



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Eficiencia de remoción del cromo total en efluentes de la
industria curtiembre mediante el método de Placa Orificio y
Venturi en Cavitación Hidrodinámica en Ate-Lima 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Bracamonte Ormeño, Bryan Alexander (ORCID: 0000-0002-8591-3970)

Lozano Martinez, Julissa Karina (ORCID: 0000-0003-3600-4823)

ASESOR:

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo (ORCID: 0000-0003-3536-881X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios por permitirnos aprender nuevas cosas en esta vida. A nuestros padres, hermanas, a mi motivo de salir adelante mi amado hijo y a todos los que nos apoyaron incondicionalmente.

Agradecimiento

Agradecer a la Universidad Cesar Vallejo por ser nuestra casa de estudio, a nuestro asesor el Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo por su apoyo constante y sus consejos. A la empresa PROMEC INGENIEROS S.A.C por prestarnos sus materiales de muestreo *in-situ*, instalaciones y prototipo para la realización de nuestros ensayos, muchas gracias.

Índice de contenidos

Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO.....	13
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1 Tipo y diseño de investigación	24
3.2. Variables y operacionalización.....	24
3.3. Población, muestra y muestreo.....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5. Procedimientos	27
3.5.1. Ubicación de la zona de estudio	27
3.5.2. Ubicación de laboratorio	28
3.6. Método de análisis de datos.....	41
3.7. Aspectos éticos	41
IV.RESULTADOS.....	42
V.DISCUSIÓN	62
VI.CONCLUSIONES	66
VII.RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS.....	68
ANEXOS	74

Índice de tablas

Tabla 1.Valores máximos admisibles	23
Tabla 2.Valores máximos admisibles	23
Tabla 3.Rotulado de muestra del método de Placa orificio	35
Tabla 4.Rotulado de muestra para el método Venturi	40
Tabla 5.Resultados de remoción del cromo total para Placa orificio	42
Tabla 6.Resultados de remoción del cromo total para Venturi	43
Tabla 7.Comparación del Cromo total obtenido antes y después del tratamiento con los VMA (valores máximos admisibles) del Anexo 1 y 2 el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA.....	46
Tabla 8:Prueba de normalidad del Cromo total con el método Placa Orificio y Venturi	47
Tabla 9:Correlación de Pearson del método Venturi y Placa orificio	47
Tabla 10:Prueba T del método de Venturi y Placa Orificio	48
Tabla 11:Prueba T de muestras del método de Venturi y Placa Orificio	48
Tabla 12.Comparación de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento de Venturi con los VMA (valores máximos admisibles) del anexo 1 y 2 el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA	53
Tabla 13.Comparación de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento de placa orificio con los VMA (valores máximos admisibles) del anexo 1 y 2 el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA	58
Tabla 14.Resultados de las condiciones de operación para Venturi	59
Tabla 15.Resultados de las condiciones de operación para Placa orificio	60

Índice de figuras

Figura 1:Flujograma de la industria curtiembre	15
Figura 2.Mapa del distrito de Ate.....	27
Figura 3.Mapa del distrito de San Martin de Porres	28
Figura 4.Equipo de Multiparámetro	29
Figura 5.Vaso precipitado	30
Figura 6.Tamiz	30
Figura 7.Procedimiento experimental del método de Placa Orificio	31
Figura 8.Obtención de la muestra residual.....	32
Figura 9.Toma de muestras de parámetros iniciales.....	33
Figura 10.Ensayos en el prototipo de CH utilizando Placa Orificio.....	34
Figura 11.Conservación de las muestras	34
Figura 12.Platillo de Placa Orificio.....	35
Figura 13.Procedimiento experimental del método de Placa Orificio	36
Figura 14.Obtención de la muestra residual.....	37
Figura 15.Toma de muestras de parámetros iniciales.....	38
Figura 16.Rotulado de las muestras.....	39
Figura 17.Adición de químicos para preservar las muestras.....	39
Figura 18.Enjuague del prototipo	40
Figura 19.Resultados del cromo total para Placa orificio	43
Figura 20.Resultados del cromo total para Venturi	44
Figura 21.Resultados de la comparación del cromo total.....	45

Figura 22.Resultados de los SST para Venturi	49
Figura 23.Resultados del DQO para Venturi	50
Figura 24.Resultados de la C.E. para Venturi	51
Figura 25.Resultados del pH para Venturi	52
Figura 26.Resultados de SST para Placa orificio	54
Figura 27.Resultados del DQO para Placa orificio	55
Figura 28. Resultados de la C.E. para Placa orificio	56
Figura 29.Resultados del pH para Placa orificio.....	57

Resumen

En la actualidad la industria curtiembre genera muchos contaminantes en sus distintos procesos, uno de los contaminantes más abundantes en el post-curtido es el Cr total, el cual se desecha sin ningún tratamiento previo. Debido a ello la investigación tuvo como objetivo determinar la cantidad de Cr total que se reduce al utilizar Placa Orificio y Venturi como dispositivos cavitantes, para esto se analizaron parámetros fisicoquímicos (SST, pH, DQO, T° y C.E) y se determinó la eficiencia que tiene cada dispositivo cavitante para reducir Cr total en el agua residual, se empleó una metodología de investigación aplicado y un diseño experimental, por cada dispositivo cavitante se hizo una corrida con una duración de 90 minutos, en los cuales se utilizó 32 L de muestra para cada uno, pasado los 90 minutos se logró determinar que al utilizar Venturi como dispositivo cavitante se tuvo una eficiencia promedio de 5.79% para remover Cr total, mientras que al utilizar placa orificio como dispositivo cavitante se tuvo una eficiencia de 7.19% para remover Cr total, de esta manera se concluyó que utilizar placa orificio como dispositivo cavitante genera mayor eficiencia para remover Cr total en aguas residuales de la industria curtiembre.

Palabras claves: Cr total, placa orificio, Venturi, agua residual, eficiencia

Abstract

Currently the tannery industry generates many pollutants in its various processes, one of the most abundant pollutants in post-tanning is the total Cr, which is discarded without any previous treatment. Because of this, the research aimed to determine the amount of total Cr that is reduced by using Plaque Orifice and Venturi as cavitative devices, for this purpose, physicochemical parameters (TSS, pH, COD, T° and E.C) were analyzed and it was determined the efficiency that each cavitant device has to reduce total Cr in the wastewater, an applied research methodology and an experimental design were used, for each cavitant device a run was made with a duration of 90 minutes, in which 32 L of sample was used for each, after 90 minutes it was determined that using Venturi as a cavitant device had an average efficiency of 5.79% to remove total Cr, while using orifice plate as a cavitant device had an efficiency of 7.19% to remove total Cr, In this way it was concluded that using hole plate as a cavitant device generates greater efficiency to remove total Cr in tannery industry wastewater.

Keywords: total Cr, hole plate, Venturi, wastewater, efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

La industria curtiembre realiza el trabajo de transformar las distintas pieles de los animales en cueros y generar calzados de alta calidad, para realizar esta actividad se utilizan muchos químicos los cuales posteriormente acaban en los drenajes de manera directa, sin realizarles una descontaminación previa a estas aguas residuales, significando así un gran potencial de contaminación y afectación hacia los seres vivos ya que cuentan con metales pesados, químicos peligrosos, microorganismos, etc. (Lazo, 2017).

Los efluentes que generan las industrias curtiembres no son los mismos, esto quiere decir que varían el tipo de contaminante dependiendo la actividad o el proceso que realicen las curtidoras, actualmente los procedimientos que se efectúan en la industria curtiembre constan de 6 etapas: La etapa de remojo, etapa de encalado, etapa de desencalado, curtido, post-curtido y acabado. Generalmente las empresas de la industria curtiembre necesitan un medio acuoso y aproximadamente utilizan de 50 a 100 L por kg de piel que se requiere, esto es debido a las grandes cantidades de sales presente en las pieles.

Las aguas residuales que generan las industrias curtiembre actualmente están significando un grave problema para muchos países debido a que las curtidoras no realizan un tratamiento previo a estas aguas, si no que las desechan de manera directa a la alcantarilla, lo cual genera cambios negativos en las propiedades fisicoquímicas de las aguas receptoras. Identificando vertidos que cuentan con grandes cantidades de SST, material particulado, carga orgánica alta y metales pesados, debido a la coyuntura actual es de suma importancia tratar estas aguas residuales con el fin de evitar mayores enfermedades en la población.

La cavitación hidrodinámica se produce a partir del paso de un fluido a gran velocidad en una zona donde la presión disminuye y de manera que las moléculas se modifican a un estado de vapor, ocasionando así que burbujas posteriormente colapsen y se evidencia la degradación de los contaminantes (Martinez,2018)

Debido a esta problemática se busca encontrar una alternativa de tratamiento a estas aguas residuales, se identificó que el uso de la cavitación hidrodinámica genera

muchos beneficios y disminuye de manera considerable la contaminación encontrada en los efluentes residuales, el uso de la cavitación hidrodinámica tiene como principio la generación de pequeñas burbujas las cuales implosionan de manera rápida y esto ocasionará que los contaminantes disminuyan su tamaño y por ende disminuya la carga contaminante de los efluentes residuales, para el método aplicado estos efluentes se pueden utilizar muchos dispositivos cavitantes como tubo Venturi el cual es una válvula de estrangulamiento que ocasionará que aumente la velocidad del líquido presente y a su vez aumentará la presión, esto ocasionará que las cavidades que se formen implosionen debido a que seguirán ingresando chorros de agua a una gran velocidad y presión. También se puede utilizar placa orificio, el cual al ser un dispositivo más pequeño se genera una mayor presión, pero las pequeñas burbujas que se formen en el interior tendrán un menor espacio y tiempo para poder implosionar.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente este trabajo tiene como **problema general:** ¿Cuál será la eficiencia para la reducción del cromo total en efluentes de la industria curtiembre utilizando placa orificio y Venturi en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022?. **Los problemas específicos son:** ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos que se reducen en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de Venturi en cavitación hidrodinámica Ate-Lima 2022?, ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos que se reducen en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de Placa orificio?, ¿Cuáles son las condiciones de operación para determinar la eficiencia de remoción del cromo total a 8 bares en Venturi?, ¿Cuáles son las condiciones de operación para determinar la eficiencia de remoción del cromo total a 8 bares en Placa Orificio?.

La presente investigación tiene como justificación ambiental reducir los contaminantes presentes en el efluente de la industria curtiembre, especialmente en la etapa del post-curtido puedan ser tratados con la tecnología de cavitación hidrodinámica y comparando dos dispositivos cavitantes, asimismo, ha mostrado ser sostenible y amigable con el medio ambiente. La justificación social es que si las aguas residuales provenientes de la industria curtiembre siguen siendo desechadas de manera directa a los cuerpos hídricos los pobladores, flora y fauna se ven afectadas, ya que esto ocasionará enfermedades por el consumo de metales

pesados. Como justificación económica se tiene que la tecnología que se implementa resulta económica a diferencia de otros tratamientos convencionales como coagulación y floculación, almacenamiento y sedimentación, etc., principalmente porque no se requieren de insumos químicos.

Tomando en cuenta el problema general de la investigación se tiene como **objetivo general**: Determinar la eficiencia para la reducción del cromo total en los efluentes de la industria curtiembre utilizando placa orificio y Venturi en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022; también se tiene como **objetivos específicos**: Determinar los parámetros fisicoquímicos que se reducen en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de Venturi en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022, Determinar los parámetros fisicoquímicos que se reducen en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de placa orificio en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022, Determinar la eficiencia de remoción del cromo total a condiciones de operación de 8 bares para Venturi, Determinar la eficiencia de remoción del cromo total a condiciones de operación de 8 bares para Placa Orificio.

Como **hipótesis general** tenemos: La cavitación hidrodinámica es eficiente para reducir el cromo en los efluentes utilizando placa orificio y Venturi en cavitación hidrodinámica en Ate-Lima 2022, **las hipótesis específicas** que se plantearon fueron: La cavitación hidrodinámica reduce los parámetros fisicoquímicos en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de Venturi, Ate-Lima, 2022, La cavitación hidrodinámica reduce los parámetros fisicoquímicos en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de Placa Orificio, Ate-Lima 2022, Influyen las condiciones de operación para reducir cromo total en efluentes de la industria curtiembre utilizando Venturi a 8 bares en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022, Influyen las condiciones de operación para reducir cromo total en efluentes de la industria curtiembre utilizando Placa orificio a 8 bares en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022.

II. MARCO TEÓRICO

La **industria curtiembre** realiza diversas etapas para la utilización de las pieles y así poder llegar a la obtención del producto final, dentro de las cuales generan un alto contenido de contaminantes ocasionando así una alteración de los parámetros del agua y produciendo altas cantidades de residuos debido al proceso realizado. Por ello Nieto (2019) trabajó con efluentes residuales de la industria curtiembre con un volumen de 120L y con tiempo total de 60 minutos, tomando 4 muestras y verificando cada 15 minutos iniciado el tratamiento, determinando así los parámetros fisicoquímicos como son el pH, SST y DQO siendo estas 18.67%, 58.79% y 66.94% respectivamente, concluyendo que el tratamiento resulta más eficiente en el minuto 60. Por su parte Saxena, Saharan y George (2018) deciden implementar la tecnología de cavitación hidrodinámica para degradar los contaminantes que genera la industria curtiembre, evidenciando una reducción del DQO del 14,46%, TOC del 12,60%, SST del 34,82% SDT del 10,01%.

El **tratamiento de efluentes residuales** es la transformación de aguas provenientes de distintas industrias las cuales tienen muchos contaminantes como metales pesados, materia orgánica, sst, etc. y se procede a descontaminar estas aguas con el fin de que sus componentes tanto químicos como físicos se encuentren dentro de lo normado. (Macassi, 2017). Debido a ello, Giuliana (2017), evaluó el comportamiento del sistema de nanoburbujas para realizar el tratamiento y reducir los valores de contaminantes encontrados en los efluentes residuales. En ese sentido, Wang, Su y Zhang (2021), indicó que la cavitación hidrodinámica se basa en la generación de cavidades como consecuencia de la presión local que se ocasiona por la rotación del diodo de vértice y otras desviaciones rotativas. De acuerdo con Wang B., Su H. y Zhang B. (2021), demostró que el uso de la cavitación hidrodinámica es una alternativa muy prometedora para la disminución de la carga contaminante en diferentes aguas residuales, ya sea utilizando cavitación hidrodinámica con Venturi o placa orificio, ya que generan una disminución considerable de la contaminación hallada en el efluente residual. Asimismo, Mancuso, Langones, Andreottola (2020), expresó que el proceso de cavitación hidrodinámica es el proceso por el se va a generar burbujas para posteriormente implosionar ocasionando así el colapso de las cavidades esto ocurrirá en un corto tiempo y así mismo va a degradar los

contaminantes obteniendo resultados beneficiosos disminuyendo la carga contaminante del efluente estudiado

Para Wang, J., et al (2020) detalló que la degradación de tintes y aguas residuales textiles mediante la cavitación hidrodinámica en combinación con ozono logró disminuir el DQO, TOC, Uv y el color en un 36%,71% y 90 % respectivamente por ende debe seguir un orden específico ya que los resultados arrojaron que HC+O3 vendría a ser más eficiente en la degradación del tinte y el procedimiento del tratamiento de efluentes residuales.

En la actualidad la **contaminación por metales pesados** está teniendo una gran relevancia debido a alta toxicidad y abundancia que esto presenta en la cadena trófica, debido a que de manera indirecta tanto animales como personas se vienen intoxicando con estos metales pesados, debido a que muchas industrias realizan sus descargas al mar o al suelo sin realizar un tratamiento previo lo cual ocasiona una alteración negativa. (Marimon, 2018). Como bien lo menciona Marimon, la contaminación por metales pesados actualmente es un problema que está empezando a surgir debido a las excesivas cantidades de desechos que muchas industrias desechan de manera directa a la naturaleza y esto ocasiona que las personas de manera indirecta se vean afectadas.

Korpe S. y Rao P. (2021) utilizó la técnica de cavitación hidrodinámica para bajar la concentración de contaminantes en los efluentes y también el de verificar la implementación de oxidación avanzada, ya que el proceso que realizan las curtiembres se encuentra cargada de contaminantes y sufren una alteración de parámetros. Asimismo, resultó que la combinación de la cavitación hidrodinámica con la agitación magnética generó una mayor reducción de los residuos que afectan al efluente residual (Korpe et. al ,2019).

La etapa del **postcurtido** consiste en los siguientes procesos: el primero es el escurrido en el cual se reduce la humedad y se elimina las sales presentes, el rebajado consiste en el desbaste de la piel hasta llegar al espesor necesitado, el secado y el wet blue es una técnica de curtición al cromo, ya que el cuero toma una tonalidad de color azul.

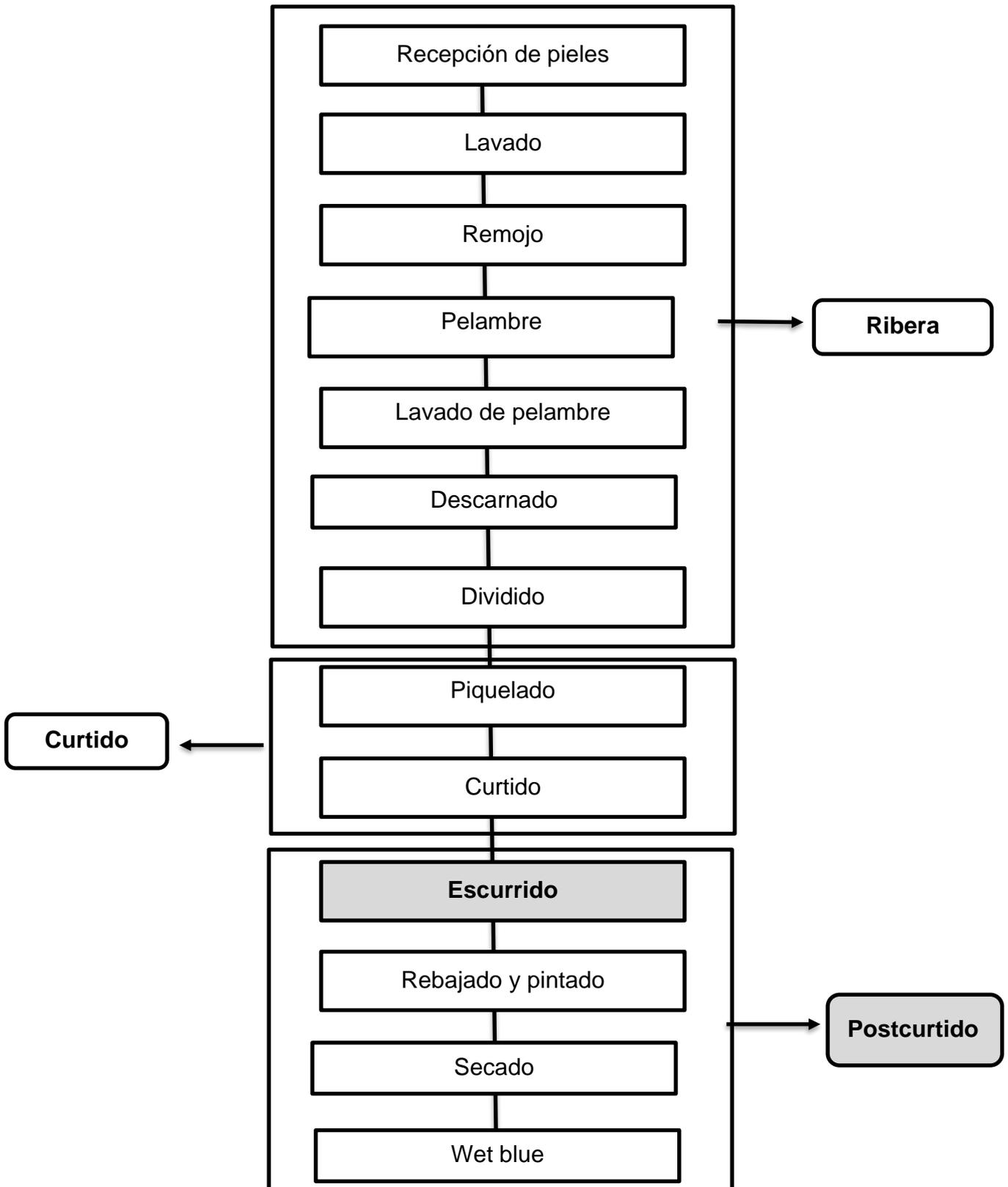


Figura 1:Flujograma de la industria curtiembre

La **cavitación hidrodinámica** es un tratamiento que está siendo empleado para el aumento eficaz de la eliminación de contaminantes, debido al crecimiento de la velocidad del líquido y por subsiguiente origina la caída de la presión generando así la formación e implosión de burbujas de vapor, implantando los principios de este método.(Gutierrez-Mosquera,L., et al,2019);es decir esta tecnología nos resulta muy favorable para el tratamiento de los efluentes ,ya que es muy eficiente enfocándose principalmente en lo operacional y energético a comparación de otros métodos este nos indica un óptimo rendimiento. Asimismo, Song et al. (2022), indica que al colapsar las burbujas generadas por la cavitación hidrodinámica esta genera una gran cantidad de energía la cual al liberarse afecta al líquido en tomando un efecto térmico, se dice que al producirse esta liberación de energía las temperaturas de estas burbujas pueden llegar entre 7000 y 44000K, eso sucede en cuestión de milisegundos

Thanekar,P. y Gogate,P.(2018), revisó la degradación de diversos contaminantes de distintas industrias empleando la tecnología de cavitación hidrodinámica ,el cual consta de sistemas de procesamiento que conlleva a requerir reactores de HC; es decir comprende una configuración de tipo de circulación el cual necesitará una bomba de movimiento positivo, válvulas de control, tanque de retención, en la zona de succión la bomba está enlazada al final del tanque de retención, lo que sucederá es que la descarga de la bomba de va a fraccionar en dos filas una fila principal que contará con el equipamiento de la cámara de cavitación ,entre ellos la placa orificio de Venturi y ,entre otros y una fila de derivación cuenta con la válvula de control para inspeccionar el flujo a través de la fila principal. Según Patil y Baral (2021), expresó que la cavitación hidrodinámica es una alternativa novedosa y brinda mejores resultados a comparación de los métodos convencionales, esta investigación indicó que una placa orificio con un diámetro menor y mayor número genera mayores conversiones.

Pourkarimi, Z. et. al (2021), demostró la generación de nanoburbujas y la validez de la tecnología de cavitación hidrodinámica, obteniendo un tamaño de 60 y 70 nanómetros(nm), llegando a tener un porcentaje de 70% de absorción de los contaminantes. De igual forma Abramov, V. et. al (2021) desarrollaron la tecnología de cavitación hidrodinámica junto con descarga de plasma genera la descomposición de los contaminantes, ya que en este caso se logró disminuir un 70% los

contaminantes presentes en el agua contaminada. A diferencia de Khajeh M., Amin M., Fatehizadeh A. y Aminabhavi T. (2021) investigó la eliminación de Atenolol utilizando cavitación hidrodinámica junto con persulfato de sodio, resultando una reducción de 58,3% de los productos que presenta un tipo de contaminación. Debido a esto, Hilares, R. et. al (2021), realizó una síntesis del uso de tecnologías para obtener el método más prometedor, en este caso fue la cavitación hidrodinámica por ser una tecnología que presenta una mayor disminución en los contaminantes del agua residual. Por su parte Parbat, Bhanse y Sonawane (2020) trabajó con el uso de membrana LEM junto con la cavitación hidrodinámica para la remoción de cobalto, obteniendo un 100% de remoción evidenciando que el uso de la tecnología ayudó a que cuente con orificios del tamaño menor a una gota de emulsión.

Para Jawale, Gogate (2019) investigó la cavitación hidrodinámica y realizó el tratamiento con un volumen de 4L durante 120 minutos a una temperatura constante de 37°C, las condiciones operativas como el pH estuvo de 2 a 10 y en cuanto al bar se encontró de 1 a 5 bar, resultado ser una tecnología eficiente. De acuerdo a Vela (2019), estudió la factibilidad de la implementación del electrodo de difusión de oxígeno y el proceso de cavitación ultrasónica e hidrodinámica acoplado a un proceso fenton y electro-fenton, resultando que es importante el uso de un electrodo para la difusión del oxígeno a base de carbono.

La **temperatura** se explica entre la terminación de caliente o frío; es decir caliente es una temperatura mayor a la de frío, considerándose así que las diferentes temperaturas de un cuerpo van asociadas a la variación de las magnitudes observables que van a calificar la temperatura en el que se encuentra un cuerpo (Belendez,2017). Lo que el autor detalla es que la temperatura va a variar de acuerdo en el que un cuerpo se encuentre y en las condiciones que estén, ya que la temperatura no es un estado estable, sino que tiende a cambiar.

En la investigación de Ge et. al (2021), señaló los efectos que tiene la temperatura sobre la cavitación hidrodinámica, evidenciando que a mayor temperatura disminuyen los contaminantes, sin embargo, no debe exceder los 55°C porque generaría un entorpecimiento de la generación de cavidades. La variación de la temperatura de la muestra del efluente, el cual se debe a la velocidad por la que transcurre ocasionando así una reducción de presión, teniendo como resultado una

tensión menor a la tensión de los vapores. (Dominguez, 2018). Por otro lado, Ahmed et al. (2022), indicó que la temperatura juega un papel muy importante con respecto a la eficiencia de la cavitación hidrodinámica ya que en su investigación pudo eliminar contaminantes orgánicos.

El **chromo** es un elemento que influye en la corteza terrestre y el estimado que se puede conseguir en el suelo; también lo podemos hallar en las plantas, animales y rocas, este elemento cuenta con tres principales formas las cuales son el chromo II, chromo III y el chromo VI, dentro de ellas la más tóxica es el chromo III, ya que lo presentan los dicromatos cromatos y ácido crómico (Cuberos, E.,2009).

El chromo afecta en la salud del ser humano de forma directa, debido a que en las etapas que se realiza el curtido se suelen utilizar este producto, el cual afecta al inhalarlo y también se absorbe por ingestión, teniendo como síntomas intoxicaciones, dolor de cabeza y daños en la piel si se expone durante muchas horas (Meza,2018). Por ello Hewage, Batagoda y Meegoda (2021), evaluó el tratamiento de sedimentos utilizando nanoburbujas de ozono para eliminar sustancias químicas, resultando que el uso de las nanoburbujas de ozono fue un éxito debido a que se logró remover un 60 % de los químicos presentes en el agua, también se logró una máxima remoción final de Cr del 87,2% del agua contaminada. Por su parte Jacome, C., et al. (2021) nos menciona que las aguas residuales originadas por la industria curtiembre tienden a presentar grandes concentraciones de metales pesados y en especial de chromo, alterando así las propiedades fisicoquímicas de los cuerpos de agua.

Según lo mencionado por Porto (2017), la **remoción** de contaminantes es un proceso mediante el cual se busca eliminar los contaminantes presentes en el agua, para realizarlo se pueden utilizar distintos métodos como: electrocoagulación, intercambio iónico, coagulación y reducción, etc. Se realiza la remoción de los contaminantes con el fin de que el agua pueda ser usada y/o consumida por la población. La remoción de contaminantes actualmente es un tema muy importante debido a la escasez de agua que se está presentando, debido a esto muchas industrias se han visto en la necesidad de tratar sus aguas residuales previas a desecharlas al alcantarillado, esto debido a que en muchas ocasiones estas aguas residuales cuentan con metales pesados, sulfuros, bacterias, etc. El agua residual al

tener componentes como metales pesados se le debe realizar un tratamiento distinto ya que la carga contaminante afectaría de manera considerable a la población.

Patil B., Bhandari V. y Ranade V. (2021), estudió la remoción de nitrógeno amoniacal de los efluentes residuales utilizando cavitación hidrodinámica, presentando una remoción de entre 9% y 45% de los contaminantes. Por su lado Badmus et. al (2020) informó acerca del tratamiento de aguas residuales utilizando sal sódica y cavitación hidrodinámica, teniendo en cuenta las condiciones de operación con el pH, presión de entrada comprobando una reducción del 74,3% de contaminantes siendo un tratamiento muy favorable. Asimismo, Kwak y Patel (2022), realizó una variación de presiones obteniendo una mayor eficiencia a una presión de 7 bares para la remoción de contaminantes. La tecnología de cavitación hidrodinámica brinda los beneficios del uso obteniendo una fuerte periodicidad y una mayor velocidad para eliminar contaminantes presentes en el agua residual, también se identificó que en la etapa de salida hubo una disminución de la intensidad.

En la investigación realizada por Patil, Bhandari y Ranade (2021), evaluó la remoción de 3 solventes comunes por la cavitación hidrodinámica, siendo un método viable para el tratamiento de efluentes residuales, presentando una disminución considerable. Según Tasdemir A., Cengiz I., Yildiz E. y Bayhan Y. (2020), realizó el tratamiento de cavitación hidrodinámica para la eliminación de amoníaco, reduciendo en un 98% de niveles de amoníaco utilizando un flujo de aire.

Para Medina (2020), el dispositivo cavitante **Venturi** es un instrumento que se encarga de disminuir la transcurrir por una tubería con un tamaño mínimo, este dispositivo cuenta con dos secciones cónicas, al utilizar el tubo Venturi en una tubería al momento del ingreso del flujo de agua este ocasionará que en la entrada se tenga un diámetro menor y por ende habrá una mayor presión en el flujo de agua para que posteriormente el diámetro se ensanche al original de la tubería y el flujo de agua pueda continuar con normalidad. El tubo Venturi cuenta con una geometría especial, la cual se encarga de modificar el flujo de agua y la presión con el fin de eliminar la mayor parte de la contaminación en el agua, ya que en la parte interna se desprende una energía que es capaz de destruir una roca ya que la temperatura alcanza los 10000 K y llega a una presión de 1000 atm, esto en cuestión de milisegundos, debido

a esto se generan pequeñas cavidades o también llamadas burbujas las cuales tienen un tamaño menor a 5 micras.

Shivendu, Virendra, Suja (2019) describió la eficacia del método del pretratamiento de aguas residuales de curtiembre mediante el proceso de cavitación hidrodinámica empleando un dispositivo de Venturi de hendidura durante el tiempo de 2h operado a 5 bar, obteniendo como resultado una mayor degradación de DQO del 43,17% y un rendimiento del biogás en un 68,57 ml/g de sólidos volátiles. Asimismo, Flores y Cevallos (2018) implementó la cavitación hidrodinámica a través de un tubo Venturi para así poder ver la eficiencia de esta tecnología durante 65 minutos con dos presiones de 2 y 3 bar, logrando una reducción del 72,8% y 99,5% respectivamente presentando una eficacia notoria.

Según Chong (2017), la **placa orificio** es una herramienta para la medición del flujo de una manera más simple dentro de la industria .es una herramienta fabricada a partir de una placa metálica delicada plana en forma de círculo con un agujero segmentado y se hace de acero inoxidable para un mejor rendimiento, ya que se coloca entre dos bridas de una tubería y así se logrará medir por ambas tomas y el flujo resulta ser pasar de manera proporcional. Para la aplicación de la placa orificio intervienen varios factores dentro de ellos sería el tamaño de la tubería y la temperatura de la operación para que se logre de forma correcta el procedimiento ,además es fundamental hacer un biselado de un ángulo de 45° para que el roce de la placa y el flujo no se rebase o se distorsione el orificio estimando así un error de un 2 a 10% en cuanto a la medición, para la utilización se le adhiere una aza en el lado bajo para diferenciar el orificio de los condensados al calcular gases, ya que en la zona alta se medirá los gases cuando se encuentren líquidos.

Das S., Bhat A. y Gogate P. (2021) aplicó la tecnología de cavitación hidrodinámica en el tinte durante 150 minutos arrojando una disminución del 31% para placa orificio a diferencia de Venturi que presento un 47% de hendidura de decoloración siendo una tecnología eficiente y rentable al degradar contaminantes. Por su parte Montusiewicz, A., et al (2017) estudió la influencia de la cavitación hidrodinámica en cuanto a su composición y la biodegradabilidad del grano utilizado en la cervecería disuelto en aguas residuales municipales utilizando el método de

cavitación hidrodinámica usando placa orificio así obtenemos una concentración de DQO, DBO generando así una mejoría en de un 0,074 a un 0,091 expresando así una biodegradabilidad aumentada del grano usado, obteniendo como resultado una reducción del DQO y concentraciones como son los sólidos disueltos y los sólidos totales entendiéndose así que hubo un aniquilamiento de los compuestos orgánicos presentes.

La demanda química de oxígeno define la porción de oxígeno requerido para poder oxidar la materia orgánica presente en el efluente de la muestra, teniendo en cuenta las condiciones necesarias que son la temperatura, tiempo y el agente oxidante que se necesite (Rodríguez, 2007), es decir según el autor para hallar el DQO de una muestra de efluente se deben analizar las condiciones en las que se encuentre el efluente para tener un resultado eficaz, por ello Nieto et al. (2021) aplicaron el método de la cavitación hidrodinámica para disminuir los contaminantes y mejorar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales proveniente de la industria textil, obteniendo como resultado una reducción de 23,95% del pH, 82,82% de SST, 64,77% de DBO, 63,05% de DQO. Asimismo, Joshi y Gogate (2019), trató las aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica y combinando el proceso de oxidación avanzada, se obtuvo que el uso de solo la cavitación hidrodinámica presenta un 6% de eliminación de DQO en el agua residual, y al combinar la cavitación hidrodinámica con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) presenta una eliminación de 8,5% de DQO. Para Shivendu, S., et al (2018) redujo los niveles de DQO, TOC, TSS entre otros para así obtener una mejora en cuanto a la biodegradabilidad, se obtuvo un índice de biodegradabilidad de 0,10 a 0,41 y también presentaron una gran reducción del DQO TOC.

La eficiencia consiste en realizar una acción de forma correcta. En cuanto a la eficiencia del cromo se halla mediante una fórmula en la que se va a restar la concentración inicial del Cr con la concentración final del Cr ambos divididos entre la concentración inicial multiplicado por cien obteniendo así el resultado de la eficiencia, por ello Agudelo-Valencia, R., et al. (2019) determinó la calidad óptima del reactor para realizar el tratamiento de efluentes de curtiembre, obteniendo como resultado un 32,6% de eliminación de la concentración inicial sin haber realizado un tratamiento previo, evidenciando una eficiencia en cuanto a la remoción de contaminantes. Para

Tafur, L. (2019) evaluó la eficiencia usando el tratamiento de cavitación hidrodinámica durante 120 minutos, finalmente afirma una eficiencia del tratamiento diciendo que gracias a la tecnología de nanopartículas de plata se obtuvieron grandes resultados en cuanto a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en la investigación.

La conductividad eléctrica es calculada por la capacidad que se encuentra en una solución para así guiar una corriente eléctrica, esto va a depender de los iones presentes, la movilidad, la concentración, valencia y también es muy importante en la temperatura en la que se encuentre, ya que las moléculas orgánicas al disgregarse en el efluente logran guiar una corriente a menor escala (Sanabria,2006).

Los valores máximos admisibles (VMA) son valores de distintos parámetros físicos y/o químicos los cuales no deben ser excedidos para que no se considere como contaminación. Estos valores no deben ser excedidos para que no considere como contaminación, para el tema de efluentes industriales INACAL realizó una lista con determinados valores los cuales en caso se exceda estos valores serán perjudiciales para los seres vivos.

Según lo mencionado por INACAL(2019), menciona que se aprobó el Decreto Supremo 010-2019-VIVIENDA, que prohíbe el vertimiento de sustancias o elementos que alteren las propiedades fisicoquímicas de los cuerpos hídricos que son arrojados de manera directa a la red de alcantarillado sanitario, impidiendo así que los servicios de recolección de efluentes residuales descarguen más que eso en el sistema, ya que exceden los valores máximos admisibles ,a diferencia del parámetro que los usuarios no domésticos esta admitido ,ya que requieren de un mayor costo por concentración excesiva ,dispuesto así por el reglamento departamental y el reglamento nacional de supervisión de la salud. Mostrándose en la tabla 1 y 2 los valores máximos admisibles.

Tabla 1. Valores máximos admisibles

PARÁMETRO	UNIDAD	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/l	500
Demanda química de oxígeno(DQO)	mg/l	1000
Solidos suspendidos totales(SST)	mg/l	500
Aceites y grasas(A y G)	mg/l	100

Fuente: D.S. Nº 010-2019-VIVIENDA - Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

Tabla 2. Valores máximos admisibles

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	CN-	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Niquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0.5
Sulfatos	mg/l	SO ₄ ⁻²	1000
Sulfuros	mg/l	S ⁻²	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	NH ⁺⁴	80
Potencial Hidrógeno	Unidad	pH	6-9
Solidos sedimentables	MI/h	S.S	8.5
temperatura	°C	T	<35

Fuente: D.S. Nº 010-2019-VIVIENDA - Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación aplicada o también llamada investigación utilitaria, es utilizada para solucionar problemas y optimizar procesos para un funcionamiento eficaz, genera conocimientos tomando como base los problemas a los que se enfrenta la sociedad y/o las distintas empresas, este tipo de investigación se encarga de brindar conocimientos tecnológicos y de esa manera ayudar a solucionar los distintos problemas que se presente (Esteban,2018). Esta investigación fue de tipo aplicada y tuvo un enfoque cuantitativo ya que se busca desarrollar un tipo de tratamiento eficiente para remover cromo total y disminuir la carga contaminante de las aguas residuales provenientes de la industria curtiembre los cuales generan daños considerables a las personas y al entorno.

En la investigación se utilizó un diseño de tipo experimental, según lo mencionado por Charca (2015), la investigación experimental es una técnica estadística en la cual las variables son manipuladas por el investigador con el fin de verificar la influencia que una variable tiene sobre otra. Este tipo de investigación sirve para mejorar procesos en temas de eficiencia, remoción, rendimiento, confiabilidad, etc., también sirve para tomar como base los procesos y fallos que se puedan presentar a lo largo de la realización de la investigación.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables de estudio fueron:

- **Variable independiente:** Cavitación hidrodinámica

Dimensiones:

- ✓ Condiciones de operación del tubo Venturi
- ✓ Condiciones de operación de Placa Orificio

- **Variable dependiente:** Reducción del cromo total

Dimensiones.

- ✓ Parámetros fisicoquímicos
- ✓ Eficiencia de remoción del cromo

Además, se señaló la matriz de operacionalización de variables en el Anexo 01.

3.3. Población, muestra y muestreo

Este estudio se denomina como la totalidad de elementos que serán utilizados como unidad de muestreo, la población es el universo o totalidad en la cual se realizará la investigación, de la población se tomará una parte para que se le haga un estudio más a fondo al cual se le denomina muestra. (Arias.J. et al 2016). Para este trabajo de investigación la población que se utilizó fueron las aguas residuales de las industrias curtiembres las cuales son arrojadas a los sistemas de alcantarillado sin ningún tratamiento previo en el distrito de Ate-Lima, 2022.

Criterios de inclusión: Agua residual de la industria curtiembre

Criterios de exclusión: Aguas residuales que no provengan del proceso de curtiembre

Para esta investigación se utilizaron 64 litros de muestra de agua residual de las industrias curtiembres, esto con el fin de realizar las pruebas correspondientes y sacar las muestras necesarias para que se puedan analizar en el laboratorio. Para cada dispositivo cavitante (Venturi y Placa Orificio) se utilizaron 32 litros de muestra de agua residual, ya que el tanque de almacenamiento del prototipo de cavitación hidrodinámica controlada tiene esa capacidad.

El muestreo es un método que se usa muy a menudo en muchas investigaciones, cumple la función de brindar características comunes entre la población estudiada. (Otzen y Manterola ,2017). Esta investigación cuenta con un muestreo no probabilístico.

La unidad de análisis fue el agua residual de la curtiembre.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó en la investigación fue la observación para recoger información y así reconocer el tema estudiado, ofreciendo diversos aspectos como son el de poder analizar, describir, interpretar, aprobar o denegar los datos obtenidos a lo largo de la toma de base de datos del estudio (Campos y Lule,2012)

Los instrumentos que se usaron para registrar los datos fueron 3 fichas:

- **Ficha 1:** Ficha de registro de datos
- **Ficha 2:** Cadena de Custodia (Esta ficha se utilizó para registrar los datos iniciales de las muestras y también fue requerida por el laboratorio SGS).
- **Ficha 3:** Registro de resultados.

La validez de los instrumentos se evaluó con la debida sensatez del tema de investigación, en el cual estuvo formado por tres expertos especialistas. Se ve expuesto en el anexo 03

3.5. Procedimientos

3.5.1. Ubicación de la zona de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el distrito de Ate, provincia y departamento de Lima, con las siguientes coordenadas $12^{\circ}01'40''$ y $76^{\circ}55'00''$, una altitud de 355 m.s.n.m. y una superficie de $77,72 \text{ km}^2$, caracterizado este lugar estudiado por ser una zona industrial en el caso de la presente investigación se enfocó en la industria curtiembre, se tomaron muestras de una curtiembre que no realiza ningún tratamiento previo a sus descargas de aguas residuales ocasionando un impacto negativo ante el recurso hídrico.

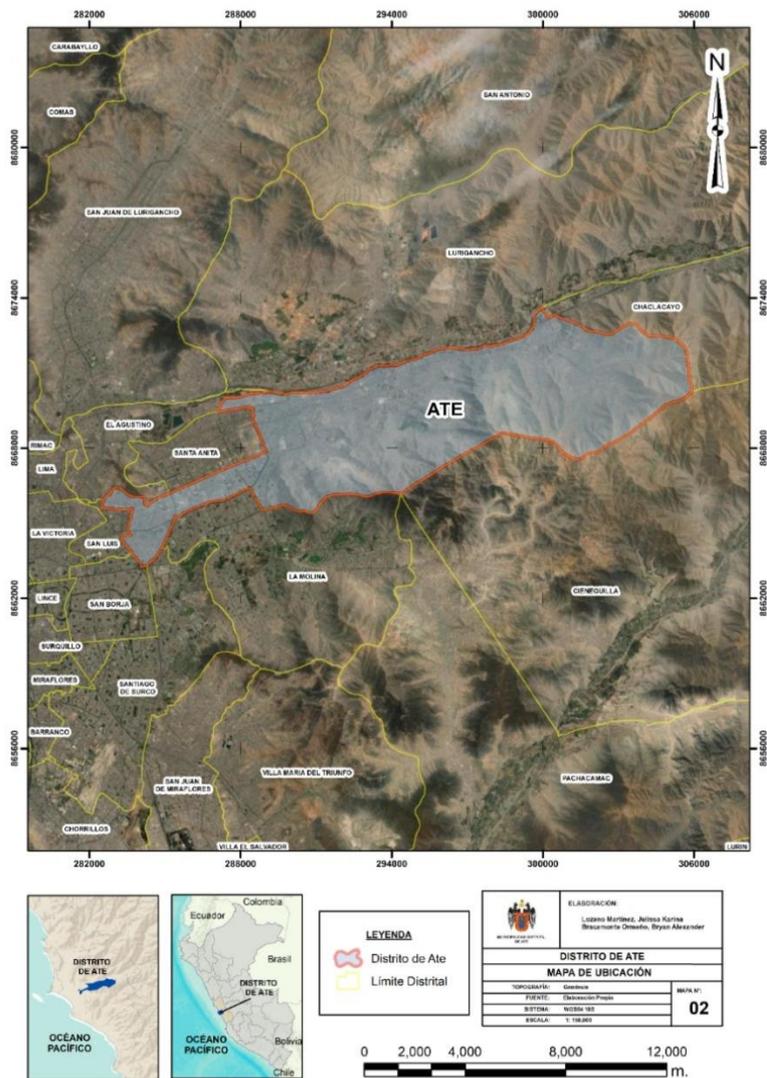


Figura 2. Mapa del distrito de Ate.

3.5.2. Ubicación de laboratorio

La investigación realizada se realizó en el taller electromecánico, el cual se localiza el prototipo de cavitación hidrodinámica, situado en San Martín de Porres, departamento y provincia de Lima, teniendo las siguientes coordenadas $11^{\circ}59'22.2''$ y $77^{\circ}06'19.1''$, una altitud de 123 msnm. y una superficie de $36,91 \text{ km}^2$.

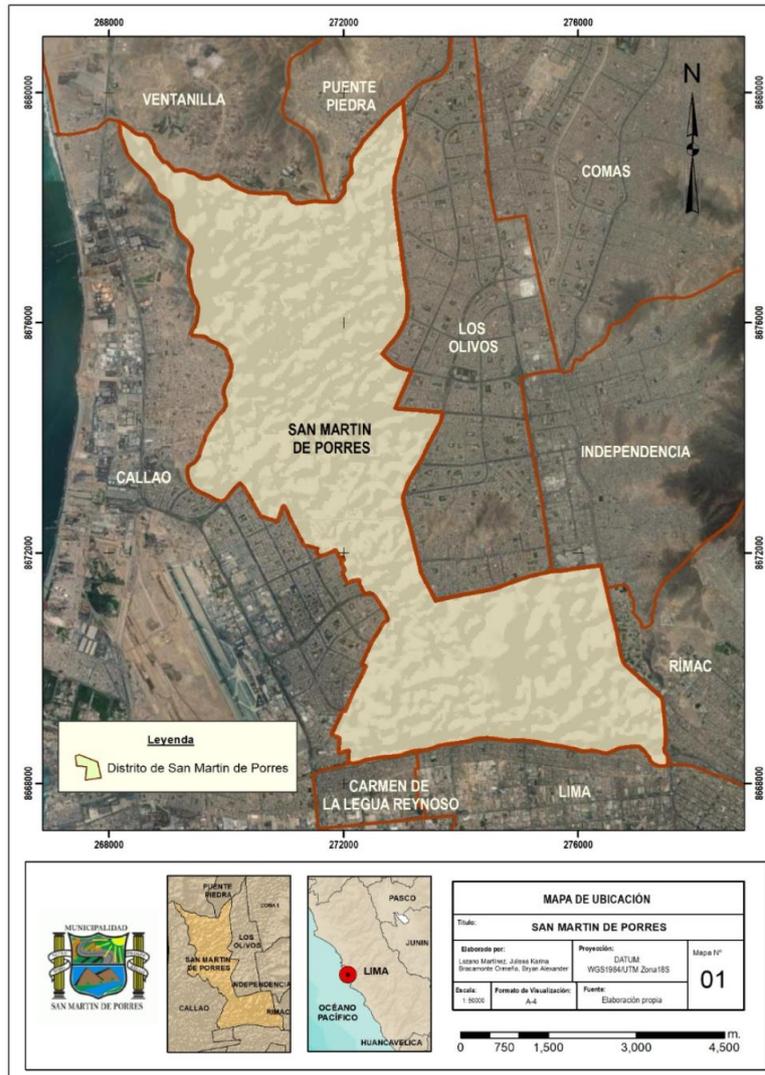


Figura 3. Mapa del distrito de San Martín de Porres

Para la recolección de muestra y posterior análisis de este trabajo se tuvo que utilizar los siguientes materiales:

Materiales y equipos

- Guantes
- Baldes
- Gel congelado
- Cooler para las muestras
- Cámara
- Marcador indeleble
- Reactivos químicos H_2SO_4 , HNO_3
- **Multiparámetro**

El multiparámetro es un dispositivo de medición, en este se puede medir: el pH, la conductividad eléctrica, temperatura, sólidos disueltos totales. En la figura 4, se evidencia el multiparámetro que se necesitaba para efectuar los análisis en campo.



Figura 4. Equipo de Multiparámetro

- **Vaso precipitado de 250 ml.**

Es un envase de vidrio de forma cilíndrica y cuenta con un fondo plano, es frecuente el uso de este tipo de recipiente, ya que es soporta altas temperaturas. En la figura 5, se observa el vaso precipitado utilizado en el análisis de los parámetros.



Figura 5. Vaso precipitado

- **Tamiz**

Es una herramienta de laboratorio el cual está constituido por un cuadrado de madera y una lámina de rejilla con diminutos orificios para separar la materia orgánica del efluente. En la Figura 6, se visualiza el tamiz que se necesitó para detener el paso de aquellas impurezas que obstruyen la tecnología de cavitación hidrodinámica.



Figura 6. Tamiz

Ensayo de cavitación hidrodinámica usando Placa Orificio

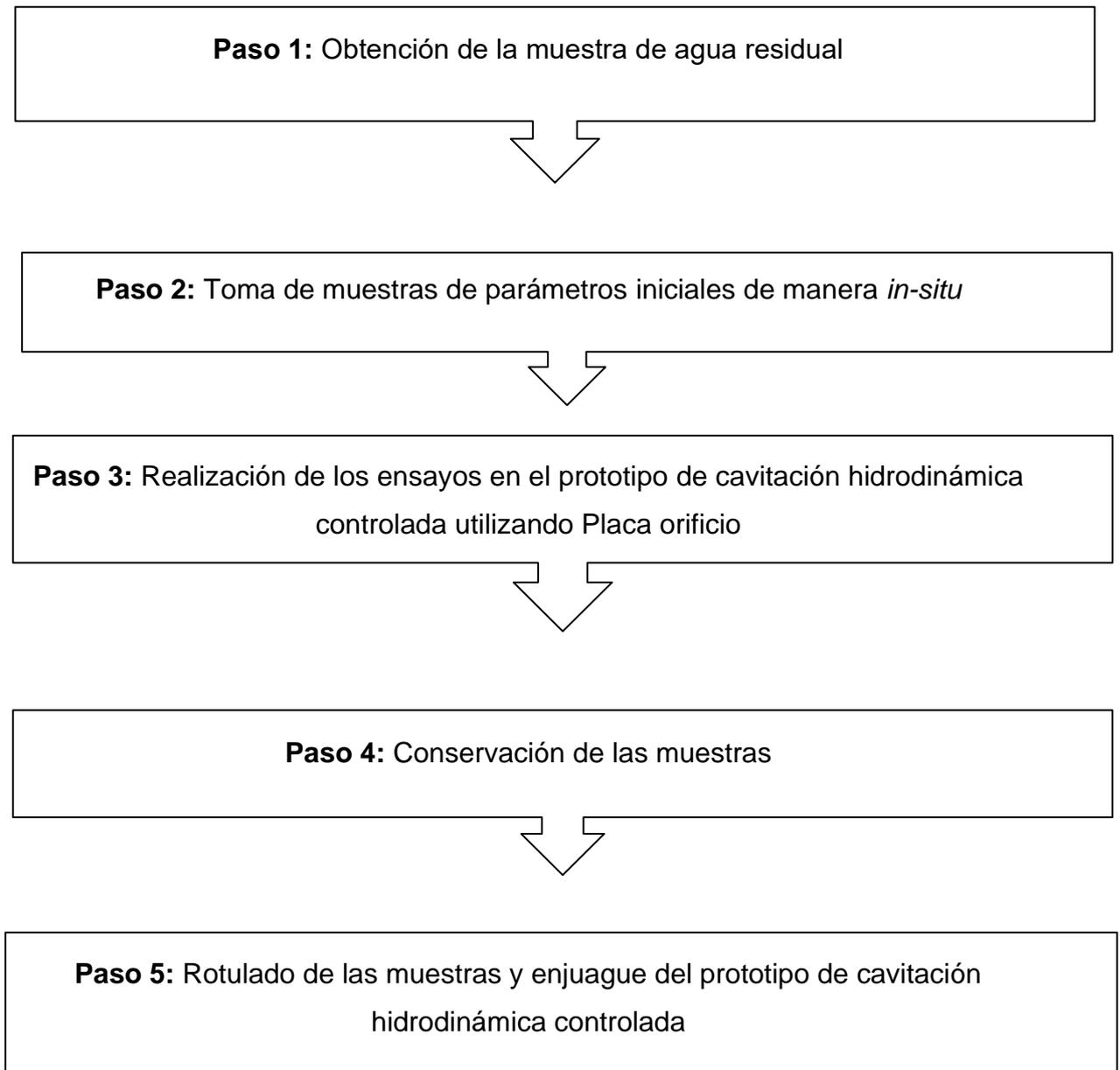


Figura 7. Procedimiento experimental del método de Placa Orificio

Fuente: Elaboración propia

Primer paso: Obtención de la muestra de agua residual de la curtiembre

Para obtener la muestra de agua residual, se contactó con una empresa curtidora, esta se encarga de la fabricación de calzado. Para la obtención del calzado primero se realiza un tratamiento a las pieles de los distintos animales que se utilizan, el procedimiento previo a la realización del calzado consta de 6 etapas: La etapa de remojo, etapa de encalado, etapa de desencalado, etapa de curtido en cromo, etapa de post-curtido y etapa de acabados. La muestra residual que se utilizó fue de la etapa de post-curtido, para esto se coordinó con la empresa para poder acercarnos el día que realicen el lavado de las pieles. Luego de coordinar con la empresa, nos acercamos para tomar las muestras necesarias para realizar la investigación.



Figura 8. Obtención de la muestra residual

Segundo paso: Toma de muestras de parámetros iniciales de manera *in-situ*

Previo a realizar la remoción del cromo total en el prototipo de cavitación hidrodinámica controlado, se realizó un tamizado a la muestra de agua residual con el fin de filtrar los SST que tengan un tamaño mayor a $6\ \mu\text{m}$, esto con el fin de que los sólidos de mayor tamaño no interfieran en la remoción del cromo, posteriormente con ayuda del multiparámetro se medirán los valores de pH, temperatura y conductividad eléctrica. Para el indicador de SST de la muestra inicial se tomarán 1000 ml, para el indicador de DQO se tomará una muestra de 120 ml y

para el indicador de cromo total se tomará una muestra de 120 ml, luego de la obtención de la muestra para cada indicador, estas serán almacenadas en el cooler.



Figura 9. Toma de muestras de parámetros iniciales

Tercer paso: Realización de los ensayos en el prototipo de cavitación hidrodinámica controlada utilizando Placa orificio

Posterior al filtrado, la muestra de agua residual fue añadida al tanque del prototipo de cavitación hidrodinámica controlada para realizar el ensayo correspondiente, en este ensayo se utilizó el dispositivo cavitante de Placa orificio, el tratamiento se realizó por un periodo de 90 min, a lo largo del tratamiento se tomaron apuntes de los indicadores de temperatura, presión de entrada, presión de salida y caudal, cada 30 minutos se sacó una muestra de 2 L para analizar los indicadores de temperatura, pH, conductividad eléctrica, SST, DQO y cromo total, de esta manera se pudo determinar el porcentaje de remoción de contaminantes a lo largo de los 90 min. El prototipo de cavitación hidrodinámica consta de 3 líneas de tuberías, cada tubería cuenta con una dimensión de 1", el prototipo de cavitación hidrodinámica controlada cuenta con 3 tipos de dispositivos cavitantes: Placa orificio, Venturi y oxidación avanzada (Ozono(O₃)). Una vez que pasaron los 90 min se dejó de usar el prototipo y se extrajeron muestras con el fin de analizar los distintos indicadores mencionados anteriormente.



Figura 10. Ensayos en el prototipo de CH utilizando Placa Orificio

Cuarto paso: Conservación de las muestras

Pasado los 90 minutos se extrajeron las distintas muestras, las cuales fueron enviadas al laboratorio de SGS para que se hagan los análisis de DQO, SST y metales totales. Para conservar las muestras se añadieron los siguientes preservantes.

- **DQO:** 10 gotas de H_2SO_4 (ácido sulfúrico)
- **SST:** Almacenar de $0\text{ }^\circ\text{C}$ a $4\text{ }^\circ\text{C}$
- **Cromo total:** 6 gotas de HNO_3 (ácido nítrico)



Figura 11. Conservación de las muestras

Quinto paso: Rotulado de las muestras y enjuague del prototipo de cavitación hidrodinámica controlada

Una vez obtenidas las muestras correspondientes de los distintos indicadores, se realizó el rotulado correspondiente para identificar los indicadores que fueron enviados a analizar y también saber el tiempo en el que fue sacada la muestra, para esto se utilizaron distintos códigos, los cuales fueron:

Tabla 3. Rotulado de muestra del método de Placa orificio

Tipo de muestra	Código
Muestra de Placa orificio	PO-0
	PO-30
	PO-60
	PO-90

Una vez extraídas todas las muestras necesarias, se procedió a realizar el enjuague del prototipo de cavitación hidrodinámica controlada, para esto se utilizó agua, se utilizó aproximadamente 32 L de agua, para realizar el enjuague se añadieron los 32 L de agua en 3 tandas, en cada tanda se utilizó 10 L de agua para que esta pueda recorrer por las 3 tuberías del prototipo de cavitación hidrodinámica controlada y eliminar los restos del agua tratada anteriormente, posteriormente se desechó al alcantarillado esta agua.



Figura 12. Platillo de Placa Orificio

Ensayo de cavitación hidrodinámica usando Venturi

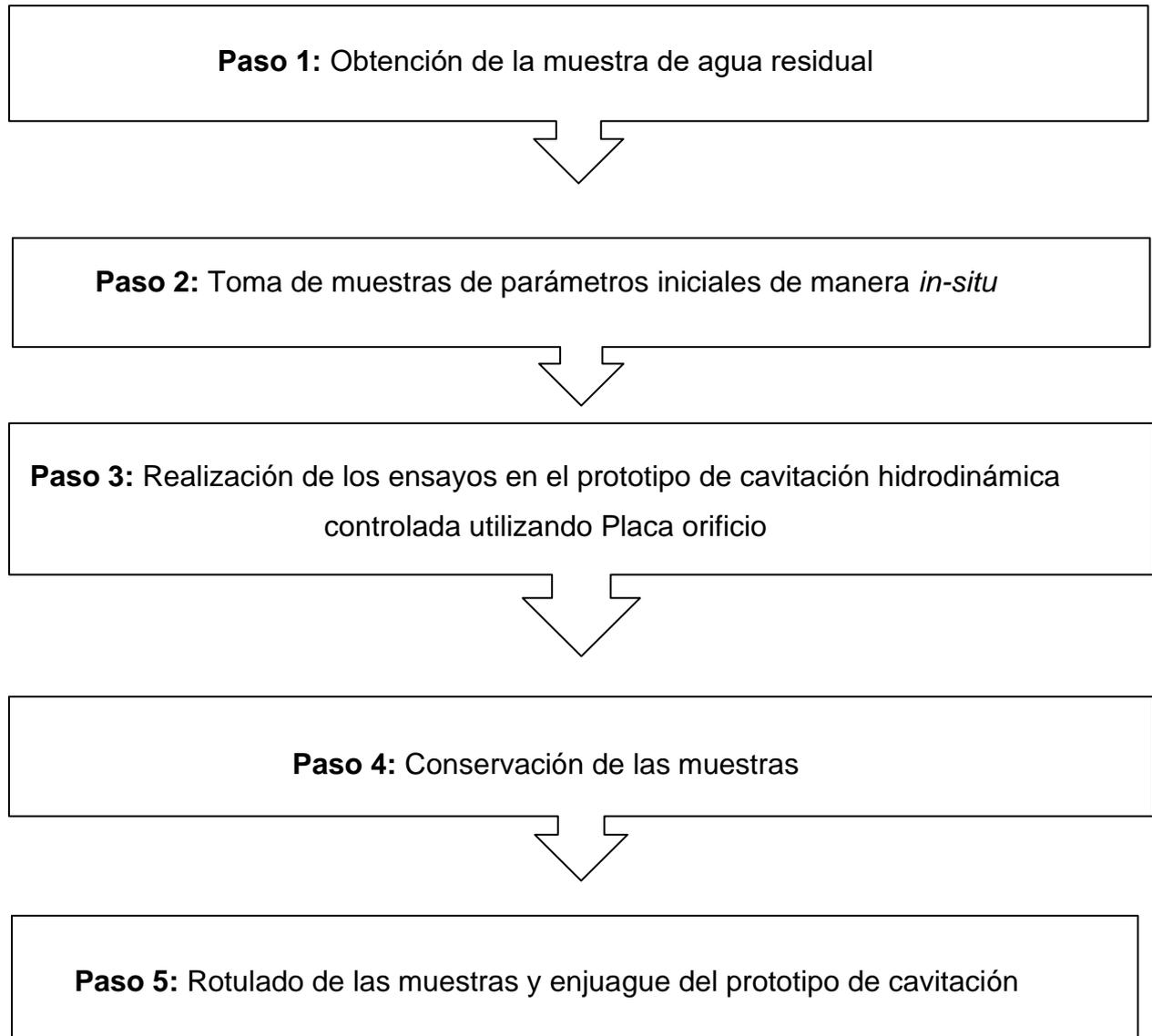


Figura 13. Procedimiento experimental del método de Placa Orificio

Fuente: Elaboración propia

Primer paso: Obtención de la muestra de agua residual de la curtiembre

Para obtener la muestra de agua residual, se contactó con una empresa curtidora, esta se encarga de la fabricación de calzado. Para la obtención del calzado primero se realiza un tratamiento a las pieles de los distintos animales que se utilizan, el procedimiento previo a la realización del calzado consta de 6 etapas: La etapa de remojo, etapa de encalado, etapa de desencalado, etapa de curtido en cromo, etapa de post-curtido y etapa de acabados. La muestra residual que se obtendrá será de la etapa de post-curtido, para esto se coordinará con la empresa para poder acercarnos el día que realicen el lavado de las pieles. Luego de la coordinación con la empresa, nos acercaremos para tomar las muestras necesarias para realizar la investigación.



Figura 14. Obtención de la muestra residual

Segundo paso: Toma de muestras de parámetros iniciales de manera *in-situ*

Previo a realizar la remoción del cromo total en el prototipo de cavitación hidrodinámica controlado, se realizó un tamizado a la muestra de agua residual con el fin de filtrar los SST que tengan un tamaño mayor a $6\ \mu\text{m}$, esto con el fin de que los sólidos de mayor tamaño no interfieran en la remoción del cromo, posteriormente con ayuda del multiparámetro se medirán los valores de pH, temperatura y conductividad eléctrica. Para el indicador de SST de la muestra inicial se tomaron 1000 ml, para el indicador de DQO se tomó una muestra de 120 ml y para el indicador de cromo total se tomó una muestra de 120 ml, luego de la

obtención de la muestra para cada indicador, estas fueron almacenadas en el cooler.



Figura 15. Toma de muestras de parámetros iniciales

Tercer paso: Realización de los ensayos en el prototipo de cavitación hidrodinámica controlada utilizando Venturi

Posterior al filtrado, la muestra de agua residual fue añadida al tanque del prototipo de cavitación hidrodinámica controlada para realizar el ensayo correspondiente, en este ensayo se utilizó el dispositivo cavitante de Venturi, el tratamiento se realizó por un periodo de 90 min, a lo largo del tratamiento se tomaron apuntes de los indicadores de temperatura, presión de entrada, presión de salida y caudal, cada 30 minutos se sacó una muestra de 2 L para analizar los indicadores de temperatura, pH, conductividad eléctrica, SST, DQO y cromo total, de esta manera se pudo ver el porcentaje de remoción de contaminantes a lo largo de los 90 min. El prototipo de cavitación hidrodinámica consta de 3 líneas de tuberías, cada tubería cuenta con una dimensión de 1", el prototipo de cavitación hidrodinámica controlada cuenta con 3 tipos de dispositivos cavitantes: Placa orificio, Venturi y oxidación avanzada (Ozono(O_3)). Una vez que pasen los 90 min se dejó de usar el prototipo y se extrajeron muestras con el fin de analizar los distintos indicadores mencionados anteriormente.



Figura 16. Rotulado de las muestras

Cuarto paso: Conservación de las muestras

Pasado los 90 minutos se extrajeron las distintas muestras, las cuales fueron enviadas al laboratorio de SGS para que se hagan los análisis de DQO, SST y metales totales. Para conservar las muestras se añadieron los siguientes preservantes.

- DQO:** 10 gotas de H_2SO_4 (ácido sulfúrico)
- SST:** Almacenar de 0 °C a 4°C
- Cromo total:** 6 gotas de HNO_3 (ácido nítrico)



Figura 17. Adición de químicos para preservar las muestras

Quinto paso: Rotulado de las muestras y enjuague del prototipo de cavitación hidrodinámica controlada

Una vez obtenidas las muestras correspondientes de los distintos indicadores, se realizó el rotulado correspondiente para identificar los indicadores que fueron enviados a analizar y también saber el tiempo en el que fue sacada la muestra, para esto se utilizaron distintos códigos, los cuales fueron:

Tabla 4. Rotulado de muestra para el método Venturi

Tipo de muestra	Código
Muestra de Venturi	V0-1
	V30-1
	V60-1
	V90-1

Una vez que se hayan extraído todas las muestras necesarias, se realizó el enjuague del prototipo de cavitación hidrodinámica controlada, para esto se utilizó agua, se utilizó aproximadamente 32 L de agua, para realizar el enjuague se añadieron los 32 L de agua en 3 tandas, en cada tanda se utilizó 10 L de agua para que esta pueda recorrer por las 3 tuberías del prototipo de cavitación hidrodinámica controlada y eliminar los restos del agua tratada anteriormente, posteriormente se desechó al alcantarillado esta agua.



Figura 18. Enjuague del prototipo

3.6. Método de análisis de datos

Para analizar los resultados enviados por el laboratorio, se utilizó la herramienta de Excel para realizar cuadros comparativos y gráficas de resultados. Así mismo se empleó el software IBM SPSS Statistic 25 para la elaboración de datos adquiridos antes, durante y después de la elaboración de las muestras.

Para el cálculo de la eficiencia de remoción del Cr, se utilizó la siguiente fórmula:

$$E = \frac{S_i - S_f}{S_i} \times 100$$

En la cual:

E=eficiencia de remoción

Si=Concentración inicial de Cr

Sf=Concentración final de Cr

3.7. Aspectos éticos

Para la realización del proyecto de investigación se tuvo como base muchos estudios realizados anteriormente sobre este tipo de tratamiento, todos estos estudios han sido citados con el fin de evitar alguna detección de plagio, para realizar las citas y referencias bibliográficas se utilizó la guía de ISO 690 e ISO 690-2. Para validar los instrumentos que se utilizaron en la realización de este estudio se enviaron a distintos profesionales que dominen el tema para que puedan confirmar que se realiza el uso correcto y confirmar los resultados obtenidos.

IV.RESULTADOS

Luego de haber realizado las pruebas correspondientes de laboratorio, los resultados fueron analizados de acuerdo con los objetivos propuestos.

4.1. Resultados de la reducción del Cromo Total en ambos dispositivos cavitantes.

Placa orificio

Se muestran los resultados de la cantidad de cromo total reducidos en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el dispositivo cavitante de placa orificio, las cuales fueron analizadas por el laboratorio SGS.

Tabla 5. Resultados de remoción del cromo total para Placa orificio

Nº DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	TIEMPO (min)	Cr total (mg/L)	Remoción (%)
1	PO-0	31/05/2022	0	1177	0%
2	PO-30	31/05/2022	30	1162	1.27%
3	PO-60	31/05/2022	60	1082	8.07%
4	PO-90	31/05/2022	90	1033	12.23%

En la tabla 5 se muestran 4 resultados correspondientes a las muestras que fueron enviadas al laboratorio, el procedimiento de cavitación hidrodinámica con placa orificio se realizó por un periodo de 90 minutos dentro de los cuales cada 30 minutos se extrajo 1.2L de muestra de agua residual para los análisis correspondientes. En la tabla 5, se puede identificar los códigos de cada muestra con sus respectivos tiempos en los cuales se extrajeron dichas muestras, en los primeros 30 minutos (PO-30) el uso de placa orificio tuvo una eficiencia de remoción de 1.27%, pasado 60 minutos (PO-60) la remoción de contaminantes de Cr total tuvo una eficiencia de remoción de 8.07%, pasados los 90 minutos (PO-90) la remoción de contaminantes de Cr total tuvo una eficiencia de remoción de 12.23%.

En la figura 19 se representa gráficamente la disminución de la carga contaminante de Cr total a lo largo de los 90 minutos.

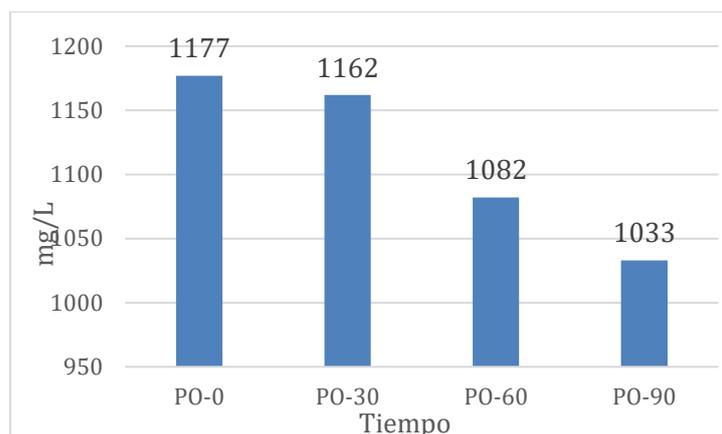


Figura 19. Resultados del cromo total para Placa orificio

Según lo indicado en la figura 19, se puede identificar que la concentración del Cr total estuvo disminuyendo a medida que iba pasando el tiempo. En los primeros 30 minutos (PO-30) la muestra pasó de tener 1177 mg/L a 1162 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de Cr total en el agua residual, pasado 60 minutos (PO-60) la concentración de Cr total pasó de tener 1162 mg/L a 1082 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes, una vez pasado los 90 minutos (PO-90) la concentración de Cr total pasó de tener 1082 mg/L a 1033 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes.

Venturi

Se muestran los resultados de la cantidad de cromo total reducido en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el dispositivo cavitante de Venturi, las cuales fueron analizadas por el laboratorio SGS.

Tabla 6. Resultados de remoción del cromo total para Venturi

Nº DE MUESTR A	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	TIEMPO (min)	Cr Total (mg/L)	Remoción (%)
1	V-0	31/05/2022	0	1191	0%
2	V-30	31/05/2022	30	1173	1.51%
3	V-60	31/05/2022	60	1115	6.38%
4	V-90	31/05/2022	90	1078	9.49%

En la tabla 6 se muestran 4 resultados correspondientes a las muestras que fueron enviadas al laboratorio, el procedimiento de cavitación hidrodinámica con Venturi se realizó por un periodo de 90 minutos dentro de los cuales cada 30 minutos se extraía 1.2L de muestra de agua residual para los análisis correspondientes. En la tabla 6, se puede identificar los códigos de cada muestra con sus respectivos tiempos en los cuales se extrajeron dichas muestras, en los primeros 30 minutos (V-30) el uso de Venturi tuvo una eficiencia de remoción de 1.51%, pasado 60 minutos (V-60) la remoción de contaminantes de Cr total tuvo una eficiencia de remoción de 6.38%, pasados los 90 minutos (V-90) la remoción de contaminantes de Cr total tuvo una eficiencia de remoción de 9.49%

En la figura 20, se representa gráficamente la disminución de la carga contaminante de Cr total a lo largo de los 90 minutos,

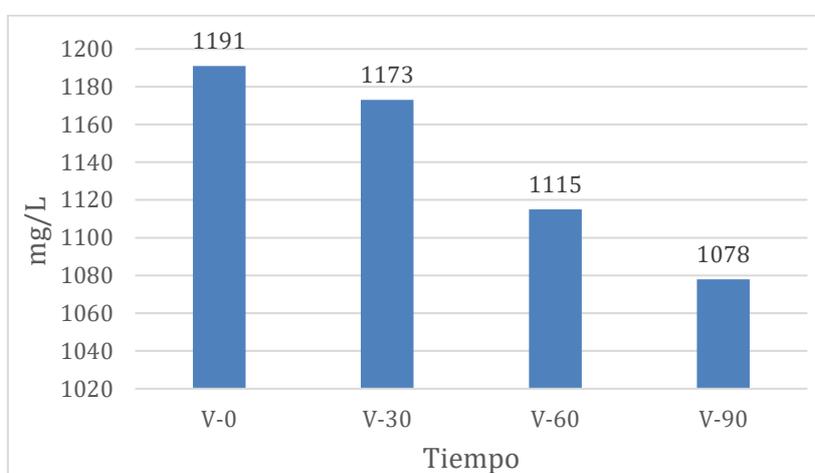


Figura 20. Resultados del cromo total para Venturi

Según lo indicado en la figura 20, se puede identificar que la concentración del Cr total estuvo disminuyendo a medida que iba pasando el tiempo. En los primeros 30 minutos (V-30) la muestra pasó de tener 1191 mg/L a 1173 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de Cr total en el agua residual, pasado 60 minutos (V-60) la concentración de Cr total pasó de tener 1173 mg/L a 1115 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes, una vez pasado los 90 minutos (V-90) la concentración de Cr total pasó de tener 1115 mg/L a 1078 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes.

Comparación de ambos dispositivos cavitantes

En la figura 21, se representa gráficamente la disminución de la carga contaminante de Cr total utilizando los 2 dispositivos cavitantes.

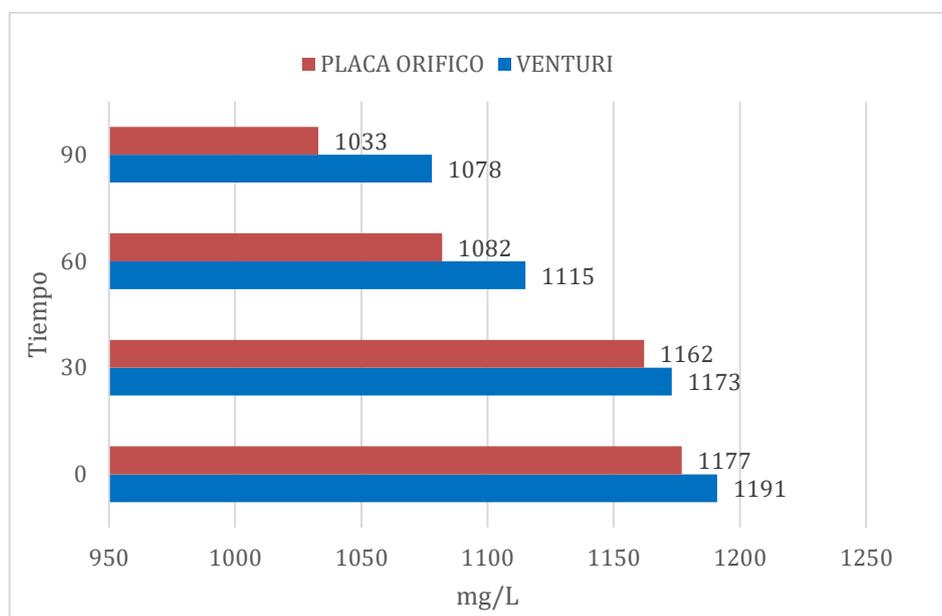


Figura 21. Resultados de la comparación del cromo total

En la figura 21 se puede identificar que en los 2 hubo una remoción de contaminantes de Cr, en los primeros 30 minutos el dispositivo de Venturi tuvo una remoción 1.51% mientras que el dispositivo de placa orificio tuvo una remoción de 1.27 %, en este sentido se evidencia que en los primeros 30 minutos fue más eficiente el dispositivo de Venturi. Una vez que pasaron 60 minutos se evidencia que hubo una remoción por parte de los 2 dispositivos cavitantes, para el dispositivo de Venturi el porcentaje de remoción que tuvo fue de 6,38%, mientras que para el dispositivo de placa orificio el porcentaje de remoción fue de 8.07%, esto quiere decir que pasados los 60 minutos el dispositivo de placa orificio fue más eficiente para remover los contaminantes de Cr a comparación con Venturi. Una vez que pasaron los 90 minutos se evidencia que se sigue teniendo remoción de contaminantes de Cr por parte de los 2 dispositivos cavitantes, el dispositivo de Venturi tuvo un porcentaje de remoción de 9.49%, por otro lado, el dispositivo de placa orificio tuvo un porcentaje de remoción de 12.23%, esto quiere decir que al

finalizar el proceso de cavitación hidrodinámica el dispositivo de placa orificio fue más eficiente. De manera general se evidenció que el dispositivo de placa orificio es más eficiente para remover contaminantes de Cr, ya que tuvo un mayor promedio de remoción, a lo largo de los 90 minutos de tratamiento, el dispositivo de Venturi tuvo un promedio de remoción de 5.79%, mientras que el dispositivo de placa orificio tuvo un promedio de remoción de 7.19% evidenciando que este tuvo mayor eficiencia.

Comparación de los VMA del Cromo total antes y después del método de cavitación hidrodinámica con el dispositivo cavitante de Venturi y Placa Orificio.

En la tabla 7, se hace una comparativa entre los resultados obtenidos entre la remoción de Cr total para ambos dispositivos cavitantes y los VMA.

Tabla 7. Comparación del Cromo total obtenido antes y después del tratamiento con los VMA (valores máximos admisibles) del Anexo 1 y 2 el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA

Parámetro	VMA	Dispositivos cavitantes			
		Tubo Venturi		Placa Orificio	
		Antes	Después	Antes	Después
Cromo total	10 mg/L	1191 mg/L	1078mg/L	1177 mg/L	1033 mg/L

Según lo identificado en la tabla 7 con respecto al Cromo total (Cr), se observa que los valores obtenidos para el dispositivo cavitante de Venturi inicialmente es de 1191 mg/L y para Placa Orificio de 1177 mg/L, luego de haber realizado el tratamiento presenta una disminución de 113 mg/L para Venturi y 144 mg/L para Placa Orificio, demostrando así que se encuentra en un rango mayor a los VMA.

Análisis inferencial

Tabla 8: Prueba de normalidad del Cromo total con el método Placa Orificio y Venturi

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cr_PLACA_ORIFICIO	,241	4	.	,935	4	,621
Cr_VENTURI	,241	4	.	,935	4	,621

Ho: La cantidad de cromo reducido es eficiente según los dispositivos cavitantes.

H1: La cantidad de cromo reducido no es eficiente según los dispositivos cavitantes.

Interpretación

Si $p < 0.05$, se rechaza HO

Si $p > 0.05$, no hay suficiente estadística para rechazar HO, es decir se acepta la HO y se rechaza la H1.

Se concluye que la prueba tiene distribución normal, acepta la HO y es paramétrica.

Tabla 9: Correlación de Pearson del método Venturi y Placa orificio

Correlaciones			
		VENTURI	PLACA_O
VENTURI	Correlación de Pearson	1	1,000**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	4	4
PLACA_O	Correlación de Pearson	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	4	4

Interpretación:

Como se observa en la tabla 9, se puede apreciar que se tiene una correlación muy buena positiva.

Tabla 10: Prueba T del método de Venturi y Placa Orificio

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
VENTURI	4	2,50	1,291	,645
PLACA_O	4	2,5000	1,29099	,64550

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
VENTURI	3,873	3	,030	2,500	,45	4,55
PLACA_O	3,873	3	,030	2,50000	,4457	4,5543

Interpretación:

Se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, debido a que el valor de t sale de la región de no rechazo.

Tabla 11: Prueba T de muestras del método de Venturi y Placa Orificio

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	VENTURI	2,50	4	1,291	,645
	CR_TOTAL_VENTURI	1139,25	4	52,143	26,072
Par 2	PLACA_O	2,5000	4	1,29099	,64550
	CR_TOTAL_PLACA_O	1113,50	4	67,963	33,982

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	VENTURI & CR_TOTAL_VENTURI	4	-,983	,017
Par 2	PLACA_O & CR_TOTAL_PLACA_O	4	-,973	,027

Interpretación:

se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

4.2. Resultados de parámetros fisicoquímicos reducidos en Venturi

Sólidos Suspendidos Totales

En la figura 22, se representa gráficamente la disminución de la carga contaminante de SST a lo largo de los 90 minutos.

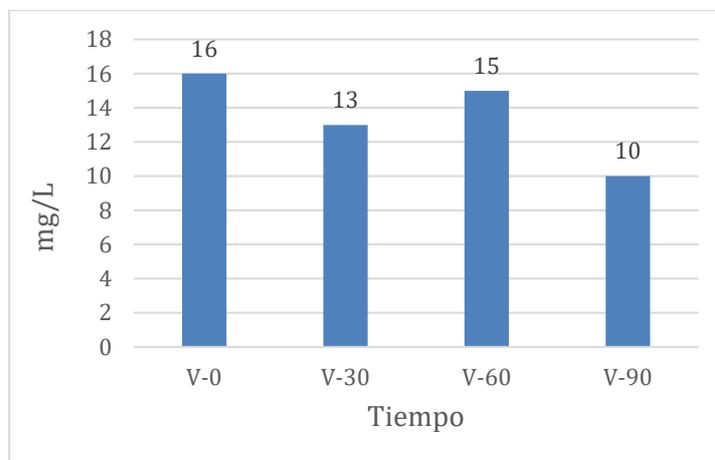


Figura 22. Resultados de los SST para Venturi

En la figura 22 se puede identificar que la concentración del SST estuvo disminuyendo a medida que iba pasando el tiempo. En los primeros 30 minutos (V-30) la muestra pasó de tener 16 mg/L a 13 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de SST en el agua residual, pasado 60 minutos (V-60) la concentración de SST pasó de tener 13 mg/L a 15 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes, una vez pasado los 90 minutos (V-90) la concentración de SST pasó de tener 15 mg/L a 10 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes.

Demanda química de oxígeno (DQO)

En la figura 23, se representa gráficamente la disminución de la carga contaminante de DQO a lo largo de los 90 minutos

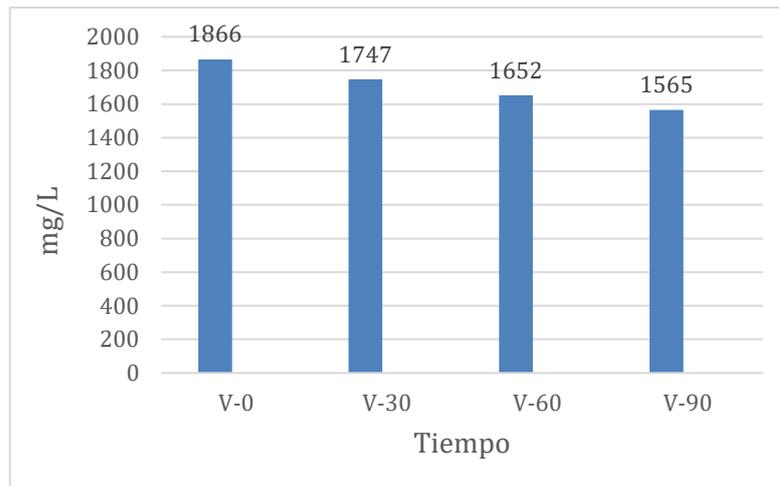


Figura 23. Resultados del DQO para Venturi

En la figura 23 se puede identificar que la concentración de DQO estuvo disminuyendo a medida que iba pasando el tiempo. En los primeros 30 minutos (V-30) la muestra pasó de tener 1866 mg/L a 1747 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de DQO en el agua residual, pasado 60 minutos (V-60) la concentración de DQO pasó de tener 1747 mg/L a 1652 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes, una vez pasado los 90 minutos (V-90) la concentración de DQO pasó de tener 1652 mg/L a 1565 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes.

Conductividad eléctrica

Para determinar la cantidad de conductividad eléctrica (C.E) se empleó un multiparámetro, las mediciones se realizaron de manera *in-situ* tal cual se muestra en la figura 24.

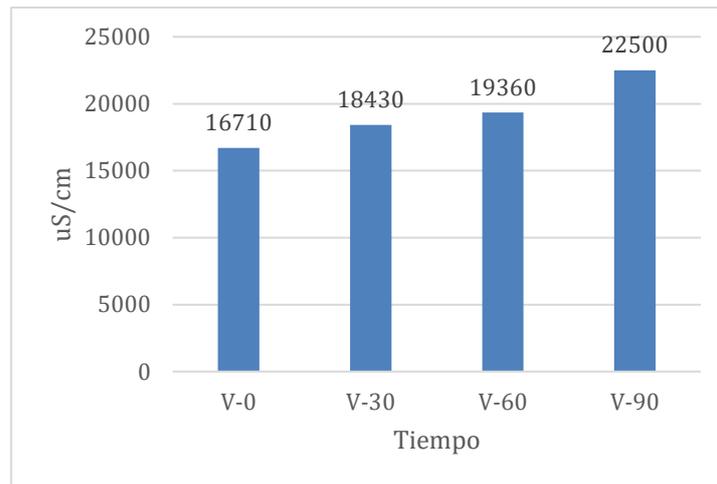


Figura 24. Resultados de la C.E. para Venturi

En la figura 24, se muestran 4 resultados correspondientes a las muestras analizadas, el procedimiento de cavitación hidrodinámica con Venturi se realizó por un periodo de 90 minutos dentro de los cuales cada 30 minutos se extraía 1.2L de muestra de agua residual para realizar las mediciones correspondientes. Inicialmente (V-0) la muestra de agua residual tuvo un valor de 16710 uS/cm, una vez que pasaron los primeros 30 minutos (V-30) se identificó que el valor de C.E aumentó, ya que pasó de tener 16710 uS/cm a 18430 uS/cm, una vez pasado 60 minutos (V-60), se identificó que el valor de C.E siguió aumentando ya que pasó de 18430 uS/cm a 19360 uS/cm, al terminar el procedimiento de cavitación hidrodinámica (V-90), el valor de C.E pasó de tener 19360 uS/cm a 22500 uS/cm, esto quiere decir que a lo largo de los 90 minutos hubo un incremento constante de C.E.

Medida de Acidez

Para determinar la cantidad de pH se empleó un multiparámetro, las mediciones se realizaron de manera *in-situ* tal cual se muestra en la figura 25.

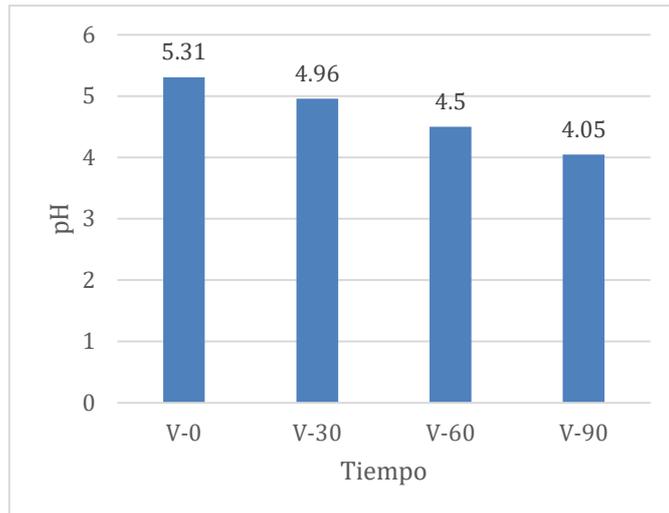


Figura 25. Resultados del pH para Venturi

En la figura 25 se muestran 4 resultados correspondientes a las muestras analizadas, el procedimiento de cavitación hidrodinámica con Venturi se realizó por un periodo de 90 minutos dentro de los cuales cada 30 minutos se extraía 1.2L de muestra de agua residual para realizar las mediciones correspondientes. Inicialmente (V-0) la muestra de agua residual tuvo un valor de 5.31, una vez que pasaron los primeros 30 minutos (V-30) se identificó que el valor de pH disminuyó, ya que pasó de tener 5.31 a 4.96, una vez pasado 60 minutos (V-60), se identificó que el valor de pH siguió disminuyendo ya que pasó de 4.96 a 4.5, al terminar el procedimiento de cavitación hidrodinámica (V-90), el valor de pH pasó de tener 4.5 a 4.05, esto quiere decir que a lo largo de los 90 minutos hubo una disminución constante de pH.

Comparación de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la tecnología de cavitación hidrodinámica con el dispositivo cavitante Venturi con los VMA (valores máximos admisibles) del anexo 1 y 2 el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA

En la tabla 12, se hace una comparativa entre los resultados obtenidos de SST, DQO, °T y pH y los VMA.

Tabla 12. Comparación de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento de Venturi con los VMA (valores máximos admisibles) del anexo 1 y 2 el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA

Parámetros Fisicoquímicos	VMA	Dispositivos cavitantes	
		Tubo Venturi	
		Antes	Después
SST	500 mg/L	16 mg/L	10 mg/L
DQO	1000 mg/L	1865.8 mg/L	1565 mg/L
T°	<35 °C	23,1°C	59,6°C
pH	6-9	5.31	4.05

En la tabla 12, se compara los valores de los parámetros fisicoquímicos obtenidos antes y después de la tecnología de cavitación hidrodinámica con Venturi, y los valores máximos admisibles (VMA) para descargas a la alcantarilla dispuestos en el Anexo 1 y 2 el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos analizados, observamos que los Sólidos Suspendidos Totales (SST) antes y después de la tecnología de cavitación hidrodinámica con el tubo Venturi si se encuentra dentro de los VMA establecidos.

Para la Demanda Química de Oxígeno (DQO) analizada antes de la tecnología de cavitación hidrodinámica con el tubo Venturi excede en 865.8 mg/L y para después del tratamiento se presenta una reducción del 300.8 mg/L en comparación con el antes; evidenciando que aun luego de haber recibido el tratamiento sigue presentando un exceso de 565 mg/L con respecto al VMA.

Con respecto a la Temperatura (T°), antes de realizar el tratamiento se tiene una temperatura de 23.1°C menor que el VMA y después de realizar la tecnología de cavitación hidrodinámica con el tubo Venturi se obtiene una temperatura de 59.6°C presentando un exceso de 24.6°C en comparación con el VMA.

Para el potencial de hidrogeno (pH), observamos que el valor obtenido antes del realizar el tratamiento es de 5.31 menor que los VMA, luego de pasar por la tecnología de cavitación hidrodinámica con tubo Venturi presenta una disminución, resultando 4.05; sin embargo, no se encuentra dentro de los rangos de los VMA.

4.3. Resultados de parámetros fisicoquímicos reducidos en Placa Orificio

Sólidos suspendidos totales

En la figura 26, se representa gráficamente la disminución de la carga contaminante de SST a lo largo de los 90 minutos.

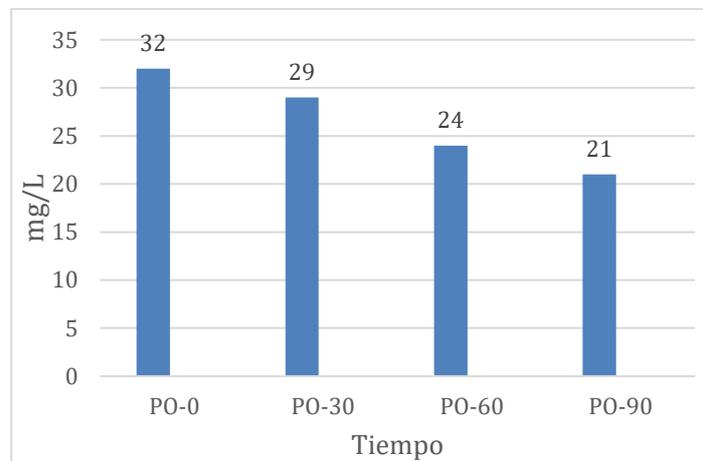


Figura 26. Resultados de SST para Placa orificio

En la figura 26 se puede identificar que la concentración del SST estuvo disminuyendo a medida que iba pasando el tiempo. En los primeros 30 minutos (PO-30) la muestra pasó de tener 32 mg/L a 29 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de SST en el agua residual, pasado 60 minutos (PO-60) la concentración de SST pasó de tener 29 mg/L a 24 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes, una vez pasado los 90 minutos (PO-90) la concentración de SST pasó de tener 24 mg/L a 21 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes.

Demanda química de oxígeno

En la figura 27, se representa gráficamente la disminución de la carga contaminante de DQO a lo largo de los 90 minutos.

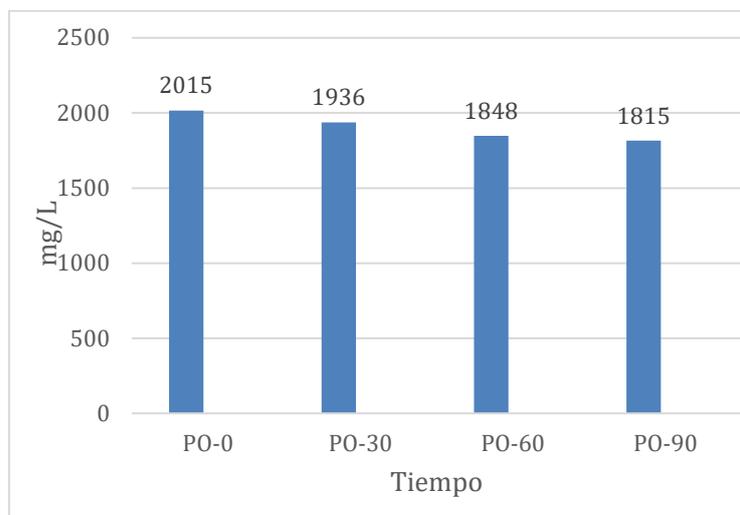


Figura 27. Resultados del DQO para Placa orificio

En la figura 27 se puede identificar que la concentración de DQO estuvo disminuyendo a medida que iba pasando el tiempo. En los primeros 30 minutos (PO-30) la muestra pasó de tener 2015 mg/L a 1936 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de DQO en el agua residual, pasado 60 minutos (PO-60) la concentración de DQO pasó de tener 1936 mg/L a 1848 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes, una vez pasado los 90 minutos (PO-90) la concentración de DQO pasó de tener 1848 mg/L a 1815 mg/L, esto quiere decir que hubo una remoción de contaminantes.

Conductividad eléctrica

Para determinar la cantidad de conductividad eléctrica (C.E) se empleó un multiparámetro, las mediciones se realizaron de manera *in-situ*, tal cual se muestra en la figura 28.

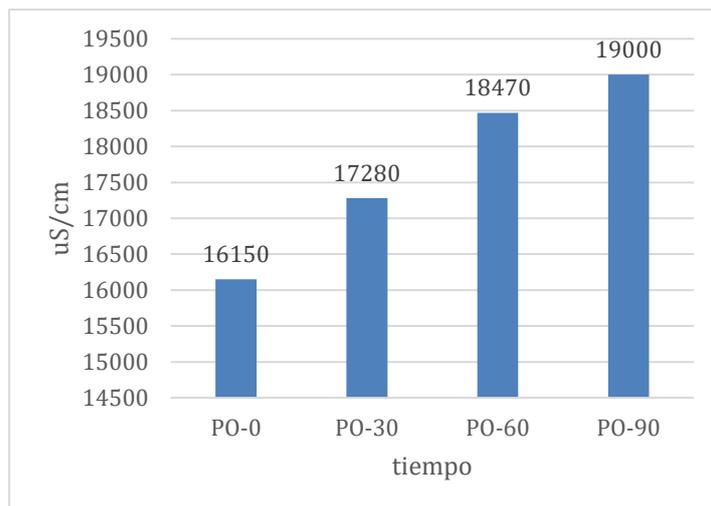


Figura 28. Resultados de la C.E. para Placa orificio

En el gráfico 28 se muestran 4 resultados correspondientes a las muestras analizadas, el procedimiento de cavitación hidrodinámica con placa orificio se realizó por un periodo de 90 minutos dentro de los cuales cada 30 minutos se extraía 1.2L de muestra de agua residual para realizar las mediciones correspondientes. Inicialmente (PO-0) la muestra de agua residual tuvo un valor de 16150 uS/cm, una vez que pasaron los primeros 30 minutos (PO-30) se identificó que el valor de C.E aumentó, ya que pasó de tener 16150 uS/cm a 17280 uS/cm, una vez pasado 60 minutos (PO-60), se identificó que el valor de C.E siguió aumentando ya que pasó de 17280 uS/cm a 18470 uS/cm, al terminar el procedimiento de cavitación hidrodinámica (PO-90), el valor de C.E pasó de tener 18470 uS/cm a 19000 uS/cm, esto quiere decir que a lo largo de los 90 minutos hubo un incremento constante de C.E.

Medida de acidez

Para determinar la cantidad de pH se empleó un multiparámetro, las mediciones se realizaron de manera *in-situ*, tal cual se muestra en la figura 29.

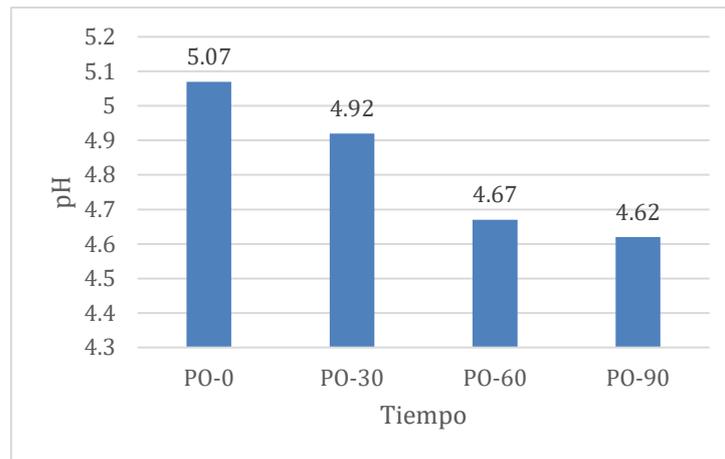


Figura 29. Resultados del pH para Placa orificio

En la figura 29 se muestran 4 resultados correspondientes a las muestras analizadas, el procedimiento de cavitación hidrodinámica con Venturi se realizó por un periodo de 90 minutos dentro de los cuales cada 30 minutos se extraía 1.2L de muestra de agua residual para realizar las mediciones correspondientes. Inicialmente (PO-0) la muestra de agua residual tuvo un valor de 5.07, una vez que pasaron los primeros 30 minutos (PO-30) se identificó que el valor de pH disminuyó, ya que pasó de tener 5.07 a 4.92, una vez pasado 60 minutos (PO-60), se identificó que el valor de pH siguió disminuyendo ya que pasó de 4.92 a 4.67, al terminar el procedimiento de cavitación hidrodinámica (PO-90), el valor de pH pasó de tener 4.67 a 4.62, esto quiere decir que a lo largo de los 90 minutos hubo una disminución constante de pH.

Comparación de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la tecnología de cavitación hidrodinámica con el dispositivo cavitante Placa Orificio con los VMA (valores máximos admisibles) del anexo 1 y 2 el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA

En la tabla 13, se hace una comparativa entre los resultados obtenidos de SST, DQO, °T y pH y los VMA.

Tabla 13. Comparación de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento de placa orificio con los VMA (valores máximos admisibles) del anexo 1 y 2 el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA

Parámetros	VMA	Dispositivos cavitantes	
		Placa Orificio	
		Antes	Después
SST	500 mg/L	32 mg/L	21 mg/L
DQO	1000 mg/L	2015 mg/L	1815 mg/L
T°	<35 °C	22,9°C	54,2°C
pH	6-9	5.07	4.62

En la tabla 13, se compara los valores de los parámetros fisicoquímicos obtenidos antes y después de la tecnología de cavitación hidrodinámica con Placa Orificio, y los valores máximos admisibles (VMA) para descargas a la alcantarilla dispuestos en el Anexo 1 y 2 el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos analizados, observamos que los Sólidos Suspendidos Totales (SST) antes y después de la tecnología de cavitación hidrodinámica con el tubo Venturi se encuentra dentro de los VMA establecidos.

Para la Demanda Química de Oxígeno(DQO) analizada antes de la tecnología de cavitación hidrodinámica con el tubo Venturi excede en 1015 mg/L y para después del tratamiento se presenta una reducción del 200 mg/L en comparación con el antes; evidenciando que aun luego de haber recibido el tratamiento sigue presentando un exceso de 815 mg/L con respecto al VMA.

Con respecto a la Temperatura (T°), antes de realizar el tratamiento se tiene una temperatura de 22.9°C menor que el VMA y después de realizar la tecnología de cavitación hidrodinámica con el tubo Venturi se obtiene una temperatura de 54.2°C presentando un exceso de 19.2°C en comparación con el VMA.

Para el potencial de hidrogeno (pH), observamos que el valor obtenido antes del realizar el tratamiento es de 5.07 menor que los VMA, luego de pasar por la tecnología de cavitación hidrodinámica con tubo Venturi presenta una disminución, resultando 4.62; sin embargo, no se encuentra dentro de los rangos de los VMA.

4.4. Determinar la eficiencia de remoción del cromo a condiciones de operación de 8 bares para Venturi

A lo largo de los 90 minutos que duró el procedimiento de cavitación hidrodinámica utilizando Venturi como dispositivo cavitante, se identificó que los indicadores iban variando a lo largo del tiempo.

Tabla 14. Resultados de las condiciones de operación para Venturi

Nº DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	TIEMPO (min)	PRESIÓN (bar)	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (L/min)
1	V-0	31/05/2022	0	8	23,1	72
2	V-30	31/05/2022	30	8,5	37,3	77
3	V-60	31/05/2022	60	8,7	49,5	84
4	V-90	31/05/2022	90	9	59,6	90

En la tabla 14, se verifica que la temperatura iba aumentando mientras iba pasando los 90 minutos, esto debido a que a lo largo del tratamiento se iban eliminando los contaminantes presentes en el agua, lo cual ocasiona que la temperatura incrementa, mientras que el agua pasaba por la garganta de Venturi se generaba una mayor fricción, al generarse esta fricción, también hacía que la temperatura del agua se incremente, inicialmente (V-0) el agua residual tuvo una temperatura de 23.1 °C y al finalizar el tratamiento (V-90) llegó a una temperatura de 59.6 °C. Esto quiere decir que la relación que existe entre la temperatura y el tiempo del tratamiento es directamente proporcional, ya que los 2 indicadores aumentan al mismo tiempo.

En la tabla 14, también se identifica que a lo largo de los 90 minutos el caudal iba aumentando, inicialmente (V-0) el tratamiento tuvo una caudal de 72 L/min y a

medida que avanzaba el procedimiento de cavitación hidrodinámica el caudal se iba incrementando, una vez cumplido los 90 minutos (V-90), el caudal final fue de 90 L/min, esto indica que existe una relación directamente proporcional entre el caudal y el tiempo.

Con respecto al indicador de presión también se pudo identificar que a lo largo de los 90 minutos estuvo incrementando, inicialmente (V-0), el tratamiento tuvo una presión de 8 bares, una vez pasado los 90 minutos (V-90) se identificó que la presión terminó en 9 bares, esto quiere decir que a lo largo del procedimiento de cavitación hidrodinámica hubo un incremento, se evidencia que hay una relación directamente proporcional entre la presión y el tiempo. De manera general se pudo evidenciar que a medida que iba pasando el tiempo los indicadores iban aumentando, esto quiere decir que la temperatura guarda una relación directamente proporcional con los demás indicadores.

4.5. Determinar la eficiencia de remoción del cromo a condiciones de operación de 8 bares para Placa Orificio

A lo largo de los 90 minutos que duró el procedimiento de cavitación hidrodinámica utilizando placa orificio como dispositivo cavitante, se identificó que los indicadores iban variando a lo largo del tiempo.

Tabla 15. Resultados de las condiciones de operación para Placa orificio

Nº DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	TIEMPO (min)	PRESIÓN (bar)	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (L/min)
1	PO-0	31/05/2022	0	8	22,9	75
2	PO-30	31/05/2022	30	8,4	37,3	80
3	PO-60	31/05/2022	60	8,7	47,7	85
4	PO-90	31/05/2022	90	8,9	54,2	90

En la tabla 15, se verifica que la temperatura iba aumentando mientras iba pasando los 90 minutos, esto debido a que a lo largo del tratamiento se iban eliminando los contaminantes presentes en el agua, lo cual ocasiona que la temperatura incrementa, mientras el agua recirculada más veces por los distintos

orificios que tiene este dispositivo cavitante, esto generaba una mayor fricción, al generarse esta fricción, también hacía que la temperatura del agua se incrementa, inicialmente (PO-0) el agua residual tuvo una temperatura de 22.9 °C y al finalizar el tratamiento (PO-90) llegó a una temperatura de 54.2 °C. Esto quiere decir que la relación que existe entre la temperatura y el tiempo del tratamiento es directamente proporcional, ya que los 2 indicadores aumentan al mismo tiempo.

En la tabla 15, también se identifica que a lo largo de los 90 minutos el caudal iba aumentando, inicialmente (PO-0) el tratamiento tuvo una caudal de 75 L/min y a medida que avanzaba el procedimiento de cavitación hidrodinámica el caudal se iba incrementando, una vez cumplido los 90 minutos (PO-90), el caudal final fue de 90 L/min, esto indica que existe una relación directamente proporcional entre el caudal y el tiempo.

Con respecto al indicador de presión también se pudo identificar que a lo largo de los 90 minutos estuvo incrementando, inicialmente (PO-0), el tratamiento tuvo una presión de 8 bares, una vez pasado los 90 minutos (PO-90) se identificó que la presión terminó en 8, 9 bares, esto quiere decir que a lo largo del procedimiento de cavitación hidrodinámica hubo un incremento, se evidencia que hay una relación directamente proporcional entre la presión y el tiempo. De manera general se pudo evidenciar que a medida que iba pasando el tiempo los indicadores iban aumentando, esto quiere decir que la temperatura guarda una relación directamente proporcional con los demás indicadores.

V.DISCUSIÓN

La investigación realizada tuvo como objetivo determinar la cantidad de Cromo reducido en los efluentes de la industria curtiembre, por medio de la tecnología de cavitación hidrodinámica para el tratamiento de efluentes residuales de la industria curtiembre utilizando dos dispositivos cavitantes como son el tubo Venturi y placa orificio ,realizando así una comparación de ambos dispositivos y observar qué dispositivo nos arroja un mayor grado de reducción del cromo .Asimismo propusimos determinar los contaminantes que se reducen en los efluentes de la industria curtiembre comparando ambos métodos de placa orificio y tubo Venturi ;y también el de determinar las condiciones de operación en que la tecnología de cavitación hidrodinámica nos resulta más eficiente para el tratamiento de los efluentes residuales industriales.

La cavitación hidrodinámica es una tecnología que resultó eficiente en cuanto a la reducción del DQO, debido a que con el dispositivo cavitante de Venturi arrojó inicialmente un DQO de 1866 mg/L, finalizando así con un 1565 mg/L con una eficiencia de 16.13% y para placa orificio presentando un DQO inicial de 2015 mg/L, terminando en 1815 mg/L y cuenta con una eficiencia del 9.93% durante los 90 minutos que duró el tratamiento. También se puede comparar con la investigación de Joshi, S. Y Gogate,P. (2019), quienes obtuvieron como resultado un 6% de remoción dentro de un tiempo de 180 minutos a una presión de 6 bares ;sin embargo ellos emplearon una combinación de tecnologías (cavitación hidrodinámica más peróxido de hidrógeno)presentando así un 8,5% de reducción del DQO .Asimismo ,Wang,J. et al (2020) quienes solo por medio de cavitación hidrodinámica obtuvieron una eficiencia del 36% del DQO durante un tiempo de 180 minutos resultando así tener un mayor grado de reducción debido al mayor tiempo por el cual se trató el efluente residual. Resultados que al compararlos con los de Das, S., Bhat, A. y Gogate, P. (2021) quienes emplearon la misma tecnología con ambos dispositivos cavitantes teniendo como resultado un 26% de eficiencia para el DQO en cuanto a Venturi y un 22% de eficiencia del DQO para placa orificio durante el lapso de tiempo de 120 minutos, ello a causa de que el tratamiento de la cavitación hidrodinámica se realizó por 30 minutos más a diferencia de la presente investigación

En el presente estudio se utilizó el método de cavitación hidrodinámica para determinar la eficiencia de la reducción del cromo total en la muestra residual de curtiembre con diferentes dispositivos cavitantes, ya que para Venturi presenta un cromo inicial de 1191 mg/L y se logró bajar a 1078 mg/L, teniendo un porcentaje de disminución del 9.49%, a diferencia del dispositivo cavitante de placa orificio se obtuvo un cromo inicial de 1177 mg/L y se logró disminuir a 1033 mg/L, debido a ello se presentó un 12.23% de reducción. De acuerdo a lo ya expuesto por Hewage, S. Batagoda, J. y Meegoda, J. (2021) nos menciona que la mayoría de los cuerpos hídricos presentan contaminantes con un grave riesgo para la salud y daños ambientales, es por ello que los autores utilizan la tecnología de cavitación hidrodinámica en combinación con O₃ durante un tiempo de 240 minutos y obteniendo como resultado el mayor grado de eficiencia de eliminación de Cromo del 87,2%, esto es debido a disposición de agentes oxidantes.

Uno de los parámetros analizados fue los sólidos suspendidos totales obteniendo como resultado inicial antes de realizar el tratamiento de cavitación hidrodinámica con Venturi y Placa orificio son 16 mg/L y 32 mg/L respectivamente y pasado los 90 minutos que dura el tratamiento se tiene como resultado final para Venturi 10 mg/L y para Placa Orificio 21 mg/L, presentando una remoción del 16.13% para Venturi y de 9.93% para Placa Orificio. Estos resultados al ser comparados con los de Saxena, S., Saharan, V. y George, S. (2018) quienes tuvieron una reducción del 34,82% solo utilizando la tecnología de cavitación hidrodinámica durante un tiempo de 120 minutos. SHIVENDU, S; et al (2018) presentó resultados de remoción de SST del 73,4% durante el lapso de 150 minutos del tratamiento; evidenciando así que la última investigación obtuvo un mejor resultado para el indicador analizado, debido a que durante más tiempo.

Las condiciones de operación obtenidas mediante el método de cavitación hidrodinámica para el dispositivo cavitante de Placa Orificio teniendo una presión inicial de 8 bar y una presión final de 8,9 bar, empezando con un caudal de 75 L/min y acabando en un caudal de 90 L/min, resultando con temperatura final de 54,2 °C por 90 minutos y con un grado eficiencia del 7.19%, en cuanto para el tubo Venturi se presenta una presión inicial de 8 bar y una final de 9 bar, teniendo un caudal de 72 L/min sin haber realizado el tratamiento y finalizando con 90 L/min

,llegando a tener una temperatura de 59,6 °C y con un grado eficiencia del 7.19% durante el mismo tiempo de operación .Flores. E. y Cevallos. (2018) en cuanto al análisis realizado con el dispositivo cavitante se trabajó con diferentes presiones teniendo una presión inicial de 2 bar obteniendo una eficiencia del 72,8% y una presión final de 3 bar resultando así una eficiencia del 99,5% durante el tiempo de 65 minutos, se puede resaltar que la eficiencia del estudio mencionado resulta mayor que al de la presente investigación, debido a que se trabajó con un efluente residual con una baja salinidad a un volumen de 15L y a diferentes presiones.

En el caso del pH se evidencio una disminución de este parámetro, alcanzando una temperatura de 41.8°C por 90 minutos y cuenta con un pH final de 4.62 siendo este resultado con el dispositivo cavitante de Placa Orificio y en cuanto Venturi se obtuvo un pH final de 4.05 a 51.08°C durante el mismo tiempo de operación. Para Saxena, S. et al. (2018) inicialmente se encontró un pH inicial de 12 y luego de haber realizado el tratamiento se obtuvo un pH final de 7 por 90 minutos; es decir el pH tiende a bajar debido a que esto es lo que realiza la cavitación hidrodinámica genera una gran cantidad de iones de hidrógeno para lograr una reducción del pH.

Para 90 minutos de la aplicación del tratamiento con un volumen de 32 L del agua residual industrial de curtiembre analizado y en comparación de dos dispositivos cavitantes se obtuvieron los indicadores de Cromo total, SST y DQO ,ya que para Venturi resultaron con una eficiencia de 5.79%,20.83% y 11.33% respectivamente y en cuanto para Placa Orificio 7.29%,22.92% y 7.38% en el mismo orden; y al ser comparadas con el estudio realizado por Saxena,S.,Sahariana,V. y George,S.(2018) al realizar la cavitación hidrodinámica se obtuvo una eficiencia del DQO de 14,46% ,para los SST 34,82% durante 120 minutos ,por lo que los resultados de los autores en mención resultan ser mejores debido a que pasó por un mayor tiempo en el prototipo en comparación con el estudio realizado. De acuerdo al artículo de Nieto et al. (2021) aplicando el método de cavitación hidrodinámica presenta una reducción del 23,95% de pH,82.82% de SST,63.05% de DQO teniendo una duración de 60 el tratamiento. Cabe resaltar que Nieto realizo su estudio con efluentes de la industria textil; sin embargo, afirma

que la cavitación hidrodinámica es un método eficiente y sobre todo con un bajo costo.

Para la conductividad eléctrica, debido a la tecnología de cavitación hidrodinámica se ve relacionada directamente con la temperatura, ya que durante los 90 minutos que dura el tratamiento se ve un aumento, para ello se logra identificar una C.E. final de Venturi 22500 uS/cm y para Placa orificio de 19000 uS/cm terminando ambos dispositivos con altas temperaturas. Para Tafur, L. (2019) nos afirma que a mayor tiempo que se ejerce el tratamiento de la cavitación hidrodinámica el indicador presenta una elevación; es decir, la estabilidad que tiene este parámetro depende de la temperatura en la que se trabaje contando inicialmente con una C.E. de 2637 uS/cm y luego de haberse realizado el tratamiento se llegó a obtener 5305 uS/cm evidenciando el aumento esperado.

VI.CONCLUSIONES

Se evidenció que la cavitación hidrodinámica con ambos dispositivos cavitantes fue eficiente para la reducción de cromo total en los efluentes de la industria curtiembre, resultando 5.79% para Venturi y 7.19% para placa orificio, siendo este último el más eficiente.

Los parámetros fisicoquímicos de Venturi presentaron una reducción de 6 mg/L de SST debido a que inicialmente tuvo una concentración 16 mg/L y posteriormente se redujo a 10 mg/L. DQO tuvo una reducción de 301 mg/L debido a que inicialmente tuvo una concentración de 1866 mg/L y posteriormente se redujo a 1565 mg/L y el pH pasó de tener 5.07 a 4.62 presentando una reducción de 1.26 de pH, a diferencia de la C.E. la cual aumentó en 5790 uS/cm debido a que inicialmente tuvo una concentración de 16710 uS/cm y posteriormente aumentó a 22500 uS/cm, evidenciando la remoción de los contaminantes.

Los parámetros fisicoquímicos de Placa Orificio presentaron una reducción de 11 mg/L de SST debido a que inicialmente tuvo una concentración 32 mg/L y posteriormente se redujo a 21 mg/L. DQO tuvo una reducción de 200 mg/L debido a que inicialmente tuvo una concentración de 2015 mg/L y posteriormente se redujo a 1815 mg/L y el pH pasó de tener 5.07 a 4.62 presentando una reducción de 0.45 de pH, a diferencia de la C.E. la cual aumentó en 2850 uS/cm debido a que inicialmente tuvo una concentración de 16150 uS/cm y posteriormente aumentó a 19000 uS/cm, demostrando una remoción de los contaminantes.

Se determinó que la temperatura juega un papel muy importante ya que este indicador tiene una relación directamente proporcional con la presión, temperatura y caudal, ya que a medida que la temperatura incrementaba también lo hacían los otros indicadores lo que indica una eficiente remoción de contaminantes.

Se evidenció que la temperatura juega un papel importante para la remoción de contaminantes ya que este indicador tiene una influencia directamente proporcional con los demás indicadores como temperatura, caudal y presión.

El dispositivo cavitante de placa orificio tuvo una mayor eficiencia debido a sus dimensiones, ya que es más pequeño que Venturi. Placa orificio al ser más pequeño se generan menos cavidades pero todas implosionan, a diferencia de Venturi que al tener mayores dimensiones generan más cavidades pero no todas implosionan.

VII.RECOMENDACIONES

Trabajar con curtiembres locales, ya que las de provincia utilizan grandes cantidades de sales para la preservación de las pieles.

Utilizar el sistema de enfriamiento, debido a que el prototipo tiende a elevar su temperatura interfiriendo así en el tratamiento de cavitación hidrodinámica.

Examinar la salinidad antes de realizar el tratamiento, debido a que, si presenta una salinidad muy alta, generará inconvenientes.

Realizar un enjuague al prototipo antes de empezar el tratamiento, para evitar alteraciones en el análisis.

REFERENCIAS

ABRAMOV, Vladimir O., et al. Flow-mode water treatment under simultaneous hydrodynamic cavitation and plasma. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2021, vol. 70, p. 105323. DOI 10.1016/j.ultsonch.2020.105323. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105323>

AGUDELO-VALENCIA, Rafael Nikolay, et al. Remoção de sulfetos presentes nas águas residuárias do processo de curtimento por cavitação hidrodinâmica. *Revista Ion*, 2019, vol. 32, no 1, p. 21-33. DOI 10.18273/revion.v32n1-2019002.

AHMED, Menatalla, et al. Recent developments in hazardous pollutants removal from wastewater and water reuse within a circular economy. *npj Clean Water*, 2022, vol. 5, no 1, p. 1-25.

BADMUS, Kassim O., et al. Synergistic advance Fenton oxidation and hydrodynamic cavitation treatment of persistent organic dyes in textile wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2020, vol. 8, no 2, p. 103521..DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103521>

BHAT, Akash P.; GOGATE, Parag R. Cavitation-based pre-treatment of wastewater and waste sludge for improvement in the performance of biological processes: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 2, p. 104743.. DOI 10.1016/j.jece.2020.104743. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104743>

BHUKYA, Jithender, et al. Orifice based hydrodynamic cavitation of sugarcane juice: Changes in Physico-chemical parameters and Microbiological load. *LWT*, 2021, vol. 150, p. 111909.. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111909>

DAS, Subhamita; BHAT, Akash P.; GOGATE, Parag R. Degradation of dyes using hydrodynamic cavitation: Process overview and cost estimation. *Journal of Water Process Engineering*, 2021, vol. 42, p. 102126.. DOI 10.1016/j.jwpe.2021.102126.

DECRETO SUPREMO N°010-2019-VIVIENDA, por medio del cual expide que aprueba el reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para la descarga de aguas residuales no doméstica en el sistema de alcantarillado sanitario. 2019. Perú

FLORES, Esteban Fernando Lafuente; CEVALLOS, Héctor André López. Desinfección bacteriana de aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica a

través de un tubo Venturi. En Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE. 2018. Disponible en <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/808>

GE, Mingming, et al. Cavitation dynamics and thermodynamic effects at elevated temperatures in a small Venturi channel. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2021, vol. 170, p. 120970.. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.120970>

GIUSEPPE, Mancuso. A critical review of the current technologies in wastewater treatment plants by using hydrodynamic cavitation process: Basic principles. *Applied Chemical Engineering*, 2019. DOI 10.24294/ace.v0i0.1096.

MACASSI ALLASI, Giuliana Cecilia. Comportamiento del sistema de nanoburbujeo en el tratamiento para reducir los niveles de contaminación de aguas residuales domésticas de la provincia de Concepción. 2017.. Available from: http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3358/SolanoCcanto_opt.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HILARES, Ruly Terán, et al. Promising physicochemical technologies for poultry slaughterhouse wastewater treatment: A critical review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 2, p. 105174. DOI 10.1016/j.jece.2021.105174

HEWAGE, Shaini Aluthgun; BATAGODA, Janitha H.; MEEGODA, Jay N. Remediation of contaminated sediments containing both organic and inorganic chemicals using ultrasound and ozone nanobubbles. *Environmental Pollution*, 2021, vol. 274, p. 116538.. DOI 10.1016/j.envpol.2021.116538. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116538>

JACOME-PILCO, Carlos, et al. Microalgas en el tratamiento de aguas residuales generadas en industrias de curtiembres. *Ciencia y Tecnología*, 2021, vol. 14, no 2, p. 47-55. DOI: <https://doi.org/10.18779/cyt.v14i2.502>

JAWALE, Rajashree H.; GOGATE, Parag R. Novel approaches based on hydrodynamic cavitation for treatment of wastewater containing potassium thiocyanate. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2019, vol. 52, p. 214-223. DOI 10.1016/j.ultsonch.2018.11.019.

JOSÉ, Carrasquero-Ferrer Sedolfo, et al. Monitoreo de la remoción biológica de nitrógeno en efluentes de tenerías usando un reactor por carga secuencial. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 2014, vol. 15, no 2, p. 287-298.. DOI 10.1016/s1405-7743(14)72217-6. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)72217-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1405-7743(14)72217-6)

JOSHI, Saurabh M.; GOGATE, Parag R. Intensification of industrial wastewater treatment using hydrodynamic cavitation combined with advanced oxidation at operating capacity of 70 L. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2019, vol. 52, p. 375-381.. DOI 10.1016/j.ultsonch.2018.12.016. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.12.016>

LAZO CUENTAS, Estefanía Alejandra. Evaluación de la contaminación ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del parque industrial de Rio Seco, Arequipa. 2017. Disponible en :<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2413>

MARTÍNEZ, Juan Alberto Domínguez. La Cavitación Hidrodinámica. *Anuario Ciencia en la UNAH*, 2018, vol. 16, no 1. Disponible en: <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/ACUNAH/article/view/1008>

MONTUSIEWICZ, Agnieszka, et al. Hydrodynamic cavitation of brewery spent grain diluted by wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 2017, vol. 313, p. 946-956.. DOI 10.1016/j.cej.2016.10.132.

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 2019.2019. Disponible en : <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46661>

PARBAT, Sohan A.; BHANVASE, Bharat A.; SONAWANE, Shirish H. Investigation on liquid emulsion membrane (LEM) prepared with hydrodynamic cavitation process for cobalt (II) extraction from wastewater. *Separation and Purification Technology*, 2020, vol. 237, p. 116385.. DOI 10.1016/j.seppur.2019.116385. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116385>

PATIL, Abhijeet Dilip; BARAL, Saroj Sundar. Process intensification of thumbea methyl ester (Biodiesel) production using hydrodynamic cavitation. *Chemical Engineering Research and Design*, 2021, vol. 171, p. 277-292.. DOI 10.1016/j.cherd.2021.05.007. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2021.05.007>

PATIL, Pravin B.; BHANDARI, Vinay M.; RANADE, Vivek V. Improving efficiency for removal of ammoniacal nitrogen from wastewaters using hydrodynamic cavitation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2021, vol. 70, p. 105306.. DOI 10.1016/j.ultsonch.2020.105306. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105306>

PATIL, Pravin B.; BHANDARI, Vinay M.; RANADE, Vivek V. Wastewater treatment and process intensification for degradation of solvents using hydrodynamic

cavitation. Chemical Engineering and Processing-Process Intensification, 2021, vol. 166, p. 108485.. DOI 10.1016/j.cep.2021.108485. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2021.108485>

POURKARIMI, Z., et al. Proving the existence of nanobubbles produced by hydrodynamic cavitation and their significant effects in powder flotation. Advanced Powder Technology, 2021, vol. 32, no 5, p. 1810-1818. DOI 10.1016/j.appt.2021.03.039. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.03.039>

SAXENA, Shivendu; SAHARAN, Virendra Kumar; GEORGE, Suja. Enhanced synergistic degradation efficiency using hybrid hydrodynamic cavitation for treatment of tannery waste effluent. Journal of Cleaner Production, 2018, vol. 198, p. 1406-1421..DOI 10.1016/j.jclepro.2018.07.135. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.135>

SAXENA, Shivendu, et al. An advanced pretreatment strategy involving hydrodynamic and acoustic cavitation along with alum coagulation for the mineralization and biodegradability enhancement of tannery waste effluent. Ultrasonics Sonochemistry, 2018, vol. 44, p. 299-309.. DOI 10.1016/j.ultsonch.2018.02.035.

SAXENA, Shivendu; SAHARAN, Virendra Kumar; GEORGE, Suja. Modeling & simulation studies on batch anaerobic digestion of hydrodynamically cavitated tannery waste effluent for higher biogas yield. Ultrasonics Sonochemistry, 2019, vol. 58, p. 104692. DOI 10.1016/j.ultsonch.2019.104692. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019>.

SILVA, María José; SALINAS MORALES, Diego. La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana. Revista Científica UISRAEL, 2022, vol. 9, no 1, p. 69-80.DOI: <https://doi.org/10.35290/rcui.v9n1.2022.427>

SONG, Yongxing, et al. Hydrodynamic cavitation as an efficient water treatment method for various sewage-A review. Water Science and Technology, 2022. available from: <https://doi.org/10.2166/wst.2022.201>

SUN, Xun, et al. Experimental and numerical studies on the cavitation in an advanced rotational hydrodynamic cavitation reactor for water treatment. Ultrasonics sonochemistry, 2021, vol. 70, p. 105311.. DOI 10.1016/j.ultsonch.2020.105311

TAFUR RIVERA, Lorena. Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019. 2019..Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48454/Tafur_RL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

THANEKAR, Pooja; GOGATE, Parag. Application of hydrodynamic cavitation reactors for treatment of wastewater containing organic pollutants: intensification using hybrid approaches. *Fluids*, 2018, vol. 3, no 4, p. 98. DOI :10.3390/fluids3040098.

TAŞDEMİR, Atila, et al. Investigation of ammonia stripping with a hydrodynamic cavitation reactor. *Ultrasonics sonochemistry*, 2020, vol. 60, p. 104741.. DOI 10.1016/j.ultsonch.2019.104741

VELA CARRILLO, Alina Zairén. Estudios orientados para el desarrollo de una tecnología de cavitación-electro-fentón de tratamiento de aguas, 2019. Disponible en: <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/432/1/TESIS%20ALINA%20ZAIREN%20VELA%20CARRILLO%202019.%20MAE%20a.pdf>

KHAJEH, Mahsa, et al. Synergetic degradation of atenolol by hydrodynamic cavitation coupled with sodium persulfate as zero-waste discharge process: Effect of coexisting anions. *Chemical Engineering Journal*, 2021, vol. 416, p. 129163.. DOI 10.1016/j.cej.2021.129163.

KWAK, Yeonsoo; RAJKUMAR, Patel. A Review on Ceramic Based Membranes for Textile Wastewater Treatment. *Membrane Journal*, 2022, vol. 32, no 2, p. 100-108. DOI: https://doi.org/10.14579/MEMBRANE_JOURNAL.2022.32.2.100

KORPE, Sneha, et al. Tannery wastewater treatment by cavitation combined with advanced oxidation process (AOP). *Ultrasonics Sonochemistry*, 2019, vol. 59, p. 104723.. DOI 10.1016/j.ultsonch.2019.104723

KORPE, Sneha; RAO, P. Venkateswara. Application of advanced oxidation processes and cavitation techniques for treatment of tannery wastewater—A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 3, p. 105234.. DOI 10.1016/j.jece.2021.105234.

KORPE, Sneha, et al. Tannery wastewater treatment by cavitation combined with advanced oxidation process (AOP). *Ultrasonics Sonochemistry*, 2019, vol. 59, p. 104723.. DOI 10.1016/j.ultsonch.2019.104723.

WANG, Baowei; SU, Huijuan; ZHANG, Bo. Hydrodynamic cavitation as a promising route for wastewater treatment—A review. *Chemical Engineering Journal*, 2021, vol. 412, p. 128685... DOI 10.1016/j.cej.2021.128685.

WANG, Baowei; SU, Huijuan; ZHANG, Bo. Hydrodynamic cavitation as a promising route for wastewater treatment—A review. *Chemical Engineering Journal*, 2021, vol. 412, p. 128685.. DOI 10.1016/j.cej.2021.128685.

WANG, Jihong, et al. Intensified degradation of textile wastewater using a novel treatment of hydrodynamic cavitation with the combination of ozone. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2020, vol. 8, no 4, p. 103959.. DOI 10.1016/j.jece.2020.103959.

ANEXOS

	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
I N D E P E N D I E N T E	Cavitación hidrodinámica	La cavitación hidrodinámica es un tratamiento que está siendo empleado para el aumento eficaz de la eliminación de contaminantes, debido al crecimiento de la velocidad del líquido y por subsiguiente origina la caída de la presión generando así la formación e implosión de burbujas de vapor, implantando los principios de este método. (Gutierrez-Mosquera,L., et al,2019)	La cavitación hidrodinámica mediante el método de placa orificio y Venturi será medido mediante las condiciones de operación	Condiciones de operación del tubo Venturi	Temperatura	°C
					Tiempo	Min
					Caudal	L/min
					Presión	bar
				Condiciones de operación de Placa Orificio	Temperatura	°C
					Tiempo	Min
					Caudal	L/min
					Presión	bar
D E P E N D I E N T E	Reducción del cromo total	La reducción del cromo indica la disminución de este contaminante en un cuerpo receptor, para que se realice la reducción se pueden utilizar distintas metodologías, sin embargo, debe tomarse en cuenta el tipo de tratamiento, tipo de agua residual y tener en cuenta las facilidades del equipo y el conocimiento para emplearlo. (Lopez,2013)	Los contaminantes de cromo total en los efluentes serán medidos mediante los parámetros físicos, químicos y la eficiencia del cromo	Parámetros fisicoquímicos	Cromo total	mg/L
					Temperatura	°C
					SST	mg/L
					Conductividad eléctrica	uS/cm
					Medida de Acidez	pH
					DQO	mg/L
				Eficiencia de remoción del cromo	Contenido inicial	%
					Contenido final	%

ANEXOS 01: Matriz de Operacionalización de Variables

ANEXO 02: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál será la eficiencia para la reducción del cromo total en efluentes de la industria curtiembre utilizando placa orificio y Venturi en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>Problema específico 1:</p> <p>1. ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos que se reducen en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de Venturi en cavitación hidrodinámica Ate-Lima 2022?</p> <p>Problema específico 2:</p> <p>2.- ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos que se reducen en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de Placa orificio?</p> <p>Problema específico 3:</p> <p>3.- ¿Cuáles son las condiciones de operación para determinar la eficiencia de remoción del cromo total a 8 bares en Venturi?</p> <p>Problema específico 4:</p> <p>4.- ¿Cuáles son las condiciones de operación para determinar la eficiencia de remoción del cromo total a 8 bares en Placa Orificio?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la eficiencia para la reducción del cromo total en los efluentes de la industria curtiembre utilizando placa orificio y Venturi en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Objetivo específico 1:</p> <p>Determinar los parámetros fisicoquímicos que se reducen en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de Venturi en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022</p> <p>Objetivo específico 2:</p> <p>Determinar los parámetros fisicoquímicos que se reducen en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de placa orificio en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022</p> <p>Objetivo específico 3:</p> <p>Determinar la eficiencia de remoción del cromo a condiciones de operación de 8 bares para Venturi</p> <p>Objetivo específico 4:</p> <p>Determinar la eficiencia de remoción del cromo a condiciones de operación de 8 bares para Placa Orificio</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La cavitación hidrodinámica es eficiente para reducir el cromo en los efluentes utilizando placa orificio y Venturi en cavitación hidrodinámica en Ate-Lima 2022</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>Hipótesis Específica 1:</p> <p>La cavitación hidrodinámica reduce los parámetros fisicoquímicos en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de Venturi, Ate-Lima, 2022</p> <p>Hipótesis Específica 2:</p> <p>La cavitación hidrodinámica reduce los parámetros fisicoquímicos en los efluentes de la industria curtiembre utilizando el método de Placa Orificio, Ate-Lima 2022</p> <p>Hipótesis Específica 3:</p> <p>Influyen las condiciones de operación para reducir cromo total en efluentes de la industria curtiembre utilizando Venturi a 8 bares de presión en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022.</p> <p>Hipótesis Específica 4:</p> <p>Influyen las condiciones de operación para reducir cromo total en efluentes de la industria curtiembre utilizando Placa orificio a 8 bares de presión en cavitación hidrodinámica, Ate-Lima 2022.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Cavitación hidrodinámica</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Reducción del cromo</p>	<p>Diseño de investigación es experimental con un tipo de investigación aplicada y enfoque cuantitativo.</p>	<p>Población</p> <p>la población que se utilizará serán las aguas residuales de las industrias curtiembres del distrito de Ate, Lima 2022.</p> <p>Muestra</p> <p>Para esta investigación se utilizarán 64 litros de muestra de agua residual de la industria curtiembre</p> <p>Unidad de análisis</p> <p>Agua Residual de la curtiembre.</p>

FICHA N° 2 REGISTRO DE DATOS

TITULO DEL PROYECTO:		Eficiencia de remoción del cromo total en efluentes de la industria curtiembre mediante el método de Placa Orificio y Venturi en Cavitación Hidrodinámica en Ate-Lima 2022											
UBICACIÓN													
FECHA													
N° DE MUESTRA	CODIGO DE MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO									OBSERVACIONES	
				CAUDAL (l/min)	PRESIÓN DE BOMBA (bar)	PRESIÓN DE ENTRADA (bar)	PRESIÓN DE SALIDA (bar)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (C.E)	TEMPERATURA(°C)	pH (unidad de pH)	SALINIDAD (g/L)		
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
OBSERVACIONES ADICIONALES													
RESPONSABLE DEL MUESTREO													
FECHA													
FIRMA		Atentamente,											



 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308


 LUIS FERMÍN
 HOLGUÍN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111111


 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CI P: 182994

RESULTADOS DE CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA UTILIZANDO PLACA ORIFICIO Y TUBO VENTURI COMO DISPOSITIVOS CAVITANTES

-Resultados de cavitación hidrodinámica utilizando placa orificio

Fecha	31/05/2022					
Investigadores	Bryan Bracamonte/Karina Lozano					
Tipo de tratamiento	Cavitación hidrodinámica con placa orificio					
	FECHA	Presión de entrada (bar)	CAUDAL	C.E (uS/cm)	pH	TEMPERATURA (°C)
PO-0	31/05/2022	8	75	16150	5.07	22,9
PO-30	31/05/2022	8,4	80	17280	4.92	37,3
PO-60	31/05/2022	8,7	85	18470	4.67	47,7
PO-90	31/05/2022	8,9	90	19000	4.62	54,2

-Resultados de cavitación hidrodinámica utilizando tubo Venturi

Fecha	31/05/2022					
Investigadores	Bryan Bracamonte/Karina Lozano					
Tipo de tratamiento	Cavitación hidrodinámica con tubo Venturi					
	FECHA	Presión de entrada (bar)	CAUDAL	C.E (uS/cm)	pH	TEMPERATURA (°C)
V-0	31/05/2022	8	72	16710	5.31	23,1
V-30	31/05/2022	8,5	77	18430	4.96	37,3
V-60	31/05/2022	8,7	84	19360	4.5	49,5
V-90	31/05/2022	9	90	22500	4.05	59,6

PROMEC INGENIEROS S.A.C.

 Carlos A. Gamarro Flores
 GERENTE GENERAL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Hoja de cadena de custodia**
 1.5. Autores del Instrumento: **Bracamonte Ormeño Bryan Alexander y Lozano Martinez Julissa Karina**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDA

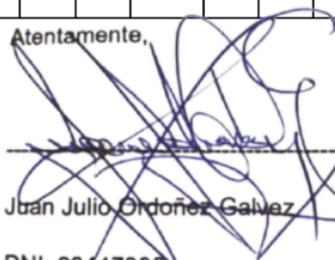
- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
.....

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Atentamente,


 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Lima, 24 de Mayo de 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de datos de campo**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Bracamonte Ormeño Bryan Alexander y Lozano Martinez Julissa Karina**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDA

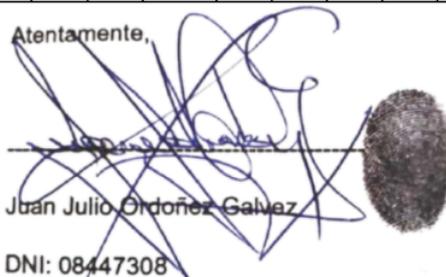
- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
.....

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

Lima, 24 de Mayo de 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de resultado**
 1.5. Autores del Instrumento: **Bracamonte Ormeño Bryan Alexander y Lozano Martinez Julissa Karina**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

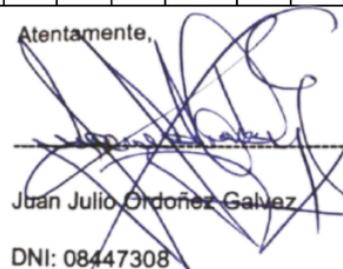
- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
.....

VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Lima, 24 de Mayo de 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ING.HOLGUIN ARANDA, LUIS FERMIN**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Hoja de cadena de custodia**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Bracamonte Ormeño Bryan Alexander y Lozano Martinez Julissa Karina**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDA

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

X
.....

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%



**LUIS FERMIN
HOLGUIN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP. Nº 111111**

Lima, 23 de Mayo de 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ING.HOLGUIN ARANDA, LUIS FERMIN**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de datos de campo**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Bracamonte Ormeño Bryan Alexander y Lozano Martinez Julissa Karina**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDA

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

X
.....

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%



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

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ING.HOLGUIN ARANDA, LUIS FERMIN**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de resultado**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Bracamonte Ormeño Bryan Alexander y Lozano Martinez Julissa Karina**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X
.....

VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%



**LUIS FERMIN
HOLGUIN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP. N° 111411**

Lima, 23 de Mayo de 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ING. CASTRO TENA LUCERO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Hoja de cadena de custodia**
 1.5. Autores del Instrumento: **Bracamonte Ormeño Bryan Alexandery Lozano Martinez Julissa Karina**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
.....

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CIP: 162994

Lima, 10 de noviembre del 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ING. CASTRO TENA LUCERO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de datos**
 1.5. Autores del Instrumento: **Bracamonte Ormeño Bryan Alexander y Lozano Martinez Julissa Karina**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDA

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

SI
.....

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%


LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CI P: 162994

Lima, 10 de noviembre del 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ING. CASTRO TENA LUCERO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de resultados**
 1.5. Autores del Instrumento: **Bracamonte Ormeño Bryan Alexander y Lozano Martinez Julissa Karina**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
11. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
12. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
13. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
14. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
15. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para utilizar 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. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
12. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

.....

VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CIP: 162994

Lima, 10 de noviembre del 2021

ANEXO 04: Resultados enviados por el laboratorio SGS



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



INFORME DE ENSAYO MA2222432 Rev. 0

PROMEC INGENIEROS S.A.C.

JR. LA VERONICA NRO. 482 URB. SANTA ISABEL

ENV / LB-351024-004

PROCEDENCIA : FISCAL

Fecha de Recepción SGS : 31-05-2022
Fecha de Ejecución : Del 31-05-2022 al 07-06-2022
Muestreo Realizado Por : CLIENTE
Observación : CRUCE AV. CANTA CALLAO CON AV. IZAGUIRRE

Estación de Muestreo
V-0
V-30
V-60
V-90
PO-0
PO-30
PO-60
PO-90

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 07/06/2022

Frank M. Julcamoro Quispe
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
MA222432 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					V-0	V-30
FECHA DE MUESTREO					31/05/2022	31/05/2022
HORA DE MUESTREO					10:52:00	11:22:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	16 ± 4	13 ± 3
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO ₂ /L	1.8	4.5	1.865.8 ± 117.3	1.747.1 ± 123.8
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	2.388 ± 0.215	2.387 ± 0.215
Antimonio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	0.00467 ± 0.00131	0.00493 ± 0.00138
Arsénico Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0003	0.0010	0.01463 ± 0.00161	0.01169 ± 0.00129
Bario Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0848 ± 0.0076	0.0938 ± 0.0084
Berilio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00010	0.00006	0.00020 ± 0.00004	0.00029 ± 0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.002	0.006	0.283 ± 0.034	0.293 ± 0.035
Cadmio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.01114 ± 0.00256	0.01008 ± 0.00232
Calcio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.003	0.009	185.515 ± 18.552	183.814 ± 18.381
Ceño Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0008	0.0024	0.00352 ± 0.00029	0.00331 ± 0.00027
Cesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0146 ± 0.0037	0.0145 ± 0.0036
Cobalto Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.00528 ± 0.00048	0.00717 ± 0.00065
Cobre Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0003	0.0009	0.07628 ± 0.01907	0.09522 ± 0.02381
Cromo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	1,190.6237 ± 297.6559	1,172.9615 ± 293.2404
Estaño Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0003	0.0010	0.01090 ± 0.00207	0.01174 ± 0.00223
Estroncio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	1.8245 ± 0.1642	1.7578 ± 0.1582
Fósforo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.015	0.047	9.818 ± 2.749	10.234 ± 2.866
Galio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0012	0.00157 ± 0.00013	0.00119 ± 0.00010
Germanio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.00006	<0.00006
Hafnio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	0.00078 ± 0.00006	0.00040 ± 0.00003
Hierro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	11.5081 ± 0.9206	16.1102 ± 1.2888
Lantano Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0025 ± 0.0007	0.0026 ± 0.0007
Litio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1261 ± 0.0113	0.1309 ± 0.0118
Lutecio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	340.577 ± 40.869	339.226 ± 40.707
Manganeso Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0003	0.0010	1.05267 ± 0.07369	1.13660 ± 0.07956
Mercurio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.08005 ± 0.01841	0.07343 ± 0.01689
Niobio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0032 ± 0.0007	0.0026 ± 0.0005
Niquel Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1006 ± 0.0231	0.1939 ± 0.0446
Plata Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0286 ± 0.0026	0.0442 ± 0.0040
Potasio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.04	0.13	120.28 ± 9.62	118.88 ± 9.51
Rubidio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0887 ± 0.0089	0.0850 ± 0.0085
Selenio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0122 ± 0.0028	0.0245 ± 0.0056
Silicio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.09	0.27	40.38 ± 4.85	39.91 ± 4.79
Sodio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.04	0.13	18.88 ± 2.27	18.65 ± 2.24
Sodio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.006	0.019	5,470.306 ± 601.734	5,370.407 ± 590.745
Talio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00055 ± 0.00013	0.00059 ± 0.00014
Tantalio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Torio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0006	0.0019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0635 ± 0.0083	0.0580 ± 0.0075
Uranio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.001816 ± 0.000381	0.002061 ± 0.000433
Vanadio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1039 ± 0.0156	0.0926 ± 0.0139
Wolframio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0046 ± 0.0008	0.0088 ± 0.0015
Yterbio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00007 ± 0.00001	0.00008 ± 0.00002
Zinc Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0008	0.0026	0.6643 ± 0.0664	0.7405 ± 0.0741
Zirconio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00704 ± 0.00162	0.00663 ± 0.00152

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					V-60	V-90
FECHA DE MUESTREO					31/05/2022	31/05/2022
HORA DE MUESTREO					11:52:00	12:22:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos	1	3	15 ± 3	10 ± 2



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2222432 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					V-60	V-90
FECHA DE MUESTREO					31/05/2022	31/05/2022
HORA DE MUESTREO					11:52:00	12:22:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
		Totales en Suspensión/L				
Análisis Generales						
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	1.652.2 ± 148.2	1.565.4 ± 144.6
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	2.539 ± 0.229	2.509 ± 0.226
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00559 ± 0.00157	0.00630 ± 0.00176
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.02045 ± 0.00225	0.02386 ± 0.00262
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0987 ± 0.0089	0.1017 ± 0.0092
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00010	0.00006	0.00028 ± 0.00006	0.00029 ± 0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.305 ± 0.037	0.318 ± 0.038
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.01049 ± 0.00241	0.01056 ± 0.00243
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	194.018 ± 19.402	190.884 ± 19.088
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00348 ± 0.00028	0.00365 ± 0.00030
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0154 ± 0.0039	0.0158 ± 0.0040
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00989 ± 0.00089	0.01647 ± 0.00148
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.07948 ± 0.01987	0.08493 ± 0.02123
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	1,114.8511 ± 303.7128	1,077.8592 ± 304.4648
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01218 ± 0.00231	0.01509 ± 0.00287
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	1.7641 ± 0.1588	1.7530 ± 0.1578
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	10.594 ± 2.966	10.958 ± 3.068
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00109 ± 0.00009	0.00120 ± 0.00010
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00030 ± 0.00002	0.00031 ± 0.00003
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	23.9467 ± 1.9157	32.2331 ± 2.5786
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0026 ± 0.0007	0.0028 ± 0.0008
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1324 ± 0.0119	0.1359 ± 0.0122
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	354.049 ± 42.486	348.212 ± 41.785
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	1.30326 ± 0.09123	1.39778 ± 0.09784
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00010 ± 0.00003	0.00045 ± 0.00013
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.06930 ± 0.01594	0.06788 ± 0.01561
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0028 ± 0.0006	0.0026 ± 0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.4031 ± 0.0927	0.7465 ± 0.1717
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0678 ± 0.0061	0.1031 ± 0.0093
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	117.81 ± 9.42	118.72 ± 9.50
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0848 ± 0.0085	0.0838 ± 0.0084
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0342 ± 0.0079	0.0343 ± 0.0079
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	43.67 ± 5.24	43.54 ± 5.22
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	20.41 ± 2.45	20.35 ± 2.44
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	5,576.600 ± 613.426	5,530.687 ± 608.376
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00056 ± 0.00013	0.00053 ± 0.00012
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0575 ± 0.0075	0.0568 ± 0.0074
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.002357 ± 0.000495	0.002531 ± 0.000532
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0920 ± 0.0138	0.0903 ± 0.0135
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0160 ± 0.0027	0.0291 ± 0.0049
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00006 ± 0.00001	0.00010 ± 0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.8343 ± 0.0834	0.9515 ± 0.0952
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00669 ± 0.00154	0.00662 ± 0.00152

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PO-0	PO-30
FECHA DE MUESTREO					31/05/2022	31/05/2022
HORA DE MUESTREO					15:18:00	15:48:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en	1	3	32 ± 7	29 ± 7



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



**INFORME DE ENSAYO
MA222432 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PO-0	PO-30
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					31/05/2022 15:18:00 AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	31/05/2022 15:48:00 AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
		Suspensión/L				
Análisis Generales						
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	2,014.7 ± 156.3	1,936.3 ± 162.9
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	2.319 ± 0.209	2.209 ± 0.199
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.00013	0.00490 ± 0.00137	0.00511 ± 0.00143
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01462 ± 0.00161	0.00841 ± 0.00093
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0930 ± 0.0084	0.0938 ± 0.0084
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00010	0.00006	0.00022 ± 0.00005	0.00020 ± 0.00004
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.323 ± 0.039	0.327 ± 0.039
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00736 ± 0.00169	0.00424 ± 0.00098
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	205.137 ± 20.514	204.716 ± 20.472
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00300 ± 0.00024	0.00296 ± 0.00024
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0146 ± 0.0037	0.0154 ± 0.0039
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00668 ± 0.00060	0.01060 ± 0.00095
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.11812 ± 0.02953	0.06850 ± 0.01713
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	1,177.2923 ± 294.3231	1,161.6995 ± 290.4249
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00812 ± 0.00154	0.00743 ± 0.00141
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	1.7004 ± 0.1530	1.7478 ± 0.1573
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	10.450 ± 2.926	10.643 ± 2.980
Gallo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00125 ± 0.00010	0.00109 ± 0.00009
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00022 ± 0.00002	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	9.2652 ± 0.7412	13.6551 ± 1.0924
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0021 ± 0.0006	0.0022 ± 0.0006
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1314 ± 0.0118	0.1357 ± 0.0122
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	420.379 ± 50.445	415.734 ± 49.888
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	1.05795 ± 0.07406	1.08884 ± 0.07622
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00011 ± 0.00003	0.00015 ± 0.00004
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.05115 ± 0.01176	0.05022 ± 0.01155
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0026 ± 0.0005	0.0025 ± 0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0848 ± 0.0195	0.2844 ± 0.0654
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0297 ± 0.0027	0.0156 ± 0.0014
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	106.64 ± 8.53	106.03 ± 8.48
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0862 ± 0.0086	0.0877 ± 0.0088
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0161 ± 0.0037	0.0156 ± 0.0036
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	42.65 * ± 5.12	41.64 * ± 5.00
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	19.94 ± 2.39	19.46 ± 2.34
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	5,761.337 ± 633.747	5,697.161 ± 626.688
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00043 ± 0.00010	0.00032 ± 0.00007
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0690 ± 0.0090	0.0614 ± 0.0080
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.001452 ± 0.000305	0.001554 ± 0.000326
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1076 ± 0.0161	0.0972 ± 0.0146
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0022 ± 0.0004	0.0050 ± 0.0009
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.5414 ± 0.0541	0.5613 ± 0.0561
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00544 ± 0.00125	0.00553 ± 0.00127

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PO-60	PO-90
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					31/05/2022 16:18:00 AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	31/01/2022 16:48:00 AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
		mg Sólidos Totales en Suspensión/L				
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	24 ± 6	21 ± 5

**INFORME DE ENSAYO
MA2222432 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PO-60	PO-90
FECHA DE MUESTREO					31/05/2022	31/01/2022
HORA DE MUESTREO					16:18:00	16:48:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO ₂ /L	1.8	4.5	1,847.9 ± 163.8	1,814.7 (**) ± 161.2
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	2.160 ± 0.194	2.248 ± 0.202
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00498 ± 0.00139	0.00491 ± 0.00137
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01592 ± 0.00175	0.01751 ± 0.00193
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0946 ± 0.0085	0.0966 ± 0.0087
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00010	0.00006	0.00027 ± 0.00006	0.00017 ± 0.00004
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.318 ± 0.038	0.335 ± 0.040
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00180 ± 0.00041	0.00158 ± 0.00036
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	197.922 ± 19.792	210.825 ± 21.083
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00283 ± 0.00023	0.00305 ± 0.00025
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0146 ± 0.0037	0.0157 ± 0.0039
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.01766 ± 0.00159	0.02626 ± 0.00236
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.06387 ± 0.01597	0.06735 ± 0.01684
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	1,081.5287 ± 280.3822	1,033.2659 ± 298.3165
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00949 ± 0.00180	0.00663 ± 0.00126
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.6767 ± 0.1509	1.7856 ± 0.1607
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	10.727 ± 3.004	11.327 ± 3.172
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00097 ± 0.00008	0.00102 ± 0.00008
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.00006	<0.00006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00020 ± 0.00002	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	19.7874 ± 1.5830	28.8476 ± 2.3078
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0020 ± 0.0005	0.0022 ± 0.0006
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1333 ± 0.0120	0.1422 ± 0.0128
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	402.460 ± 48.295	425.733 ± 51.088
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	1.07343 ± 0.07514	1.21739 ± 0.08522
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00024 ± 0.00007	0.00035 (**) ± 0.00010
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.04867 ± 0.01119	0.05263 ± 0.01210
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0024 ± 0.0005	0.0026 ± 0.0005
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.6006 ± 0.1381	0.9966 ± 0.2292
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0103 ± 0.0009	0.0137 ± 0.0012
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	105.19 ± 8.42	111.79 ± 8.94
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0846 ± 0.0085	0.0892 ± 0.0089
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0172 ± 0.0040	0.0165 ± 0.0038
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	40.81 * ± 4.90	43.90 * ± 5.27
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	19.08 ± 2.29	20.52 ± 2.46
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	5,414.091 ± 595.550	5,774.752 ± 635.223
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00029 ± 0.00007	0.00037 ± 0.00009
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0597 ± 0.0078	0.0604 ± 0.0079
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.001509 ± 0.000317	0.001690 ± 0.000355
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0895 ± 0.0134	0.0976 ± 0.0146
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0113 ± 0.0019	0.0198 ± 0.0034
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00011 ± 0.00002
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.5334 ± 0.0533	0.5941 ± 0.0594
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00498 ± 0.00115	0.00504 ± 0.00116

**INFORME DE ENSAYO
MA2222432 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

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

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Sólidos Totales en Suspensión	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	3	<3	0 - 5%	98 - 101%		
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	1 - 5%	91 - 100%	98%	1%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	95 - 96%	93%	3%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	3 - 6%	96 - 100%	108%	0%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	4 - 5%	91 - 93%	101%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	94 - 104%	104%	3%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	91 - 94%	101%	1%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	1 - 7%	96 - 102%	100%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0 - 1%	95 - 99%	97%	1%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	0 - 6%	94 - 99%	101%	0%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	93 - 113%	101%	3%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1 - 5%	93 - 95%	101%	1%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	95 - 97%	96%	1%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0 - 4%	98 - 101%	96%	0%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	2%	106%	94%	1%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	96 - 99%	100%	1%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 6%	93 - 98%	97%	0%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	1 - 8%	97 - 101%	97%	0%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0 - 7%	95 - 96%	98%	0%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	92 - 102%	99%	0%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	94 - 100%	103%	0%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	6 - 8%	94 - 97%	102%	0%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	98 - 101%	99%	0%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	3 - 7%	95 - 96%	91%	7%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	91 - 99%	102%	1%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	0 - 1%	99 - 109%	99%	0%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	5%	93 - 104%	102%	2%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0 - 3%	95 - 107%	106%	9%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	1 - 5%	97 - 100%	91%	0%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	92 - 95%	100%	0%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 1%	94 - 107%	99%	0%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	97 - 99%	92%	4%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 1%	98 - 100%	101%	1%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	1 - 4%	100 - 104%	98%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	1 - 3%	97 - 98%	102%	0%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0 - 2%	98 - 101%	97%	3%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	2 - 8%	94%	92%	0%
Silicio Total	mg/L	0.13	<0.13	2 - 8%	94 - 97%	92%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	1 - 5%	102%	108%	0%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	98 - 99%	101%	0%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	96 - 108%	101%	0%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0 - 2%	102 - 104%	96%	0%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	98 - 100%	97%	0%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	1 - 8%	94 - 99%	99%	0%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	1 - 3%	97%	99%	1%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 1%	94 - 96%	97%	0%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 7%	98 - 99%	106%	1%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	93 - 95%	94%	2%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0 - 2%	92 - 99%	98%	7%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	94 - 100%	102%	0%
Demanda Química de Oxígeno	mgO2/L	4.5	<4.5		97 - 102%	99%	1%



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2222432 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D: 23rd: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D: 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)