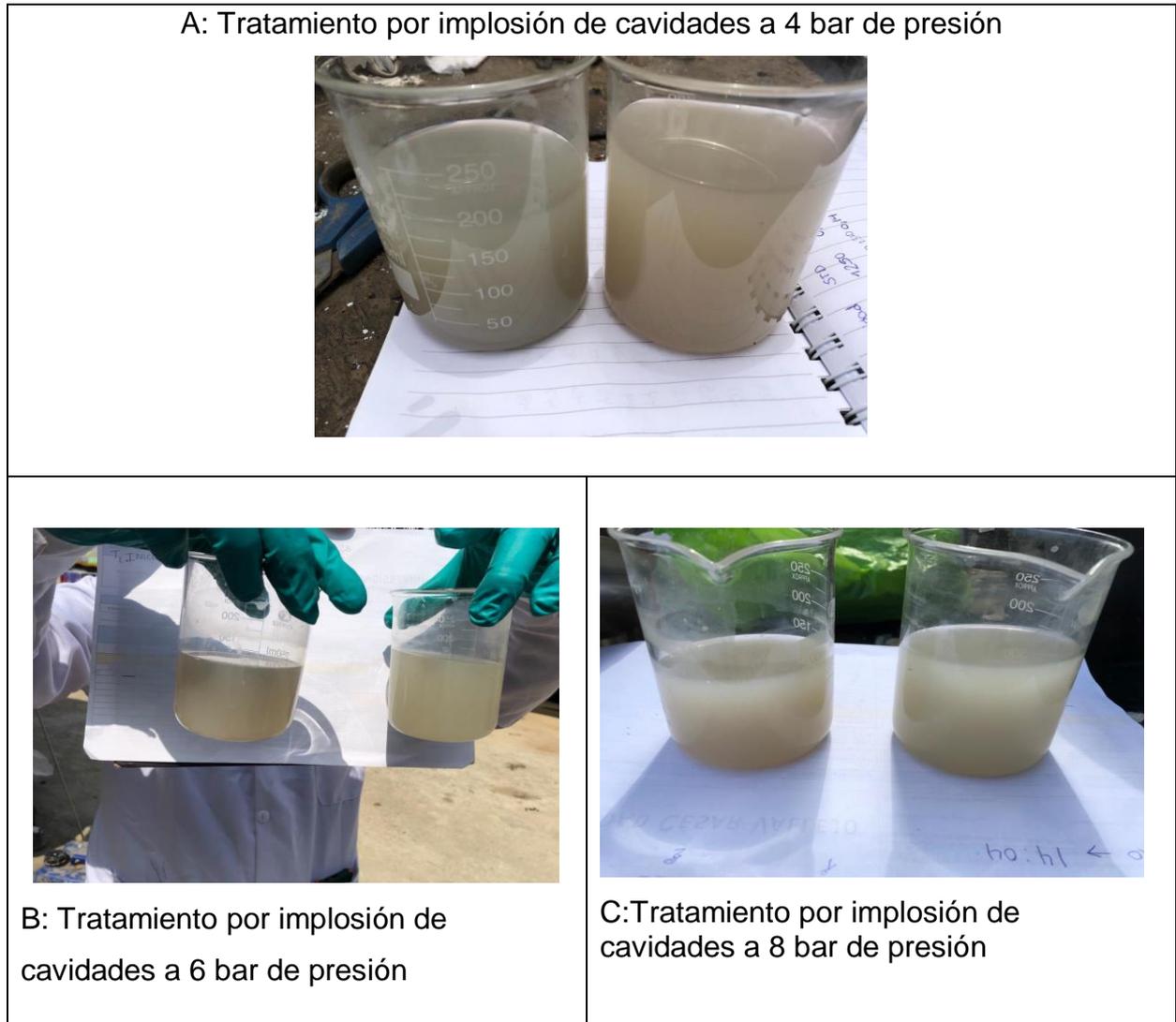


Figura 25: Antes y después del tratamiento por implosión de cavidades del agua residual.

En esta parte se analizaron mediante una estadística inferencial los resultados obtenidos en el transcurso de la experimentación realizada.

En la Tabla 9 se observa la prueba de normalidad de los resultados obtenidos del tratamiento por implosión de cavidades.

Tabla 9: Prueba de normalidad tratamiento de implosión de cavidades.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura °C	0.199	9	.200*	0.888	9	0.191
Conductividad uS/cm	0.230	9	0.187	0.923	9	0.418
Solidos Disueltos mg/l	0.223	9	.200*	0.822	9	0.037
Porcentaje Sal %	0.245	9	0.127	0.825	9	0.039
pH	0.131	9	.200*	0.962	9	0.821
Demanda bioquímica de oxígeno mg/l	0.274	9	0.049	0.72	9	0.002
Dureza Total mg/l	0.192	9	.200*	0.935	9	0.535
Aceite y Grasa mg/l	0.365	9	0.001	0.717	9	0.002

HO: El tratamiento de implosión de cavidades tiene distribución normal.

H1: El tratamiento de implosión de cavidades no tiene distribución normal.

$P > 0.05$  acepta HO y siguen una distribución normal

$P < 0.05$  Rechazamos la HO y no siguen una distribución normal.

Como los datos son 9, se recomienda usar la prueba de Shapiro – Wilk, por tanto, Se concluye que los datos no son normales, por tal motivo se recomienda usar una prueba no paramétrica.

En la tabla 10 se observa la evaluación estadística para la temperatura por el programa SPSS.

Tabla 10: Evaluación del estadístico Tukey para Temperatura.

Temperatura °C		
HSD Tukey	Subconjunto para alfa = 0.05	
Presión	N	1
Presión 6	3	40,867
Presión 8	3	46,067
Presión 4	3	49,600
Sig.		0.806

De acuerdo al estadístico de Tukey se observa que la mayor temperatura se obtuvo a 4 Bar de presión.

En la tabla 11 se observa la evaluación estadística para la conductividad por el programa SPSS.

Tabla 11: Prueba de Tukey para Conductividad

<b>Conductividad uS/cm</b>		
HSD Tukeya	Subconjunto para alfa = 0.05	
<b>Presión</b>	<b>N</b>	<b>1</b>
presión 8	3	2790
Presión 6	3	2843.33
Presión 4	3	3147.67
	Sig.	0.253

La Estadística inferencial que realiza Tukey nos dice que la mayor reducción de conductividad está en la presión 8 con 2790 uS/cm.

En la tabla 12 se observa la evaluación estadística para los sólidos disueltos por el programa SPSS.

Tabla 12: Prueba de Tukey para Sólidos Disueltos

<b>Sólidos Disueltos mg/l</b>		
HSD Tukey	Subconjunto para alfa = 0.05	
<b>Presión</b>	<b>N</b>	<b>1</b>
Presión 8	3	1420
Presión 6	3	1430
Presión 4	3	1543.33
	Sig.	0.391

De acuerdo al estadístico, en la presión 8 se obtuvo una mejor reducción de sólidos disueltos con 1420 mg/l.

En la tabla 13 se observa la evaluación estadística para el porcentaje de sal por el programa SPSS.

Tabla 13: Prueba de Tukey para porcentaje de sal

Porcentaje Sal %		
HSD Tukey	Subconjunto para alfa = 0.05	
Presión	N	1
Presión 8	3	0.14
Presión 4	3	0.1567
Presión 6	3	0.1567
Sig.		0.075

Con respecto a la inferencial, se reduce más en la presión 8 con 0.14 % de sal.

En la tabla 14 se observa la evaluación estadística para el pH por el programa SPSS.

Tabla 14: Estadística Tukey para pH

pH			
HSD Tukey	Subconjunto para alfa = 0.05		
Presión	N	1	2
presión 4	3	5.033	
presión 6	3	5.193	
presión 8	3		5.523
Sig.		0.309	1.000

Según el estadístico, el pH mayor se obtiene en la presión 8 con 5.5.

. En la tabla 15 se observa la evaluación estadística para el DBO por el programa SPSS.

Tabla 15: Estadística Tukey para DBO

Demanda bioquímica de oxígeno mg/l			
HSD Tukey	Subconjunto para alfa = 0.05		
Presión	N	1	2
presión 6	3	1837.500	
presión 4	3	1901.667	
presión 8	3		2321.667

	Sig.	0.866	1.000
--	------	-------	-------

La demanda bioquímica de oxígeno con mayor reducción se obtuvo en la presión 6 con 1837,5 mg/l.

En la tabla 16 se observa la evaluación estadística para la dureza total por el programa SPSS.

Tabla 16: Estadística Tukey Dureza Total

Dureza Total mg/l		
HSD Tukey	Subconjunto para alfa = 0.05	
Presión	N	1
presión 6	3	1028.567
presión 4	3	1064.6
presión 8	3	1139.867
Sig.		0.050

La mejor reducción de dureza total según el inferencial se dio a 6 Bar de presión con 1028,567 mg/.

En la tabla 17 se observa la evaluación estadística para el parámetro aceites y grasas por el programa SPSS.

Tabla 17: Estadística Tukey Aceites y Grasas

Aceite y Grasas mg/l			
HSD Tukey	Subconjunto para alfa = 0.05		
Presión	N	1	2
Presión 6	3	50.467	
Presión 4	3	72.167	
Presión 8	3		438.800
Sig.		0.807	1.000

Se demostró con la inferencial, que en aceites y grasas la mejor reducción es en la presión 6 con 43,8 mg/l.

En la Tabla 18 se observa que:

- La temperatura, tiene correlación negativa muy baja.
- La Conductividad, Porcentaje en sal % tiene correlación negativa buena, SD tiene correlación negativa moderada, pH tiene correlación alta.
- El DBO, DQO, Aceites y grasas tiene correlación moderada positiva
- La Dureza total tiene correlación buena positiva

Teniendo en cuenta que la Porcentaje en sal % y pH tiene  $p < 0.05$  y los otros grupos son  $p > 0.05$ .

TABLA 18: de correlaciones No paramétricas.

		Correlaciones													
			Temperatura	Conductividad	Solidos disueltos	Porcentaje de sal	pH	DBO	Dureza Total mg/l	Aceite y Grasa mg/l	CORRIDA	Presion	Volumen L	Tiempo min	
Rho de Spearman	Temperatura °C	Coeficiente de correlación	1,000	-,033	-,333	-,532	,417	,333	,033	,133	-,105	-,105	.	,896**	
		Sig. (bilateral)	.	,932	,381	,140	,265	,381	,932	,732	,787	,787	.	,001	
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Conductividad uS/cm	Coeficiente de correlación	-,033	1,000	,750*	,656	-,567	-,117	-,333	-,250	-,632	-,632	.	-,264	
		Sig. (bilateral)	,932	.	,020	,055	,112	,765	,381	,516	,068	,068	.	,493	
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Solidos Disueltos mg/l	Coeficiente de correlación	-,333	,750*	1,000	,665	-,617	-,017	-,200	,067	-,527	-,527	.	-,632	
		Sig. (bilateral)	,381	,020	.	,051	,077	,966	,606	,865	,145	,145	.	,068	
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Porcentaje Sal %	Coeficiente de correlación	-,532	,656	,665	1,000	-,878**	-,674*	-,630	-,594	-,673*	-,673*	.	-,561	
		Sig. (bilateral)	,140	,055	,051	.	,002	,047	,069	,092	,047	,047	.	,116	
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	pH	Coeficiente de correlación	,417	-,567	-,617	-,878**	1,000	,617	,500	,467	,843**	,843**	.	,474	
		Sig. (bilateral)	,265	,112	,077	,002	.	,077	,170	,205	,004	,004	.	,197	
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Demanda bioquímica de	Coeficiente de correlación	,333	-,117	-,017	-,674*	,617	1,000	,650	,883**	,474	,474	.	,105	
		Sig. (bilateral)	,381	,765	,966	,047	,077	.	,058	,002	,197	,197	.	,787	
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Dureza Total mg/l	Coeficiente de correlación	,033	-,333	-,200	-,630	,500	,650	1,000	,817**	,632	,632	.	-,105	
		Sig. (bilateral)	,932	,381	,606	,069	,170	,058	.	,007	,068	,068	.	,787	
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Aceite y Grasa mg/l	Coeficiente de correlación	,133	-,250	,067	-,594	,467	,883**	,817**	1,000	,474	,474	.	-,105	
		Sig. (bilateral)	,732	,516	,865	,092	,205	,002	,007	.	,197	,197	.	,787	
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	CORRIDA	Coeficiente de correlación	-,105	-,632	-,527	-,673*	,843**	,474	,632	,474	1,000	1,000**	.	,000	
		Sig. (bilateral)	,787	,068	,145	,047	,004	,197	,068	,197	.	.	.	1,000	
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Presion	Coeficiente de correlación	-,105	-,632	-,527	-,673*	,843**	,474	,632	,474	1,000**	1,000	.	,000	
		Sig. (bilateral)	,787	,068	,145	,047	,004	,197	,068	,197	.	.	.	1,000	
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Volumen L	Coeficiente de correlación	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
	Sig. (bilateral)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Tiempo min	Coeficiente de correlación	,896**	-,264	-,632	-,561	,474	,105	-,105	-,105	,000	,000	.	1,000		
	Sig. (bilateral)	,001	,493	,068	,116	,197	,787	,787	,787	1,000	1,000	.	.		
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	

## V. DISCUSIÓN

Se realizó el tratamiento por implosión de cavidades a tres distintas presiones, a 4 bar, 6 bar y 8 bar de presión, las cuales tuvieron un tiempo de duración de 60 minutos cada una. Como resultados se obtuvo que la presión de entrada se mantiene constante los primeros minutos de tratamiento y que en los minutos finales de tratamiento tienden a variar con un incremento y una reducción leve, Pravin B. (2015) en su artículo donde mejora la eficiencia en la eliminación de nitrógeno amoniacal en aguas residuales utilizando la cavitación hidrodinámica demuestra que la concentración inicial del efluente influye en la presión debido a que tuvo un efecto de caída de 0.5 en 5 bar de presión, así como también esta tiene un efecto significativo en el porcentaje de remoción, entendiéndose que este aumento y disminución en el presente trabajo es por efecto de la concentración del efluente mientras que Rajoriya, et. al (2015) en su estudio sobre cavitación hidrodinámica para la degradación de contaminantes biorefractarios menciona que la concentración inicial es un factor que afecta a la tasa de degradación por lo que a una alta concentración la degradación de contaminantes será alta mientras que a una baja concentración la reducción puede ser menor debido a la cantidad de carga contaminante. Se observa que en el presente estudio se utilizó una sola concentración para el tratamiento, también se sometió el efluente residual a tres presiones distintas, mientras que los autores mencionados analizaron diferentes concentraciones y aplicaron una sola presión en el tratamiento.

Asimismo, Bhaskar, Bharat y Shriram. (2021) en su tratamiento de aguas residuales de la industria textil con cavitación combinada con membrana de nanofiltración y Fenton investigó los efectos de la presión de entrada de la cavitación, obteniendo como resultado que el tratamiento con los aditivos y el reactivo Fenton tuvieron una mejora en la eliminación de contaminantes orgánicos de estas aguas residuales. Por otro lado, Montalvo, Ticona y Illachura (2021) en su tratamiento combinado de cavitación con  $H_2O_2$  para la degradación de cianuros en efluentes mostró una eficiencia mayor con el tratamiento combinado logrando un 99,9% de degradación de este contaminante a una presión de 4 bar y un pH de 9,5 mientras Fen X, Jin R., Qiao y Wang K (2021) en su tratamiento con coagulación, Fenton y cavitación hidrodinámica donde usaron el parámetro DQO para la medición de la eficiencia de este tratamiento avanzado obtuvieron como resultado que la

combinación de la coagulación y Fenton con la cavitación hidrodinámica obtuvo una remoción del 98.51% en 40 minutos de tratamiento. Por lo tanto, se observa que los autores al aplicar tratamientos adicionales y combinados a la cavitación hidrodinámica obtuvieron una mayor remoción de los contaminantes a diferencia del presente estudio el cual se realizó el tratamiento a distintas presiones y no se añadió ningún tratamiento paralelo.

El tratamiento se realizó a tres distintas presiones; A una presión de 4 bar la DBO se redujo en 0.27%, mientras que a 6 bar tuvo un incremento de 2.34% y a 8 bar de presión tuvo un incremento del 22%. Anupam (2020) en su análisis de cavitación hidrodinámica y la integración de procesos de oxidación avanzadas para el tratamiento de aguas grises concluye que en condiciones de pH 3 y a una presión de 4 bar se obtuvo una reducción del 25% utilizando HC durante 120 minutos de tratamiento, observándose que a 4 bar de presión se obtuvo una reducción, resultado que no se obtuvo a 6 y 8 bar de presión, Akash (2021) utilizando la cavitación en aguas residuales y lodos residuales observo que las presiones más bajas son las más ventajosas para la desintegración de la materia orgánica. La DBO disminuyó a 4 bar de presión en los 60 minutos de tratamiento, lo cual muestra que a una presión baja se puede obtener el efecto de reducción de este contaminante.

Por otra parte, el tratamiento a 4 bar de presión en los SD se obtuvo una reducción del 3.82%, 6 bar de presión se redujo en 13.51 % y a 8 bar de presión se redujo en 16.23%; García et (2013) realizó la degradación del 45% de la carga orgánica con una oxidación electroquímica y ozono mientras Karamha (2019) obtuvieron una eficiencia de 79.84% en 60 minutos para los SST mientras que Grübel y Suschka (2015), en su investigación de desintegración híbrida alcalina-hidrodinámica de lodos activados por residuos antes del proceso de digestión anaeróbica de dos etapas tuvo como resultado la reducción de los sólidos totales disueltos (STD) en un 45.6%; Observándose que los tratamientos combinados (cavitación hidrodinámica + ozono) entre otros presentan una reducción mayor a la del presente trabajo de investigación que empleo aguas residuales de la industria láctea artesanal pero a su vez se logra una reducción que va de acuerdo a nuestro objetivo general.

Mientras que la conductividad a 4 bar de presión disminuye en 1.54%, a 6 bar de presión se reducen en un 15.82% y a 8 bar de presión se reduce en un 8.21% y el porcentaje de sal a 4 bar de presión tuvo una reducción del 0.01%, a 6 bar se redujo

en 0.01% y en 8 bar se redujo en 0.02% cabe resaltar que la salinidad y la conductividad tienen una relación debido a que la cantidad de iones disueltos incrementan los valores de ambos, Cadenas (2020) en su estudio de ozono y cavitación hidrodinámica donde disminuye la carga orgánica de aguas residuales de camal tuvo como resultados en su tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento una reducción para los parámetros DBO, DQO y STD de 33.6%, 25.5% y 5.43% y un aumento del pH de 2.67 % mientras que en el presente estudio el pH a 4 bar de presión tuvo un aumento de 5.10%, a 6 bar de presión aumento en 5.37% y a 8 bar de presión un aumento de 3.13%; Rajoriya, et. al (2015) en su artículo sobre cavitación hidrodinámica para la degradación de contaminantes biorefractarios menciona que el pH es un parámetro que se necesita optimizar y conocer la naturaleza de las moléculas contaminantes para la mejor eficiencia de degradación del contaminante y que a un pH bajo se obtiene una mejor degradación del contaminante. otro parámetro estudiado fue la dureza total donde se obtuvo como resultado un incremento de 0.34 % a 4 bar de presión, una reducción de 8.33% a 6 bar de presión y a 8 bar aumento en 4.22% Tarciso (2015) define la dureza total como la concentración total de iones magnesio y calcio. Por lo tanto, se observa que el tratamiento fue más efectivo en las aguas de camal para los parámetros DBO, DQO Y STD mientras que para el parámetro pH el tratamiento por implosión de cavidades tuvo un mayor incremento a 6 bar de presión. Por lo tanto, se observa que a un pH bajo la degradación de los contaminantes es más eficiente, por lo que al aplicarse el tratamiento tiene una tendencia de incremento que hace que el porcentaje de reducción y la eficiencia de descontaminación se reduzca.

La temperatura en el presente estudio tuvo como resultado un incremento de +131.43% a 4 bar de presión, a 6 bar de presión tuvo un incremento de +107.84 % y a 8 bar se tuvo un incremento de +112.11%, Rajoriya, et al. (2015) en su artículo sobre cavitación hidrodinámica para la degradación de contaminantes biorefractarios menciona que el efecto de la temperatura en la rapidez de la degradación es uno de los factores vitales que influyen en el rendimiento de la cavitación hidrodinámica ; Wu et al. (2014), tuvo como resultado que la mayor degradación de una sustancia con un elevado peso molecular (quitosano) se obtuvo al aumentar la temperatura de 30 °C a 70 °C logro un aumento de la degradación de 54% a 89%. Observándose en el presente estudio que a 4 bar de presión se obtuvo el mayor incremento de temperatura y la mayor reducción en el parámetro DBO y aceites y grasas.

En el parámetro aceites y grasas se obtuvo como resultado a 4 bar de presión una reducción de 32.63 %, a 6 bar de presión una mayor reducción a los 30 minutos de tratamiento que fue del 27.19% mientras que a los 60 minutos obtuvo una reducción del 7.19% y 8 bar de presión se obtuvo una reducción del 23.72% a los 30 minutos de tratamiento mientras que a los 60 minutos se obtuvo un aumento de 4.22% mientras que Nieto (2019) en su estudio de cavitación hidrodinámica para la reducción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas de la industria textil y curtiembre obtuvo como resultado una reducción del 93% a 5 bar de presión en un lapso de 60 minutos, mientras que Díaz y Romero (2015) utilizando como técnica la cavitación hidrodinámica para tratar aguas de una empresa de alimentos obtuvieron como resultado una eficiencia máxima de reducción del 98% en un pH de 6 y una temperatura promedio de 25 °C. por lo tanto, el mayor porcentaje de reducción del parámetro aceites y grasas en el presente estudio fue a 4 bar de presión que se redujo en 32.63%. Por lo tanto, se observa que este porcentaje de reducción fue menor a comparación de los autores antes mencionados, se debe tener presente que los autores en mención emplearon un tratamiento combinado y un tiempo de tratamiento distinto al del presente estudio, así como un efluente residual diferente. Asimismo, esta reducción va de acuerdo con el objetivo planteado del trabajo de investigación.

## VI. CONCLUSIÓN

Se determinó la medida en la que el tratamiento por implosión de cavidades influye en los parámetros físicos del agua residual de la industria láctea artesanal, en la cual se obtuvo una reducción de los sólidos disueltos de 3.82% a 4 bar de presión, a 6 bar una reducción de 13.51% y a 8 bar una reducción del 8.21%, la conductividad se redujo en 1.54% a 4 bar de presión, a 6 bar de presión tuvo una reducción del 15.82% y a 8 bar de presión tuvo una reducción del 8.21% y el parámetro temperatura tuvo un incremento de 131.43% a 4 bar de presión, a 6 bar se incrementó en 107.84 % y a 8 bar de presión tuvo un incremento de 112.11% demostrando que el tratamiento influye en la reducción de los sólidos disueltos y la conductividad, mientras que la temperatura del efluente se incrementa por efecto del tratamiento.

Se determinó la medida en la que el tratamiento por implosión de cavidades influye en los parámetros químicos del agua residual de la industria láctea artesanal, en la cual se obtuvo una reducción del porcentaje de sal que fue de 0.01% a 4 bar de presión, a 6 bar tuvo una reducción del 0.01% y a 8 bar tuvo una reducción del 0.02%, el pH tuvo un incremento del 5.10% a 4 bar de presión, a 6 bar tuvo un incremento del 5.47% y a 8 bar se incrementó en 3.13%, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) tuvo una reducción del 0.27% a 4 bar de presión, a 6 bar tuvo un incremento de 2.34% y a 8 bar se incrementó en un 22% y la dureza total tuvo un incremento del 0.34% a 4 bar de presión, a 6 bar se redujo en un 8.33% y a 8 bar de presión se tuvo un incremento del 9.42% demostrando que el tratamiento influye en los parámetros químicos del agua residual de la industria láctea artesanal reduciendo los parámetros dureza total, conductividad, los parámetros porcentaje de sal y DBO se redujeron en 1 de las 3 presiones a las que se sometieron durante el tratamiento, mientras que hubo un incremento en el pH, DBO y dureza total aumentaron en dos de las tres presiones a las que se sometieron durante el tratamiento. Asimismo, el parámetro aceites y grasas con el tratamiento implosión de cavidades a 4 bar de presión tuvo una reducción del 32.65%, a 6 bar se redujo en 7.19% y a 8 bar de presión a los 30 minutos de tratamiento se redujo en un 23.72%, concluyendo que este parámetro tuvo una reducción significativa a comparación de los demás parámetros químicos y los parámetros físicos, demostrando que este tratamiento a 4 bar de presión presenta unos resultados relevantes en la reducción de este parámetro.

Se logró mejorar la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal proveniente del proceso de obtención de derivados lácteos de la industria láctea artesanal a través del tratamiento por implosión de cavidades logrando la reducción de la mayoría de los parámetros físicos y químicos analizados, demostrando una mayor reducción en el parámetro de aceites y grasas con respecto a los demás parámetros analizados.

A través de esta investigación y de los diversos estudios sobre cavitación hidrodinámica para la descontaminación de aguas residuales que esta tecnología se puede utilizar como una herramienta en el pretratamiento o post tratamiento dentro de un sistema de tratamiento de aguas residuales convencional para así mejorar la eficacia de este.

## VII. RECOMENDACIONES

- Realizar más pruebas con este tipo de efluente e incluir ozono o tratamientos combinados de oxidación avanzada para mejorar la eficacia de este tratamiento.
- Aplicar un análisis adicional a la espuma generada durante el tratamiento, debido a que estos contienen carga orgánica producto de este tratamiento.
- Realizar un lavado exhaustivo del equipo, antes de iniciar una próxima corrida para evitar una alteración en los resultados finales principalmente en el filtro que este es el que se obstruye con facilidad.
- Incrementar más repeticiones por cada presión para mejorar la eficacia del tratamiento y obtener mejores porcentajes de remoción de contaminantes.
- Realizar análisis de otros parámetros como detergentes, nitrógeno y cloruros para próximas investigaciones.

## REFERENCIAS

Anupam Mukherjee, Aditi Mullick bRavi Teja, Pavani Vadthya, Anirban Roy, Siddhartha Moulik. Performance and energetic analysis of hydrodynamic cavitation and potential integration with existing advanced oxidation processes: A case study for real life greywater treatment. [en línea], Volumen 66. [Fecha de consulta: 15 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105116>

Akash P. Bath, Parag R.Gogate. Cavitation-based pre-treatment of wastewater and waste sludge for improvement in the performance of biological processes: A review. [en línea], Volumen 9. [Fecha de consulta: 05 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104743>

AGUDELO VALENCIA, Rafael Nikolay et al. Remoción de sulfuros presentes en el agua residual del proceso de curtido mediante cavitación hidrodinámica. Revista [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2021]. Disponible en: [doi:10.18273/revion.v32n1-2019002](https://doi.org/10.18273/revion.v32n1-2019002)

Bhaskar Bethi, Shirish H. Sonawane, Bharat A. Bhanvase, Shriram S. Sonawane. Textile Industry Wastewater Treatment by Cavitation Combined with Fenton and Ceramic Nanofiltration Membrane. [en línea], Volumen 168. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2021.108540>

CADENAS Castro, Carlos, Ozono y cavitación hidrodinámica para disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal, 2020. Tesis (Ingeniero ambiental). Lima. Universidad Cesar Vallejo, 2020.128 pp. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56568>

CAPOCELLI, M., PRISCIANDARO, M., LANCIA, A. y MUSMARRA, D., 2014. Hydrodynamic cavitation of p-nitrophenol: A theoretical and experimental insight. Chemical Engineering Journal, vol. 254, pp. 1-8. ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2014.05.102.

Chakinala AG, Gogate PR, Burgess AE, Bremner DH. Treatment of industrial wastewater effluents using hydrodynamic cavitation and the advanced Fenton process. *Ultrason Sonochem* 2008; 15: 49–54.

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (CONCYTEC), 2018. Ley de Marco de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica Ley del Concytec. *El peruano*, pp. 4-8

DOLTADE, Sarjerao B. et al. Hydrodynamic cavitation as an imperative technology for the treatment of petroleum refinery effluent. *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. 2019, 29, 100768. ISSN 2214-7144 [consultado el 11 de diciembre de 2021]. Disponible en: doi: 10.1016/j.jwpe.2019.02.008

GOGATE, Parag R. y Pankaj N. PATIL. Combined treatment technology based on synergism between hydrodynamic cavitation and advanced oxidation processes. *Ultrasonics Sonochemistry* [en línea]. 2015, 25, 60–69. ISSN 1350-4177 [consultado el 18 de octubre de 2021]. Disponible en: DOI: 10.1016/j.ultsonch.2014.08.016

Guerrero Alcívar, M. S., A. Vázquez Pérez, and M. Rodríguez Gámez. “LA ZEOLITA EN LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES”. *Universidad Ciencia Y Tecnología*, no. 02, Apr. 2019, p. 9, <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/73>.

GUTIÉRREZ-MOSQUERA, Luis Fernando, Sebastián ARIAS-GIRALDO y Daniel Felipe CARDONA-NARANJO. Cavitación hidrodinámica: un enfoque desde la ingeniería y la agroindustria. *Scientia et Technica* [en línea]. 2019, **24**(2), 283. ISSN 2344-7214 [consultado el 21 de octubre de 2021]. Disponible en: doi:10.22517/23447214.19921

Higuita Gutiérrez, L., Jaramillo Caro, A., & Cardona Arias, J. (2019). Construcción 94 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*.

Innocenzi V. et al (2019). Comparison of performances of hydrodynamic cavitation in combined treatments based on hybrid induced advanced Fenton process for

degradation of azo-dyes. Revista Journal of Environmental Chemical Engineering. 2019, junio, 3 [Fecha de consulta: 22 de noviembre 2021] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103171>

Jihong Wang, Huilun Chen aRongfang Yuan Fei Wang, Fangshu Ma bBeihai Zho Intensified degradation of textile wastewater using a novel treatment of hydrodynamic cavitation with the combination of ozone. [en línea], Volumen 8. [Fecha de consulta: 15 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103959>

KARAMAH, E.F. y NURCAHYANI, P.A., 2019. Degradation of blue KN-R Dye in Batik effluent by an advanced oxidation process using a combination of ozonation and hydrodynamic cavitation. Indonesian Journal of Chemistry, vol. 19, no. 1, pp. 41-47. ISSN 24601578. DOI 10.22146/ijc.26733.

KUMAR, M. Suresh, S. H. SONAWANE y Aniruddha B. PANDIT. Degradation of methylene blue dye in aqueous solution using hydrodynamic cavitation based hybrid advanced oxidation processes. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification [en línea]. 2017, 122, 288–295. ISSN 0255-2701 [Fecha de consulta: 04 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0255270117303963>

MORIKAWA M. “Tratamiento y Transferencia Tecnológica para la Recuperación del Agua y Conservación del Medio Ambiente en el Humedal El Cascajo” en la República del Perú, 2015.

MUSMARRA, Dino et al. Degradation of ibuprofen by hydrodynamic cavitation: Reaction pathways and effect of operational parameters. Ultrasonics Sonochemistry [en línea]. 2016, 29, 76–83. ISSN 1350-4177 [consultado el 10 de diciembre de 2021]. Disponible en: DOI: 10.1016/j.ultsonch.2015.09.002

NIETO Zapata, Silvia. Aplicación de la cavitación hidrodinámica para reducir los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los efluentes de la industria textil y de curtiembre, Lima 2019. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima. Universidad Cesar Vallejo, 2019. 116 pp. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46661>

NUÑEZ Álvaro, Thalía. Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire. (Tesis de Licenciatura). Universidad Cesar Vallejo, Lima. Universidad Cesar Vallejo, 2019. 129 pp. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21394/Nu%c3%b1ez\\_ATA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21394/Nu%c3%b1ez_ATA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

QUIROZ FERNANDEZ, Luis Santiago; IZQUIERDO KULICH, Elena y MENENDEZ GUTIERREZ, Carlos. Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *riha* [online]. 2017, vol.38, n.3 [citado 2021-10-18], pp.41-51. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382017000300004&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300004&lng=es&nrm=iso). ISSN 1680-0338.

RAJORIYA, Sunil et al. Hydrodynamic cavitation: an advanced oxidation process for the degradation of bio-refractory pollutants. *Reviews in Chemical Engineering* [en línea]. 2016, 32(4). ISSN 2191-0235 [consultado el 18 de octubre de 2021]. Disponible en: [doi:10.1515/revce-2015-0075](https://doi.org/10.1515/revce-2015-0075)

Sorokhaibam, L. G., & Ahmaruzzaman, M. (2014). Phenolic Wastewater Treatment. *Industrial Wastewater Treatment, Recycling and Reuse*, 323–368. DOI: 10.1016/B978-0-08-099968-5.00008-8

Sainte Beuve, K. R. Morison, "Enzymatic hydrolysis of canola oil with hydrodynamic cavitation," *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, vol. 49, pp. 1101-1106, 2010. DOI: 10.1016/j.cep.2010.08.012

Sumikura M, Hidaka M, Murakami H, Nobutomo Y, Murakami T. Ozone micro-bubble disinfection method for wastewater reuse system. *Water Sci Technol*. 2007;56(5):53-61. DOI: 10.2166/wst.2007.556

UNESCO, 2017.. Día Mundial del Agua 2017 | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. [en línea]. [Consulta: 10 septiembre 2021]. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/events/prizes-and-celebrations/celebrations/international-days/world-water-day-2017/>.

Valverde 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.

Padoley KV, Saharan VK, Mudliar SN, Pandey RA, Pandit AB. Cavitationally induced biodegradability enhancement of distillery waste water. J Hazard Mater 2012; 219–220: 69–74.

Prabin B. Patil, Vinay M. Bhandari , Vivek V. Ranade. Improving efficiency for removal of ammoniacal nitrogen from wastewaters using hydrodynamic cavitation. [en línea], Volumen 70. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105306>

Prashant Dhanke ,Sameer Wagh ,Abhijeet Patil. Treatment of fish processing industry wastewater using hydrodynamic cavitation reactor with biodegradability improvement. [en línea], Volumen 80. [Fecha de consulta: 15 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2020.049>

GARCÍA MORALES, M.A., ROA MORALES, G., BARRERA DÍAZ, C., BILYEU, B. y RODRIGO, M.A., 2013. Synergy of electrochemical oxidation using borondoped diamond (BDD) electrodes and ozone (O<sub>3</sub>) in industrial wastewater treatment. Electrochemistry Communications, vol. 27, pp. 34-37. ISSN 13882481. DOI 10.1016/j.elecom.2012.10.028

Sunil Rajoriya , Jitendra Carpenter , Virendra Kumar Saharan y Aniruddha B. Pandit. Hydrodynamic cavitation: an advanced oxidation process for the degradation of biorefractory contaminants. [en línea]. [Fecha de consulta: 6 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/revce-2015-0075>

Silvia Isabel Nieto Zapataa , Elmer Benites-Alfaroa , Carlos Gamarra Floresb , Abel Zambrano Cabanillasb , Jhonny Valverde Floresa, c, Carlos Castañeda Oliveraa , Maglio Ruiz-Vergarayd. Hydrodynamic Cavitation as a Clean Technology in Textile Industrial Wastewater Treatment. [en línea], Volumen 86. [Fecha de consulta: 06 de noviembre del 2021]. Disponible en:10.3303/CET2186047

ROMERO Garavito Brayan, DÍAZ Contreras Jessica Lizbeth Optimización y arranque del sistema primario de una planta de tratamiento de agua residual industrial proveniente de una empresa de alimentos mediante la técnica de cavitación

hidrodinámica. Tesis (Ingeniero ambiental y sanitario). Bogotá. Universidad de la Salle, 2015. 114 pp. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/151/](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/151/)

VILARROI G. Herrera, Jose. Diseño y análisis de un sistema de cavitación hidrodinámica mediante el uso de técnicas CFD para su utilización en sistemas de pretratamiento de fangos en las estaciones de aguas residuales. [en línea] [Fecha de consult: 01 de noviembre de 2021]. Tesis doctoral, Universidad Jaume I, 2021. 350pp. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx>

Wu Y, Huang Y, Zhou Y, Ren X, Yang F. Degradation of chitosan by. Coking wastewater treatment by coagulation coupled with Fenton and hydrodynamic cavitation/Fenton [en línea], Volumen 232. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en: 10.5004 / dwt.2021.27489

Wang, B., Su, H. y Zhang, B. (2021). Hydrodynamic cavitation as a promising route for wastewater treatment – A review. *Chemical Engineering Journal*, 412, 128685. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.128685>

Wu, Z., Yuste-Córdoba, F. J., Cintas, P., Wu, Z., Boffa, L., Mantegna, S. y Cravotto, G. (2018). Effects of ultrasonic and hydrodynamic cavitation on the treatment of cork wastewater by flocculation and Fenton processes. *Ultrasonics Sonochemistry, Fenton* [en línea], Volumen 232. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021] volumen 40. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.04.016>

WANG, Xiaoning, Jinping JIA y Yalin WANG. Combination of photocatalysis with hydrodynamic cavitation for degradation of tetracycline. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 2017, 315, 274–282. ISSN 1385-8947 [consultado el 10 de diciembre de 2021]. Disponible en: doi:10.1016/j.cej.2017.01.011

## ANEXOS

### Anexo 1: Cuadro de operacionalización de variables

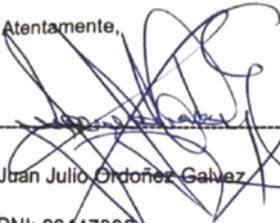
<b>Operacionalización de variables</b>					
<i>Tratamiento por implosión de cavidades para la mejora de la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal, 2021.</i>					
<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>Tratamiento por implosión de cavidades</b>	La implosión de cavidades más conocida como cavitación hidrodinámica es un fenómeno físico que permite la cavitación, esto se da a partir de la formación, crecimiento y posterior colapso de cavidades dentro de un líquido, ello da como resultado densidades de energía muy alta del orden de 1-1018 kW/m <sup>3</sup> . El fenómeno físico de implosión de	El tratamiento por implosión de cavidades será controlado por las condiciones de operación a través de los parámetros como temperatura, presión de entrada y salida, tiempo y caudal, a su vez el tratamiento a diferentes presiones generara una mejora en la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal.	Condiciones de operación	temperatura	°C
				caudal	L/m
				tiempo	min
				presión de entrada	bar
				presión de salida	bar
			Presión	presión 1	bar
				presión 2	bar
presión 3	bar				

	cavidades se da en lapsos de tiempos muy reducidos (milisegundos). Sin embargo, libera grandes magnitudes de energía (Saharan et al., 2014).				
<b>Calidad del agua residual de la industria láctea artesanal</b>	La calidad del agua abarca la determinación del grado, el nivel o la intensidad de la contaminación que el recurso hídrico posee, la cual puede ser de origen biológico, químico o físico (Quiroz, et al. 2017)	La mejora de la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal se logrará a partir de la reducción de los parámetros fisicoquímicos del efluente por efectos pródidos durante el tratamiento por implosión de cavidades.	<b>Parámetros químicos</b>	<b>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</b>	<i>mg/l</i>
				<b>Dureza Total</b>	<i>mg/l</i>
				<b>Aceites y grasas</b>	<i>mg/l</i>
				<b>pH</b>	
			<b>Parámetros físicos</b>	<b>Conductividad</b>	<i>uS/cm</i>
				<b>Solidos disueltos (SD)</b>	<i>mg/l</i>
				<b>Temperatura</b>	<i>°C</i>

Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos

Ficha 1: Datos de los parámetros del tratamiento de implosión de cavidades													
 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>							Tratamiento por implosión de cavidades para la mejora de la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal, 2021.						
							Línea de investigación: Calidad y Gestión de los recursos naturales						
							Autores: Mayta Aguilar Javier Alexis			Gonzales Aguirre, Marcelina Elizabeth Raquel			
DATOS DEL LUGAR DE ESTUDIO													
LUGAR		DISTRITO									Lima		
PROVINCIA	Lima	FECHA											
TRATAMIENTO	Presión/bar												
Implosion de cavidades		VOLUMEN DE MUESTRA	TIEMPO	TEMPERATURA	CONDUCTIVIDAD	SOLIDOS DISUELTOS	PORCENTAJE DE SAL	pH	DBO	DUREZA TOTAL	ACEITES Y GRASAS	OXIGENO DISUELTO	
	L	min	°C	uS/cm	mg/l	%		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		
	4	30	0										
			30										
			60										
	6	30	0										
			30										
			60										
	8	30	0										
			30										
			60										

  
**Dr. ELMER G. BENITES ALFARO**  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CIP 71998

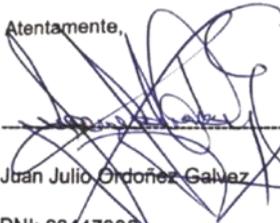
Atentamente,  
  
**Juan Julio Ordoñez Galvez**  
 DNI: 08447308

  
**LUIS FERMÍN**  
**HOLGUÍN ARANDA**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111611

**Ficha 2: Datos del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades**

TITULO	Tratamiento por implosión de cavidades para la mejora de la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal,2021.					
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los recursos naturales					
AUTORES:	Mayta Aguilar Javier Alexis			Gonzales Aguirre, Marcelina Elizabeth Raquel		
ASESOR	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales					
	<b>Presión</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Caudal</b>	<b>Presión de Entrada</b>	<b>Presión de Salida</b>
	<b>bar</b>	<b>min</b>	<b>°C</b>	<b>L/m</b>	<b>bar</b>	<b>bar</b>
8	0					
	10					
	20					
	30					
	40					
	50					
4	0					
	10					
	20					
	30					
	40					
	50					
6	0					
	10					
	20					
	30					
	40					
	50					
	60					

  
 Dr. ELMER G. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CIP 71998

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Gálvez  
 DNI: 08447308

  
 LUIS FERMÍN  
 HOLGUÍN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111F11



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/ UCV Lima Norte
3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Datos de los parámetros durante el tratamiento por implosión de cavidades. 4. Autor(a) del instrumento: Mayta Aguilar Javier Alexis/ Gonzales Aguirre Marcelina Elizabeth Raquel

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

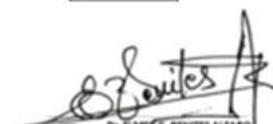
**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

1. El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
2. El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
90%

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

Lima 15/08 del 2021


  
 Dr. ELMER E. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CIP 71998
 

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador / UCV Lima Norte
3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Datos del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades.
4. Autor(A) del instrumento: Mayta Aguilar Javier Alexis/ Gonzales Aguirre Marcelina Elizabeth Raquel

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

1. El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
2. El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
90%

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 15/08 del 2021



Dr. ELMER BENITES ALFARO  
Ing. Químico  
Investigador CONCYTEC  
Colégio Técnico PROMATEC  
CP 73398

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador / UCV Lima Norte
3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Resultados de los parámetros físicos y químicos antes y después del tratamiento por implosión de cavidades.
4. Autor(A) del instrumento: Mayta Aguilar Javier Alexis/Gonzales Aguirre Marcelina Elizabeth Raquel

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

1. El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
2. El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
90%

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

Lima 15/08/ del 2021



Dr. ELMER B. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CP 71998



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

1. Apellidos y Nombres: Juan Julio Ordoñez Galvez
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/ UCV Lima Norte
3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Datos de los parámetros durante el tratamiento por implosión de cavidades.
4. Autor(a) del instrumento: Mayta Aguilar Javier Alexis/ Gonzales Aguirre Marcelina Elizabeth Raquel

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

1. El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
2. El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
90 %

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

Atentamente,  
Lima 16/08 del 2021

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: Juan Julio Ordoñez Galvez
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador / UCV Lima Norte
3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Datos del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades.
4. Autor(A) del instrumento: Mayta Aguilar Javier Alexis/ Gonzales Aguirre Marcelina Elizabeth Raquel

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

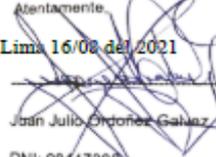
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los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

#### V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

3. El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
4. El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
90%

#### VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Atentamente,  
 Lima 16/08 del 2021  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308 

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

1. Apellidos y Nombres: Juan Julio Ordoñez Galvez
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador / UCV Lima Norte
3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: : Resultados de los parámetros físicos y químicos antes y después del tratamiento por implosión de cavidades.
4. Autor(A) del instrumento: Mayta Aguilar Javier Alexis/Gonzales Aguirre Marcelina Elizabeth Raquel

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

1. El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
2. El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
90%

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

Atentamente,  
Lima 16/08 del 2021

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: Luis Fermin Holguin Aranda
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/ UCV Lima Norte
3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Datos de los parámetros durante el tratamiento por implosión de cavidades.
4. Autor(a) del instrumento: Mayta Aguilar Javier Alexis/ Gonzales Aguirre Marcelina Elizabeth Raquel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

1. El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
2. El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
85%

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 16/08 del 2021



LUIS FERMIN  
HOLGUIN ARANDA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP. N° 111111

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: Luis Fermin Holguin Aranda
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/ UCV Lima Norte
3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Datos del equipo durante el tratamiento por implosión de cavidades.
4. Autor(a) del instrumento: Mayta Aguilar Javier Alexis/ Gonzales Aguirre Marcelina Elizabeth Raquel

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

1. El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
2. El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
85%

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 16/08 del 2021



**LUIS FERMIN  
HOLGUIN ARANDA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP. N° 1111711**

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: Luis Fermin Holguin Aranda
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/ UCV Lima Norte
3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Resultados de los parámetros físicos y químicos antes y después del tratamiento por implosión de cavidades
4. Autor(a) del instrumento: Mayta Aguilar Javier Alexis/ Gonzales Aguirre Marcelina Elizabeth Raquel

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

1. El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
2. El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
85%

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 16/08 del 2021



**LUIS FERMIN  
HOLGUIN ARANDA**  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP. N° 111711

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

Anexo 3: Resultados del laboratorio SGS



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



**INFORME DE ENSAYO  
MA2134946 Rev. 0**

**MAYTA AGUILAR JAVIER ALEXIS**

MD J LOTE 10 AA.HH 12DE OC - PROV. CONST. DEL CALLAO - CALLAO

ENV / LB-350227-003

PROCEDENCIA : CAVITACION HIDRODINAMICA

Fecha de Recepción SGS : 28-10-2021

Fecha de Ejecución : Del 28-10-2021 al 05-11-2021

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
MA-A1
MA-A2
MA-A3
MA-B1
MA-B2
MA-B3
MA-C1
MA-C2
MA-C3

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 05/11/2021

Frank M. Julcamoro Quispe  
C.G.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 IAAC e ILAC"



INFORME DE ENSAYO  
MA2134946 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-A1	MA-A2
FECHA DE MUESTREO					28/10/2021	28/10/2021
HORA DE MUESTREO					12:30:00	12:43:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	<1.0	<1.0
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	87.3 ± 19.2	70.4 ± 15.5

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-A3	MA-B1
FECHA DE MUESTREO					28/10/2021	28/10/2021
HORA DE MUESTREO					13:28:00	14:04:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	<1.0	<1.0
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	58.8 ± 12.9	57.0 ± 12.5

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-B2	MA-B3
FECHA DE MUESTREO					28/10/2021	28/10/2021
HORA DE MUESTREO					14:49:00	15:34:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	<1.0	<1.0
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	41.5 ± 9.1	52.9 ± 11.6

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-C1	MA-C2
FECHA DE MUESTREO					28/10/2021	28/10/2021
HORA DE MUESTREO					15:55:00	14:40:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	<1.0	<1.0
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	469.3 ± 103.2	358.0 ± 78.8

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-C3
FECHA DE MUESTREO					28/10/2021
HORA DE MUESTREO					17:25:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>					
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	<1.0
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	489.1 ± 107.6

Notas:

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

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.



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



**INFORME DE ENSAYO  
MA2134948 Rev. 0**

**MAYTA AGUILAR JAVIER ALEXIS**

MD J LOTE 10 AA,HH 12DE OC - PROV. CONST. DEL CALLAO - CALLAO

ENV / LB-350227-004

PROCEDENCIA : FISCAL

Fecha de Recepción SGS : 28-10-2021

Fecha de Ejecución : Del 28-10-2021 al 05-11-2021

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
MA-A1
MA-A2
MA-A3
MA-B1
MA-B2
MA-B3
MA-C1
MA-C2
MA-C3

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 05/11/2021

Frank M. Julcamoro Qulspe

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 IAAC e ILAC"



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



**INFORME DE ENSAYO  
MA2134948 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-A1	MA-A2
FECHA DE MUESTREO					28/10/2021	28/10/2021
HORA DE MUESTREO					12:30:00	12:43:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO3/L	0.5	1.1	1,073.4 ± 53.7	1,034.3 ± 51.7
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	1,880.0 ± 394.8	1,950.0 ± 409.5
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	4,195.8 ± 209.8	4,319.3 ± 216.0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-A3	MA-B1
FECHA DE MUESTREO					28/10/2021	28/10/2021
HORA DE MUESTREO					13:28:00	14:04:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO3/L	0.5	1.1	1,077.1 ± 53.9	1,081.4 ± 54.1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	1,875.0 ± 393.8	1,817.5 ± 381.7
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	4,332.5 ± 216.6	4,041.0 ± 202.1

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-B2	MA-B3
FECHA DE MUESTREO					28/10/2021	28/10/2021
HORA DE MUESTREO					14:49:00	15:34:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO3/L	0.5	1.1	1,013.0 ± 50.7	991.3 ± 49.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	1,835.0 ± 385.4	1,860.0 ± 390.6
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	4,085.5 ± 204.3	4,190.8 ± 209.5

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-C1	MA-C2
FECHA DE MUESTREO					28/10/2021	28/10/2021
HORA DE MUESTREO					15:55:00	14:40:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO3/L	0.5	1.1	1,102.9 ± 55.1	1,109.9 ± 55.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	2,022.5 ± 424.7	2,475.0 ± 519.8
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	7,910.7 ± 395.5	9,715.5 ± 485.8

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-C3
FECHA DE MUESTREO					28/10/2021
HORA DE MUESTREO					17:25:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>					
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO3/L	0.5	1.1	1,206.8 ± 60.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	2,467.5 ± 518.2
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	9,768.2 ± 488.4

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
Tratamiento por implosión de cavidades para la mejora de la calidad del agua residual de la industria láctea artesanal, 2021.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Gonzales Aguirre, Marcelina Elizabeth Raquel (ORCID: 0000-0003-1148-7777)  
Mayta Aguilar Javier Alexis (ORCID: 0000-0001-9943-0438)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los recursos naturales

Resumen de coincidencias

16 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	10 %	>
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %	>
3	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	1 %	>
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %	>
5	revistas.uis.edu.co Fuente de Internet	<1 %	>
6	www.tdx.cat	<1 %	>