



Universidad César Vallejo

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

Recuperación por oxidación química y remoción con cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) del cromo hexavalente de la Industria de Fundición, San Juan de Lurigancho, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Mejia Aguilar, Gina Karin (orcid.org/0000-0002-3402-1702)

Rioja Santillan, Karla (orcid.org/0000-0002-2353-0026)

ASESOR:

Mg. Lozano Sulca, Yimi Tom (orcid.org/0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Eres la inspiración de mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ti, Eres la razón por la que me levante cada mañana, como en todos mis logros, en este has estado presente también (Ariela Luhana Camacho Mejia)

Gina

A mi amado hijo (Bastian Gael Quevedo Rioja), a mi esposo, mis padres, mis suegros y mis hermanas.

Karla

AGRADECIMIENTO

A Dios porque nunca soltó mi mano, a mi padre en el cielo que me enseñó a tener coraje para arrancarle a la vida las oportunidades que se me presentan, por su apoyo incondicional.

Gina

A Dios, a mi familia y mi esfuerzo para cumplir con esta meta trazada y por fin verla materializada.

Karla



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LOZANO SULCA YIMI TOM, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Recuperación por Oxidación Química y Remoción con Cáscara de Papa (*Solanum tuberosum*) del Cromo Hexavalente de la Industria de Fundición, San Juan de Lurigancho, 2023", cuyos autores son RIOJA SANTILLAN KARLA, MEJIA AGUILAR GINA KARIN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 01 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LOZANO SULCA YIMI TOM DNI: 41134872 ORCID: 0000-0002-0803-1261	Firmado electrónicamente por: YTLOZANOS el 01- 12-2023 13:24:43

Código documento Trilce: TRI - 0676100





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, MEJIA AGUILAR GINA KARIN, RIOJA SANTILLAN KARLA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Recuperación por Oxidación Química y Remoción con Cáscara de Papa (*Solanum tuberosum*) del Cromo Hexavalente de la Industria de Fundición, San Juan de Lurigancho, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
RIOJA SANTILLAN KARLA DNI: 70160071 ORCID: 0000-0002-2353-0026	Firmado electrónicamente por: KARIOJASA el 12-12-2023 19:12:37
MEJIA AGUILAR GINA KARIN DNI: 46870127 ORCID: 0000-0002-3402-1702	Firmado electrónicamente por: GKMEJIA el 13-12-2023 10:16:58

Código documento Trilce: INV - 1408088

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO.....	5
III.METODOLOGÍA.....	16
3.1.Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Variable y operacionalización	16
3.3.Población, muestra y muestreo.....	18
3.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.5.Procedimiento	19
3.6.Método de análisis de datos	22
3.7.Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES.....	42
VII. RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS	
ANEXOS	

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Caracterización inicial del efluente</i>	23
<i>Tabla 2. Concentración de Cr(VI) en función a 30 minutos</i>	23
<i>Tabla 3. Concentración de Cr(VI) en función a 60 minutos</i>	24
<i>Tabla 4. Concentración de Cr(VI) en función a 120 minutos</i>	25
<i>Tabla 5. Porcentajes de remoción de Cr(VI)</i>	26
<i>Tabla 6. Ensayo 1, recuperación de Cr (VI) a 40°C y 30 mL de H₂O₂</i>	26
<i>Tabla 7. Ensayo 2, recuperación de Cr (VI) a 40°C y 60 mL de H₂O₂</i>	27
<i>Tabla 8. Ensayo 3, recuperación de Cr (VI) a 40°C y 90 mL de H₂O₂</i>	28
<i>Tabla 9. Ensayo 4, recuperación de Cr (VI) a 50°C y 30 mL de H₂O₂</i>	28
<i>Tabla 10. Ensayo 5, recuperación de Cr (VI) a 50°C y 60 mL de H₂O₂</i>	29
<i>Tabla 11. Ensayo 6, recuperación de Cr (VI) a 50°C y 90 mL de H₂O₂</i>	29
<i>Tabla 12. Ensayo 7, recuperación de Cr (VI) a 60°C y 30 mL de H₂O₂</i>	30
<i>Tabla 13. Ensayo 8, recuperación de Cr (VI) a 60°C y 60 mL de H₂O₂</i>	30
<i>Tabla 14. Ensayo 9, recuperación de Cr (VI) a 60°C y 90 mL de H₂O₂</i>	31
<i>Tabla 15. Concentración inicial del cromo hexavalente antes de los tratamientos</i>	31
<i>Tabla 16. Prueba ANOVA para analizar la eficiencia del floculante</i>	32
<i>Tabla 17. Prueba de Tukey para analizar la eficiencia del floculante en la remoción de cromo hexavalente según tiempos</i>	33
<i>Tabla 18. Prueba de Tukey para analizar la eficiencia del floculante en la remoción de cromo hexavalente según dosis</i>	34
<i>Tabla 19. Prueba ANOVA para analizar el efecto de la temperatura, tiempo y dosis</i>	35
<i>Tabla 20. Prueba de Tukey para analizar la recuperación del contaminante</i>	35
<i>Tabla 21. Prueba de Tukey para analizar la recuperación del contaminante según dosis</i>	36
<i>Tabla 22. Prueba de Tukey para analizar la recuperación del contaminante según tiempo</i>	37

Índice de figuras

<i>Figura 1. Fuente de metales pesados</i>	10
<i>Figura 2. Diseño convencional del proceso en la producción de fundición de metales ligeros (a) esquemáticamente, (b) logística del flujo de materiales en las PYME</i>	11
<i>Figura 3. Clasificación de escoria por tipo categorías</i>	12
<i>Figura 4. Escoria de fundición</i>	13
<i>Figura 5. Clasificación del proceso de remoción y adsorción de metales pesados</i>	14
<i>Figura 6. Validación de equipos de laboratorio</i>	19
<i>Figura 7. Concentraciones de la investigación</i>	32
<i>Figura 8. Porcentaje de remoción respecto al tiempo</i>	32
<i>Figura 9. Porcentaje de remoción respecto a la dosis</i>	34
<i>Figura 10. Promedio de remoción respecto a la temperatura</i>	36
<i>Figura 11. Promedio de remoción respecto según dosis</i>	37
<i>Figura 12. Promedio de remoción respecto según tiempo</i>	38

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar en qué medida la oxidación química y el floculante con cáscara de papa influyen en la recuperación y remoción de cromo hexavalente respectivamente, obtenido de la industria de fundición SJL, 2023; donde el tipo de investigación utilizado fue de tipo aplicada y de diseño experimental.

En los resultados, la concentración inicial del cromo hexavalente antes del tratamiento por oxidación química y floculación supera los estándares de calidad, presentando un valor inicial de 84.65 mg/l. La eficiencia del floculante con cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente logró alcanzar un 91% con las siguientes: dosis de floculante de 6 gramos, tiempo de agitación de 120 minutos y 250 rpm de velocidad. Además, el tiempo fue un factor determinante, y tal como se observa la diferencia en los porcentajes de remoción no tuvieron una gran variación en los tiempos de 60 y 120 minutos. Los niveles de concentración recuperados del cromo hexavalente ante la aplicación del proceso de oxidación química fueron de hasta 16,27 mg/L con las siguientes condiciones ideales: tiempo de 180 minutos, ensayo a una temperatura de 60°C y con una dosis de oxidante de 90 mL.

Palabras clave: Fundición, cromo hexavalente, floculante, oxidación

Abstract

The objective of this research work was to determine to what extent chemical oxidation and flocculation with potato peel influence the recovery and removal of hexavalent chromium, respectively, obtained from the SJL smelting industry, 2023; where the type of research used was applied and of experimental design.

In the results, the initial concentration of hexavalent chromium before treatment by chemical oxidation and flocculation exceeds the quality standards, presenting an initial value of 84.65 mg/l. The efficiency of the flocculant with potato peel in the removal of hexavalent chromium reached 91% with the following: flocculant dose of 6 grams, agitation time of 120 minutes and 250 rpm speed. In addition, time was a determining factor, and as can be seen, the difference in the removal percentages did not vary greatly at the 60 and 120 minute times. The recovered concentration levels of hexavalent chromium after the application of the chemical oxidation process were up to 16.27 mg/L with the following ideal conditions: 180 minutes, test at a temperature of 60°C and with an oxidant dose of 90 mL.

Keywords: Foundry, hexavalent chromium, flocculant, oxidation.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión de las aguas residuales municipales se enfrenta a importantes dificultades sin resolver como consecuencia del aumento de la población, la urbanización, la industrialización y las deficientes técnicas de gestión de las aguas residuales (Teoh y Li, 2020, p.1).

Donde, la gestión de las aguas residuales industriales se ha convertido en un problema mundial; realizándose hasta la fecha varias investigaciones para tratar las aguas residuales mediante diversos métodos; por la presencia de los diversos contaminantes en especial los iones metálicos (Dutta et al., 2021, p.3).

Una de las principales fuentes de contaminación de metales pesados en los lodos y las aguas residuales es el sector de la fundición de metales (Qasem et al., 2021, p.2). Donde los metales pesados más habituales son el Cr, Cd y As que presentan una densidad superior a $5,0 \text{ g/cm}^3$ (Kaur y Roy, 2021, p.2).

En 2018, la producción china de 10 metales no ferrosos distintos superó los 58 millones de toneladas (Luo et al., 2023, p.4). En Corea se encontró en 19,7 % de muestras de suelo agrícola presencia de metales pesados que sobrepasaban el límite admisible debido a los residuos de una fundición (Kang Min-Ju et al., 2019, p.2).

En el estudio de Kribek et al., (2018, p.2), se demostró que las plantas que crecen en las zonas de impacto de las fundiciones no ferrosas presentan concentraciones elevadas de metales como Cr. Así también Dórea (2021, p.2), ha demostrado que los hogares pobres que viven en zonas cercanas a las fundiciones de metales presentan suelos infértiles por altos niveles de Cr entre otros metales y están expuestos a elevadas cantidades de estos metales tóxicos que afectan su salud.

En el departamento de Lambayeque, Perú se realizan procesos de fundición de cobre donde se evidencian escorias de fundición de cobre totalmente

líquidas con presencia de hasta 5,5% de arsénico que afecta las zonas aledañas (Killick y Hayashida, 2022, p.1).

Siendo el cromo hexavalente [Cr(VI)] una sustancia extremadamente venenosa, cancerígena y considerada uno de los principales contaminantes del medio acuático (Farooqi et al., 2021, p.1).

Es por ello que se investiga, la aplicación de técnicas como la recuperación de Cr (VI) así como la remoción del Cr (VI) con floculantes naturales.

Mediante la recuperación de cromo hexavalente por oxidación química se descargan tanto en forma de cationes Cr^{3+} como de aniones de cromo hexavalente, convirtiéndolo en menos tóxico (Kononova et al., 2019, p.3). El método de oxidación química destruye los fenoles acuosos y operan en condiciones moderadas de temperatura y pH (Villegas et al., 2017, p.2).

En la remoción con floculante natural la sorción implica la operación unitaria mediante la cual los contaminantes se separan de una mezcla líquida o gaseosa a través de un material sólido permeable adecuado denominado adsorbente (Aigbe y Osibote, 2020, p.6).

Ante ello, se plantea el siguiente problema de estudio: ¿En qué medida la oxidación química y el floculante con cáscara de papa influyen en la recuperación y remoción de cromo hexavalente respectivamente, obtenido de la industria de fundición SJL, 2023?

Pe1: ¿Cuál es la concentración inicial del cromo hexavalente antes del tratamiento por oxidación química y floculación?

Pe2: ¿Cuál es la eficiencia del floculante con cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente?

Pe3: ¿Cuáles son los niveles de concentración recuperados del cromo hexavalente ante la aplicación del proceso de oxidación química?

Ante ello, el presente estudio planteó como justificaciones, los siguientes puntos:

Justificación teórica, esto es, debido a que se busca demostrar que tan eficiente es la recuperación y remoción del proceso de oxidación química y del floculante con cáscara de papa aplicado en el cromo hexavalente generado en industrias de fundición, creando un argumento nuevo que pueda servir para futuros estudios. **Justificación práctica**, ya que se quiere generar un mejor ámbito en la vivencia de los pobladores que se encuentran en zonas aledañas donde se ubica la empresa de fundición, reduciendo posibles efectos adversos en la salud de los pobladores, así como los daños en el recurso suelo; es decir buscando solucionar dicho problema. **Justificación metodológica**, ello es buscando que los métodos de oxidación química y remoción sirvan como aporte para nuevos estudios o futuros investigadores, pudiendo demostrar si los métodos aplicados son eficientes o no y en qué medida pueden favorecer a la remoción y recuperación del cromo hexavalente.

Así mismo, como objetivo general se tiene: Determinar en qué medida la oxidación química y el floculante con cáscara de papa influyen en la recuperación y remoción de cromo hexavalente respectivamente, obtenido de la industria de fundición SJL, 2023

Oe1: Identificar la concentración inicial del cromo hexavalente antes del tratamiento por oxidación química y floculación

Oe2: Identificar la eficiencia del floculante con cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente

Oe3: Identificar los niveles de concentración recuperados del cromo hexavalente ante la aplicación del proceso de oxidación química

La hipótesis general es: la oxidación química y el floculante con cáscara de papa influyen en un 80% y 90% en la recuperación y remoción de cromo hexavalente respectivamente, obtenido de la industria de fundición SJL, 2023

HE1: La concentración inicial del cromo hexavalente antes del tratamiento por oxidación química y floculación sobrepasa los límites máximos permisibles.

HE2: Los niveles de concentración recuperados del cromo hexavalente son mayores al 80% ante la aplicación del proceso de oxidación química.

HE3: La eficiencia del floculante con cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente es mayor al 90%.

II. MARCO TEÓRICO

En el trabajo de Fang et al., (2023, p.1), el objetivo fue reducir el cromo hexavalente y secuestrar el cromo trivalente con polímeros de aminas en aguas residuales ácidas fuertes. En la metodología, se crearon tres polímeros amínicos (PA) con distintas alcalinidades y capacidades de donación de electrones. Sin embargo, en un ambiente muy ácido (pH 2), la alta concentración de NRH^+ promovía considerablemente la adsorción de Cr(VI) en la superficie de los APs y aceleraba la transferencia de masa entre el Cr(VI) y los APs. Más significativamente, debido al alto potencial de reducción del Cr(VI) ($E 0,437$), la reducción del Cr(VI) mejoró a pH 2. En resultados, el ratio de unión del Cr(III) sobre el Ph-AP superó el 67,6%, mientras que el ratio de reducción a adsorción del Cr(VI) fue superior a 0,70. El proceso de eliminación del Cr(VI) potenciado por protones se confirmó por último mediante la construcción de un modelo DFT (Discrete Fourier transform) y el análisis de los espectros FTIR (transformada de Fourier). Por último, se confirmó un proceso de eliminación de Cr(VI) potenciado por protones mediante la construcción de un modelo DFT mediante el análisis de espectros FTIR.

Zang et al., (2017, p.1); en su trabajo, el objetivo fue de eliminar el Cr(VI) de aguas residuales industriales y para recuperar materiales valiosos procedentes de la producción de hongos comestibles. La metodología, el sustrato gastado de *Auricularia auricula* (AASS), modificado por bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB) e inmovilizado por alginato sódico, se utilizó como adsorbente novedoso (MIAASS) para la eliminación de Cr(VI) . En resultados, las concentraciones influentes de Cr(VI) comprendidas entre 25 y 125 mg/L, las pruebas de adsorción por lotes revelaron que la modificación y la inmovilización aumentaron la capacidad de absorción entre un 21,44 y un 27,34%. Cuando se aumentó la altura del lecho de 50 a 70 cm, los periodos de penetración y agotamiento en los estudios de adsorción en columna de lecho fijo se prolongaron de 2 a 4,5 veces, mientras que la concentración del afluente y el caudal disminuyeron de 200 a 50 mg/L y de 40 a 20 mL/min. El modelo de Thomas superó al de Adams-Bohart en su capacidad para

predecir y explicar el perfil concentración-tiempo y el proceso de adsorción, demostrando que las difusiones externas e internas no eran el cuello de botella del proceso. Se utilizaron tres ciclos de procedimientos de adsorción-desorción para validar la estabilidad del MIAASS, y la eficiencia de regeneración final fue del 52,48%.

Lai et al., (2023, p.1); en su estudio, el objetivo fue recuperar eficazmente el Cr^{3+} y el Hg^{2+} en la HWCOD, mediante un nanocompuesto de óxido de circonio y resina recubierto de ácido húmico (HA-HZO-201). En la metodología, el HA-HZO-201 creado artificialmente presenta una resistencia excepcional a un amplio rango de pH (1-5) y a una elevada salinidad (3,5 mol/L NaCl), así como capacidad de adsorción de Cr^{3+} (37,5 mg/g) y Hg^{2+} (121,3 mg/g). En el resultado, tras el tratamiento con HA-HZO-201 mediante un método de adsorción en lecho fijo, las concentraciones finales de Cr^{3+} y Hg^{2+} en HWCOD fueron de 0,28 y 0,02 mg/L, respectivamente. Además, la HA-HZO-201 puede regenerarse mediante la desorción y recuperación de Cr^{3+} y Hg^{2+} utilizando HNO_3 y tiourea como eluyentes, respectivamente. Las eficiencias de eliminación de Cr^{3+} y Hg^{2+} tras 5 ciclos de adsorción/desorción se mantienen hasta el 86,0% y 89,7%, respectivamente, mostrando una fuerte regeneración de HA-HZO-201.

Liu et al., (2022, p.1); en su trabajo el objetivo fue recuperar simultáneamente iones $\text{Cr}(\text{III})$ y $\text{Cr}(\text{VI})$ que contenían Na_2CrO_4 a partir de CS mediante electrodiálisis de membrana bipolar (BMED) y oxidación con peróxido de hidrógeno (H_2O_2). En la metodología, para crear OH utilizando una membrana bipolar en un campo eléctrico directo, el $\text{Cr}(\text{III})$ se convirtió primero oxidativamente en $\text{Cr}(\text{VI})$ en presencia de H_2O_2 , y después el $\text{Cr}(\text{III})$ y el $\text{Cr}(\text{VI})$ se recuperaron como Na_2CrO_4 en un entorno alcalino. En resultados, la velocidad de oxidación del Cr de $\text{Cr}(\text{III})$ a $\text{Cr}(\text{VI})$ se vio influida por el nivel de H_2O_2 . La densidad de corriente influyó en la eliminación de cromo, la eficacia de la corriente y el consumo de energía. La recuperación total de cromo superó el 67% a una densidad de corriente de 2 mA/cm², y el cromo restante se encontraba principalmente en estado residual (RES). Tras la oxidación con H_2O_2 y el tratamiento con BMED, el análisis del estado de

enlace demuestra que puede generarse Cr(VI) intercambiable a partir de Cr(III) y otras especies de Cr(VI). El 92% del cromo del CS que seguía presente tras el tratamiento se encontraba en el RES.

Yin et al., (2022, p.1); tuvo como objetivo de estudio utilizar una técnica de complejación basada en el agente complejante dietilditiocarbamato sódico (DDTC) para separar y recuperar vanadio (V), hierro (Fe) y cromo (Cr) en la solución de lixiviación fabricada directamente a partir de escoria de vanadio. En la metodología, en primer lugar, en la solución simulada que contenía V (IV), Fe (II) y Cr (III), se investigó el impacto de recuperación del DDTC sobre los iones metálicos. Los resultados mostraron que se recuperaba un 97,67% de vanadio, un 99,51% de hierro y un 98,99% de cromo, respectivamente. Además, durante todo el proceso de complejación, el DDTC se recicló. Con esta técnica se recuperó el 97,38% de Cr, el 97,69% de V, el 99,66% de Fe y el 97,64% de Mn de la solución de lixiviación de la escoria de vanadio. El cromo se recuperó como Cr₂O₃ puro al 97,1%. Con una pureza del 99,23%, la mayor parte del hierro se recuperó como (NH₄)₂Fe(SO₄)₂₆H₂O. La escoria se había enriquecido con manganeso y una pequeña cantidad de hierro, que podía utilizarse para fabricar aleaciones de manganeso.

En este estudio Dovi et al., (2022, p.1); tuvo como objetivo, examinar la viabilidad de la eliminación de cromo hexavalente (Cr(VI)) del agua, tanto en modo de adsorción discontinua como continua, utilizando cáscaras de nuez funcionalizadas con grupos amino (ACWNS). En la metodología, para caracterizar el ACWNS se utilizaron técnicas FTIR, XPS, SEM y BET. Se estudiaron los efectos del pH, la dosificación, la concentración y el tiempo de contacto sobre la adsorción. En resultados, a 303 K, la mayor cantidad de absorción hacia Cr(VI) fue de 308,4 mg g⁻¹ en modo columna y de 236,8 mg g⁻¹ en modo discontinuo. Con ciertos colores coexistiendo en solución, se produce cierta adsorción selectiva para el Cr (VI). Se utilizó el modelo de factor de transferencia de masa actualizado para calcular el potencial de transferencia de masa (B) y la afinidad entre ACWNS y Cr(VI) (β). El valor de B aumenta a medida que lo hace la concentración porque el Cr (VI) ejerce una mayor atracción sobre el ACWNS. Una vez más, la evaluación de la MTZ

(megahercio) muestra que cuando aumenta la longitud de la MTZ, aumenta la resistencia a la difusión, lo que conduce a un aumento de la adsorción.

Zhou et al., (2022, p.1); en este estudio, el objetivo fue investigar cómo recuperar y separar el hierro y el cromo de los residuos de NAPL mediante el tostado de reducción por metalización y la separación magnética utilizando cloruro cálcico como adición. En la metodología, las condiciones ideales fueron las siguientes: una temperatura de tostación de 1100 °C, una dosificación de reductor del 25%, un periodo de tostación de 40 min, una dosificación de cloruro cálcico del 7%, una intensidad de campo magnético de 200 mT y un tiempo de molienda de la varilla de 40 s ($D_{50} = 7,20$ m). En los resultados, la concentración de hierro del concentrado fue del 81% en peso y el contenido de cromo de los residuos fue del 7,4% en peso cuando se cumplieron estas condiciones ideales. El hierro y el cromo tuvieron tasas de recuperación equivalentes del 95% y el 64%, respectivamente y se revelaron que la cromita y los minerales de silicato predominaban en los residuos, mientras que el hierro se potenciaba sobre todo en el concentrado magnético.

Wang et al., (2023, p.1); el objetivo fue presentar un método novedoso que utiliza nZVI encapsulado en alginato sódico (SA) cargado en los poros de hidróxido de magnesio esférico aminado (MH-NH₂) para sortear esta restricción y mejorar su eficacia en el tratamiento de aguas residuales que contienen cromo. En los resultados, el compuesto ternario creado (nZVI@SA/MH-NH₂) mostró una mayor actividad, una mayor superficie específica y una estabilidad superior. Descubrimos que a pH = 3, sin oxígeno, nZVI@SA/MH-NH₂-1 podía eliminar el 97,92% del Cr(VI) de la solución en unos 5 minutos. La capacidad de adsorción del nZVI@SA/MH-NH₂-1 podría ser de hasta 134 mg/g. El pH de la solución puede elevarse por el ambiente ácido consiguiendo la liberación retardada de OH⁻ a expensas de los portadores de MH-NH₂, permitiendo que el Cr(III) producido forme Cr(OH)₃ y precipite fuera de la solución. La eliminación total del cromo de la solución pudo lograrse utilizando nZVI@SA/MH-NH₂ en un solo paso. Este método ayudó a separar el Cr(VI) y el Cr(III) del efluente de forma asequible y eficaz.

Boussouga et al., (2023, p.1); en su estudio el objetivo fue eliminar el cromo (III) y (VI) utilizando como material adsorbente la materia orgánica con nanofiltración. En la metodología, cuando las principales especies en la solución de alimentación fueron $\text{Cr}(\text{OH})_4$ (para Cr(III)) y CrO_4^{2-} (para Cr(VI)), se puso de manifiesto la importancia de la exclusión de carga. En los resultados, el ácido húmico (AH), una sustancia orgánica, mejoró la retención de Cr(III) en un 60%, mientras que no tuvo ningún efecto sobre el Cr(VI). En estas membranas, el AH no alteró significativamente la carga superficial de la membrana. El mecanismo subyacente al aumento de la retención de Cr(III) fue la interacción soluto-soluto, es decir, la complejación Cr(III)-HA. A concentraciones de AH tan bajas como 1 mgC/L, la complejación Cr(III)-HA fue considerable. Para una concentración de alimentación de 250 g/L, las membranas NF seleccionadas consiguieron cumplir la norma de la UE (25 g/L) para Cr en agua potable.

Hui et al., (2021, p.1); en su trabajo el objetivo fue estudiar la adsorción del cromo (VI) mediante nanopartículas a base de hierro con materia orgánica. En la metodología, se estudiaron las interacciones y los procesos entre la materia orgánica disuelta (DOM) del suelo y tres tipos diferentes de nanopartículas (NPs) basadas en hierro, a saber, partículas de hierro cero a nanoescala (nZVI), NPs de Fe_2O_3 y NPs de Fe_3O_4 . La DOM del suelo se adsorbió rápidamente en la superficie de las NPs basadas en hierro, y la tasa de adsorción cambió según $\text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{nZVI}$, de acuerdo con los datos de adsorción. Los resultados del análisis espectral mostraron que las fracciones de DOM aromáticas de alto peso molecular se adsorbían preferentemente y los resultados de los estudios sobre la eliminación de Cr(VI) muestran que los nZVI envejecidos eliminaron Cr(VI) en un 79,87%, mientras que el recubrimiento de DOM sobre NPs de Fe_2O_3 aumentó considerablemente la eficiencia de eliminación de Cr(VI). Tras las interacciones entre la DOM y las NPs, los datos en conjunto muestran el destino y la transformación de las NPs basadas en hierro, así como la mejora para la eliminación de Cr(VI).

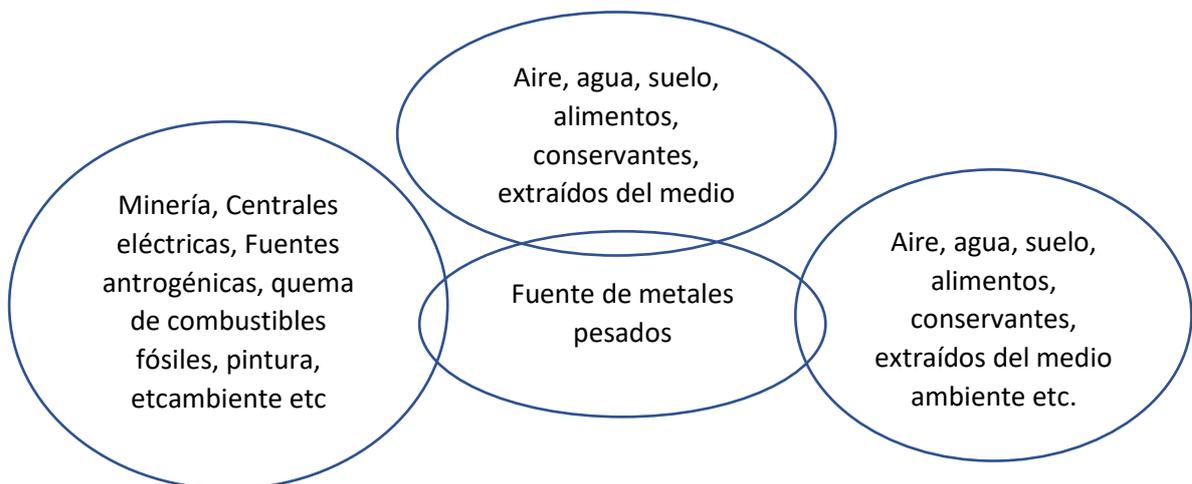
Los lodos, producto final de los procesos de tratamiento de aguas residuales, se han acumulado simultáneamente en enormes cantidades en las instalaciones municipales e industriales de tratamiento de aguas residuales de todo el mundo (Zhang et al., 2021, p. 1).

Por ejemplo, se calcula que la Unión Europea produjo 9 millones de toneladas de materia seca de lodos en 2010 y se espera que produzca 12 millones de toneladas de materia seca anualmente para 2020 (Teoh y Li, 2020, p.1).

Se cree que una fuente puntual muy extendida de contaminación por metales pesados son los lodos de las aguas residuales residenciales municipales que contienen artículos domésticos (Cheng et al., 2022, p.2). Pero también, numerosas operaciones industriales dan lugar habitualmente a la producción de un número considerable de estos elementos, y diversos vertederos industriales y municipales contribuyen a la contaminación en general (Babincev et al., 2020, p.2).

Entre las diversas fuentes de generación de metales pesados se detalla el Figura 1.

Figura 1: Fuente de metales pesados



Fuente: Modificado de Kaur y Roy, (2021, p.3)

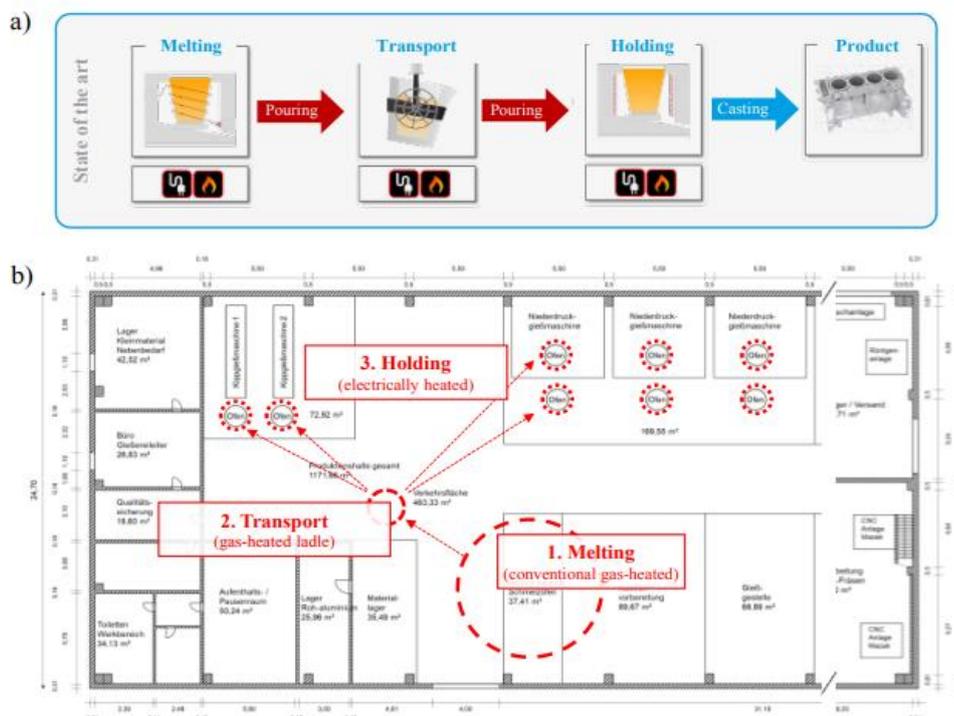
Definiendo a los metales pesados como elementos químicos metálicos y metaloides que son nocivos tanto para el ser humano como para el medio

ambiente, debido a su gran peso atómico o a su alta densidad (Briffa et al., 2020, p.3).

Y los metales no férricos son productos básicos esenciales y estratégicamente cruciales para la economía nacional, factores que elevan enormemente su demanda e impulsan la extracción y fundición de minerales metálicos (Luo et al., 2023, p.4). Por ello, numerosos trabajos y publicaciones han abordado el problema de la contaminación antropogénica de los suelos en distritos o en lugares de fundición de metales no ferrosos (Kribek et al., 2018, p.2).

La industria de la fundición requiere de diversos materiales para su proceso, desde materiales naturales hasta los metales y aleaciones que componen el producto comercial, generando diversos tipos de residuos por las piezas fundidas (Scharf et al., 2021, p.73).

Figura 2: Diseño convencional del proceso en la producción de fundición de metales ligeros (a) esquemáticamente, (b) logística del flujo de materiales en las PYME



Fuente: Scharf et al., (2021, p.2)

El diseño estándar actual del proceso de producción de piezas de fundición de metales, que utilizan tanto las PYME como las grandes empresas, puede

dividirse en las siguientes fases del proceso, sin tener en cuenta la fuente de energía empleada (Scharf et al., 2021, p.2) (ver figura 2).

La arena de fundición usada (UFS) es un subproducto de la industria de la fundición de metales que se utiliza para fabricar moldes para metales ferrosos (hierro y acero) y no ferrosos (cobre, aluminio y latón) (Tittarelli, 2018, p.122).

Pero, además, la escoria de fundición (FS) es un producto que se cogenera por la fabricación de acero inoxidable, y esta escoria supone un grave peligro potencial para el ecosistema y la salud humana (Pan et al., 2017, p.2).

Figura 3: Clasificación de escoria por tipo categorías



Elaboración propia

Se pueden utilizar distintos tipos de hornos para fundir aleaciones ferrosas durante el proceso de fusión y durante el funcionamiento se crea una escoria oxidica procedente de diversas fuentes, como la chatarra, la oxidación del metal fundido, las reacciones químicas con otros elementos, etc. (Cardoso et al., 2018, p.3).

Se cree que se producen tres toneladas de acero inoxidable junto con una tonelada de escoria durante el proceso de refinado y, en particular, el cromo (2-10%) de la escoria es uno de los residuos más peligrosos y difíciles de eliminar (Gu et al., 2021, p.4).

En la actualidad, la mayoría de las escorias de acero inoxidable (SSS) se conservan primero a cielo abierto y las escorias deben estabilizarse antes de verterse en vertederos para evitar la contaminación por cromo (VI) del suelo y las aguas subterráneas (Jiao et al., 2019, p.3).

Figura 4: Escoria de fundición



Fuente: Cardoso et al., (2018, p.3)

Dando lugar a una enorme demanda el uso intensivo de sales de Cr en varios sectores de la fundición y, en consecuencia, a una importante preocupación medioambiente, dado que la exposición a este metal y a sus residuos tiene un impacto negativo en los organismos, siendo el más venenoso el Cr+6 (Rangel et al., 2016, p.3).

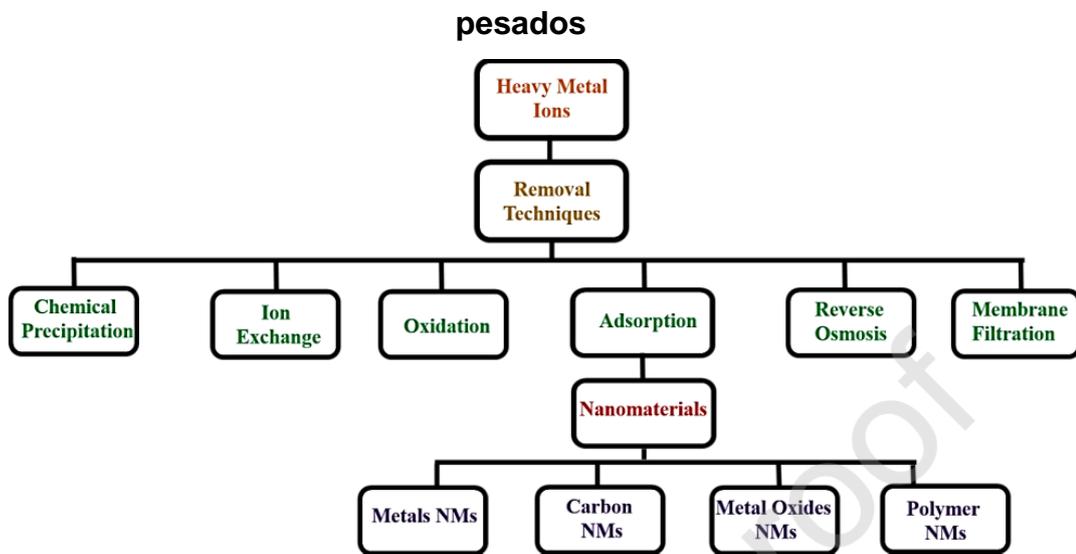
Por ello, las industrias de fundición y moldeo de metales se enfrentan a una serie de dificultades debido a los estrictos requisitos medioambientales, las emisiones y los residuos, que repercuten en los resultados de sostenibilidad (Madan y Singh, 2023, p.29). Siendo, la fundición de metales no férricos una de las fuentes de contaminación por metales pesados de origen humano más destacadas debido a los vertidos húmedos y secos de compuestos peligrosos durante el refinado y procesamiento de concentrados minerales (Kang Min-Ju et al., 2019, p.2).

La dispersión generalizada de este metal peligroso puede deberse también a la emisión de partículas más pequeñas procedentes de altas chimeneas de fundición (Schindler et al., 2022, p.4).

Las fundiciones que procesan materiales emiten contaminación del aire fresco que cubre de partículas peligrosas las viviendas y tierras de cultivo cercanas (Kydd, 2022, p.91).

Debido a las preocupaciones ambientales presentados de las escorias que presentan cromo hexavalente, se planteó en el trabajo la oxidación química y su recuperación; mostrando a continuación las siguientes definiciones (Ver figura 5):

Figura 5: Clasificación del proceso de remoción y adsorción de metales pesados



Fuente: Aigbe y Osibote, (2020, p.9)

La conversión química de Cr(VI) en Cr(III) ha ganado mucha atención en los últimos años, ya que el resultado de la reducción, Cr(III), es un nutriente vital para los seres vivos (Farooqi et al., 2021, p.1).

El cromo hexavalente se recupera mediante la técnica de oxidación química, que consiste en convertir los iones de metales pesados en compuestos insolubles (hidróxidos básicos o carbonatos) y neutralizar el efluente con reactivos alcalinos a partir de soluciones acuosas (Kononova et al., 2019, p.3).

En la oxidación química los procedimientos se ejecutan a temperaturas y niveles de pH moderados, con requisitos mínimos de reactivos y energía, y

con mayor frecuencia en el rango de partes por millón y superior (Villegas et al., 2017, p.2).

Por otro lado, debido a su gran eficacia, bajo coste, respeto al medio ambiente, regeneración del sorbente y sencillas condiciones de funcionamiento, la sorción se ha utilizado como procedimiento tradicional de descontaminación de HM en muchas aplicaciones industriales (Aigbe y Osibote, 2020, p.6).

En el proceso de sorción, los contaminantes se eliminan de una combinación líquida o gaseosa pasando a través de una sustancia sólida permeable adecuada conocida como adsorbente (Yusuff, 2019, p.2).

Los dos tipos básicos de sorción son la fisisorción y la quimisorción. La baja temperatura (por debajo de la temperatura crítica), la sorción multicapa y la baja energía de activación son características de la fisisorción, en la que el sorbato se adhiere a la superficie del sorbente mediante fuerzas de Van-der-Waals (Patel, 2019, p.2).

Los valores de entalpía de la sorción reversible también son bajos y no existe una temperatura crítica; mientras que la sorción irreversible con una entalpía de sorción elevada de 200 KJ/mol caracteriza la quimisorción; la sorción monocapa, la energía de activación elevada y las fuerzas electrostáticas más fuertes, desempeñan un papel importante en la quimisorción (Patel, 2018, p.3).

Para ello se puede aplicar diversos materiales de adsorción como floculantes naturales, los cuales se dividen en 3 categorías: floculante catiónico, floculante aniónico y floculante no iónico en función de la naturaleza de los grupos funcionales que constituyen su estructura química (El Gaayda et al., 2021, p.5).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: Tipo aplicada

De acuerdo con Abrahamse (2019, p.3), la investigación aplicada pretende crear conocimiento resolviendo directamente los problemas sociales. Ante esto, el estudio se centra en resolver el problema de la contaminación por cromo hexavalente generado por industrias de fundición mediante dos tipos de procesos; la remoción y la recuperación; para lo cual se aplicará un floculante natural para remover el contaminante y el POA con la oxidación química utilizando un agente oxidante para la recuperación.

3.1.2. Diseño de investigación: Experimental

Byron et al., (2018, p.283), se define el diseño experimental como aquel que analiza el método estadístico conocido como diseño experimental como medio para encontrar y medir las causas de un efecto en un estudio cuantitativo experimental.

Además, es característica porque permite al autor poder manipular intencionalmente una variable; siendo en este caso la variable independiente, descrita por la recuperación por Oxidación química y remoción con cáscara de papa.

3.2. Variables y operacionalización

Se describe a detalle en la tabla ubicada en Anexo 1.

➤ **Variable dependiente:**

Recuperación y remoción de cromo hexavalente

➤ **Definición conceptual:**

Para la remoción o recuperación se puede llevar a cabo mediante tratamientos químicos o biológicos; realizando la adición de compuestos químicos como oxidantes o materiales naturales como floculantes naturales, considerando diferentes parámetros como tiempos, dosis,

entre otros, buscando conseguir el mayor promedio de remoción o recuperación del contaminante mediante la fórmula de promedio de remoción (Gaayda et al., 2021, p.5), (El Gaayda et al., 2021, p.5).

➤ **Definición Operacional:**

Se realizará la caracterización de la muestra para comparar los valores iniciales antes de aplicar los dos tipos de procesos (remoción y recuperación) y se evaluará mediante un agente oxidante y el floculante de cascará de papa.

➤ **Dimensiones:**

Características fisicoquímicas

➤ **Indicadores:**

Potencial de Hidrógenos

Cr

Temperatura

➤ **Variable independiente:**

Oxidación química y Tratamiento con floculante natural

➤ **Definición conceptual:**

Mediante el uso de diversos oxidantes y catalizadores, la oxidación química elimina el color, el olor, los productos químicos orgánicos y los compuestos inorgánicos del agua generada. Los oxidantes más utilizados son el cloro, el ozono, el oxígeno, el peróxido y el permanganato (Villegas et al., 2016, p.1). La capacidad de eliminar meta-les de la muestra de agua o su turbidez viene determinada por el proceso que busca formar flóculos (aglomeraciones de coloides) atrayendo las partículas con el floculante. Este proceso depende de las características orgánicas e inorgánicas del agua, así como de la dosis de floculante, el efecto energético de la mezcla y el tiempo de mezclado. medir la turbidez o la capacidad de eliminación de metales de la muestra de agua mediante mezclado (Caviedes et al., 2016, p.2)

➤ **Definición operacional:**

En el tratamiento de oxidación química para la recuperación del cromo (VI) se utilizará peróxido de hidrogeno (H₂O₂) como agente oxidante realizando 9 tratamientos con 3 réplicas cada uno aplicando 3 dosis diferentes del oxidante en 40, 50 y 60 g con 3 temperaturas diferente de 30, 60 y 90 °C. Mientras que para el tratamiento con floculante se utilizará la cáscara de papa, considerando 3 tiempos diferentes en 30, 60 y 120 minutos, mientras que el floculante natural será aplicado con 4 dosis diferentes en 1.5, 3.0, 4.5 ,6.0 y 7.5 g.

➤ **Dimensiones**

Floculante natural

Agente oxidante

➤ **Indicadores**

Cáscara de papa

Peróxido de hidrogeno

3.3. Población muestra y muestreo

3.3.1. Población: Agua residual con escoria de fundición tomada en la fundición EMICSA, Empresa Metalúrgica Industrial y Comercial S.A.

➤ **Criterio de inclusión:** Solo muestras de aguas residuales de fundición (con escoria de fundición) el cual presenta una mezcla de metales

➤ **Criterio de exclusión:** Aguas residuales de otro tipo de industria

3.3.2. Muestra: 1 k de la muestra de escoria de fundición contaminado con Cr (VI).

3.3.3. Muestreo: El muestreo fue probabilístico, ya que la muestra recolectada en una empresa de fundición y no será elaborada ni a nuestro criterio, será una muestra totalmente aleatoria.

3.3.4. Unidad de análisis: Aguas residuales con escoria de fundición.

3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos

La técnica es la observación, siendo utilizada para detallar los resultados mediante los datos obtenidos en cada estudio experimental de los procesos de oxidación química y remoción. Mientras que los instrumentos utilizados son los instrumentos de validación de las fichas de recojo de datos necesarios para la tesis ubicados en anexos, así como la validación de equipos del laboratorio de la Universidad Cesar vallejo.

Figura 6: Validación de equipos de laboratorio

Equipos	Modelo	Definición	Aplicación
pH metro	HANNA 8424	El pH-metro se suele calibrar a 25 °C y se utiliza para comprobar la acidez o la basicidad de una solución (Vitthal et al., 2016, p.1).	Se utilizó para determinar el valor del pH de la escoria de fundición.
Termómetro digital	DO Meter Portable HANNA HI 9146, Dissolved Oxygen Meter	Brinda datos digitales que luego se utilizan para leer con gran precisión la temperatura de un cuerpo (Prasannakumaran et al., 2021, p.663).	Se utilizó para determinar la temperatura de la escoria de fundición.

3.5. Procedimiento:

FASE 1: Recolección y análisis de muestra

- Recolección de muestras, fue realizada en las instalaciones de un taller de fundición ubicado en el distrito de SJL, en un recipiente de aproximadamente 10 litros. Cabe agregar que la muestra fue tomada siguiendo los protocolos de la Norma Técnica Peruana NTP 214.060.2016 "Aguas Residuales".

- Como segundo procedimiento se realizó la caracterización inicial del efluente, tal como se denota en la tabla N°1 de resultados.

FASE 2: Preparación del floculante

- La obtención de la materia prima (cascara de papa) fue en el domicilio del tesista aproximadamente 5 kg.
- Se desinfecto y lavo la materia prima para remover extractos de tierra u otras materias.
- A una temperatura de 100 a 150 °C, se dispuso la cascara de papa para su secado durante 12 horas aproximadamente.
- En un molino casero se dispuso la materia prima para ser triturado hasta obtener granulas pequeñas y uniformes.

FASE 3: Tratamiento 1 - Remoción de Cr(VI)

- El primer tratamiento, que tiene como finalidad remover el contaminante Cr (VI), fue mediante el floculante natural a base de cascara de papa, utilizando la prueba de jarras, a una velocidad de 250 rpm con dosis de floculante de 1.5, 3, 4.5, 6 y 7.5 gramos, a diferentes tiempos de contacto; 30, 60 y 120 minutos.
- Se realizará un total de 9 ensayos con muestras de 1 L de agua residual para cada uno, el tratamiento fue con 3 dosis y 3 tiempos diferentes; así mismo se realizó una Corrida Inicial (CI), Repetición 1 (R1) y Repetición 2 (R2).
- Luego de cada tiempo se procedió a determinar la concentración de Cr(VI), mediante el método colorimétrico, dicho método es realizado con una solución difenilcarbácida, y en un equipo de espectrofotómetro.
- Finalmente, la determinación de la eficiencia de remoción del cromo, se obtuvo a traes de la siguiente formula:

$$\% \text{ Remoción} = [(C_i - C_f)/C_i] * 100$$

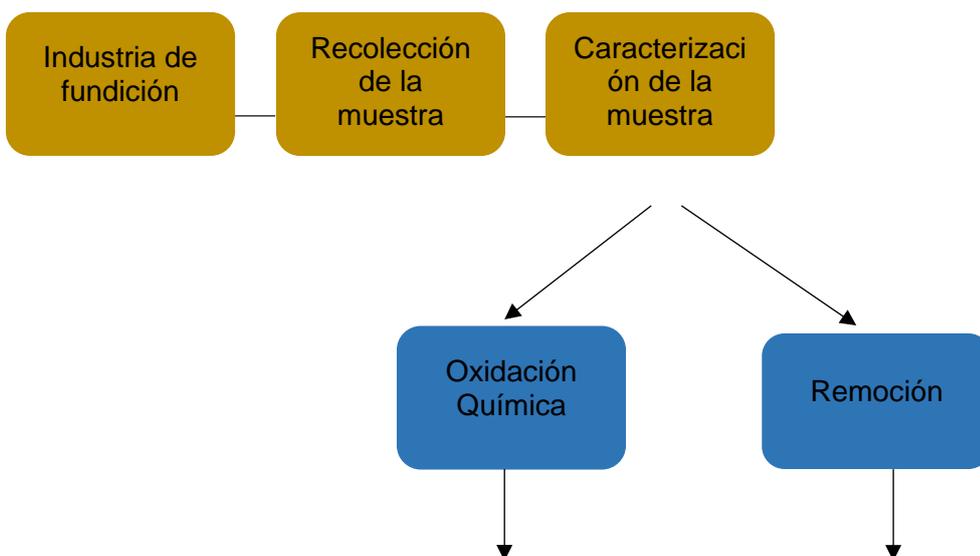
Donde:

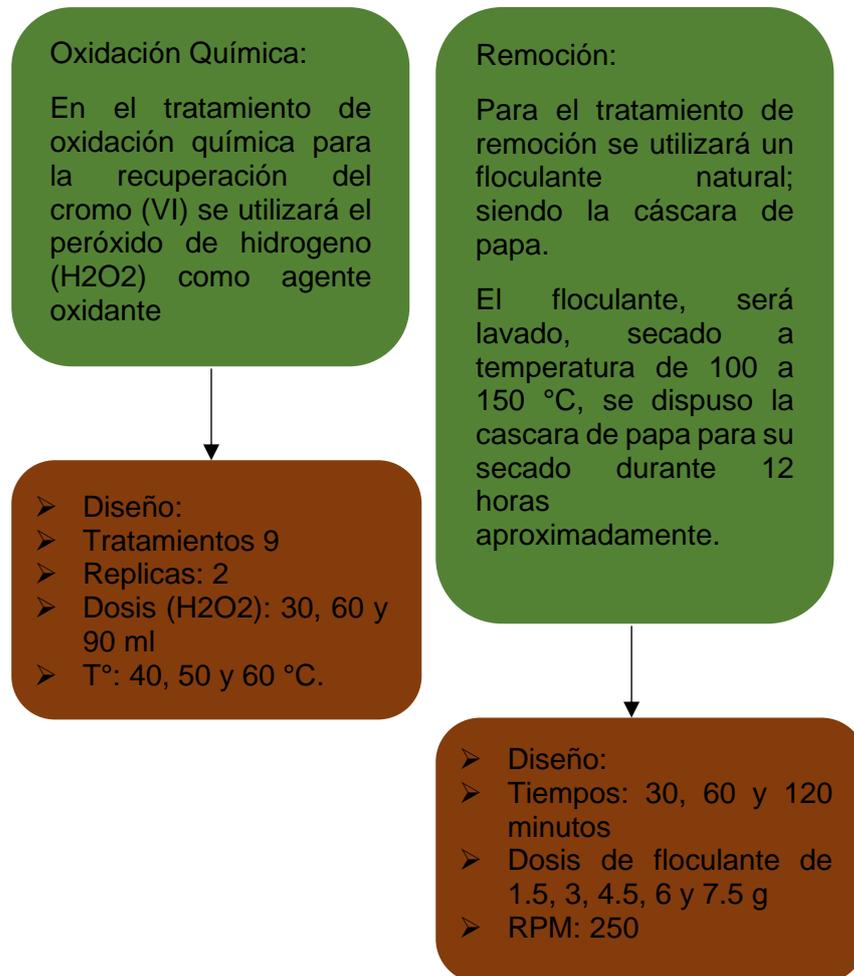
Ci: Valor inicial de Cromo VI

Cf: Valor final de Cromo VI

FASE 4: Tratamiento 2 – Recuperación de Cr(VI)

- Como primer paso se realizará la estabilidad de pH, debido a que el efluente debe tener suficiente concentración de radical OH para obtener mejor oxidación del cromo, es decir el efluente fue llevado hasta un medio alcalino, utilizando Hidróxido de sodio, siendo un valor de pH apto un valor de 10.
- Determinamos la concentración del agente oxidante, consideramos como agente al peróxido de hidrogeno (H₂O₂) comercial al 35%, definimos que será 3 dosis del oxidante (30, 60 y 90 mililitros).
- Determinamos 3 valores de temperatura (40, 50 y 60 °C), puesto que en rangos de 40 a 60°C se obtiene mayor velocidad de descomposición del agente oxidante.
- Los experimentos fueron realizados con una corrida inicial y 2 repeticiones, para obtener mayor certeza de resultados.





3.6. Método de análisis de datos

Para evaluar las hipótesis, los resultados recogidos se procesarán mediante estadística descriptiva y estadística inferencial utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y la prueba de Tukey a través del programa estadístico MINITAB.

3.7. Aspectos éticos

En el presente trabajo cumple con los aspectos éticos del respeto a la autoría, citando debidamente a los autores mencionados de acuerdo con la Norma ISO 690, así mismo siguiendo la Guía de la Universidad Cesar Vallejo.

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio, se detallan en las siguientes tablas y gráficos representativos.

Como primer procedimiento se realizó la caracterización inicial del efluente, obteniendo los siguientes resultados denotados en la tabla N° 1, siendo el metal cromo hexavalente el que obtuvo mayor valor superando los estándares de calidad.

Tabla 1: Caracterización inicial del efluente

Muestra	Parámetros	Simbología	Unidad	Concentración Inicial
MF-01	Potencial de Hidrogeno	pH	Unidad	6.8
	Temperatura	T	°C	23
	Cromo Hexavalente	Cr(VI)	Mg/L	84.65

En respuesta al objetivo 2, en las siguientes tablas se presentan las concentraciones del contaminante cromo hexavalente que fueron removidas de las aguas residuales en función al uso de cascara de papa como floculante.

Ahora bien en la primera experimentación realizada para el tratamiento 1, en el cual se consideró 5 dosis del floculante a base de cascara de papa, con un tiempo estimado de 30 minutos, se consideró 3 muestras del efluente de 1 litro cada una para realizar una corrida inicial, y dos repeticiones (R1 y R2) respectivamente, obteniendo así los siguientes valores de concentración final del contaminante cromo.

Tabla 2: Concentración de Cr(VI) en función a 30 minutos

Tiempo (min)	30	30	30	30	30
Dosis floculante (g)	1.5	3	4.5	6	7.5
Concentración Inicial (mg/L)	84.65				
CI	60.44	64.51	51.50	45.64	61.52
R1	59.99	63.99	53.01	44.82	61.99
R2	61.04	64.45	52.99	44.95	62.14
Promedio	60.49	64.32	52.50	45.14	61.88

Según la tabla anterior, se puede apreciar que la mayor reducción del metal Cr(VI), se dio con 6 gramos del floculante natural con cascara de papa a un tiempo de agitación de 30 minutos alcanzando un valor en la concentración final del metal de 45.14 mg/L con respecto al valor inicial de 84.65 mg/L.

Para este segundo ensayo del tratamiento 1, se consideró 5 dosis del floculante a base de cascara de papa, con un tiempo estimado de 60 minutos, se consideró 3 muestras del efluente de 1 litro cada una para realizar una corrida inicial, repetición 1 (R1) y repetición 2 (R2) respectivamente, obteniendo así los siguientes valores de concentración final del contaminante cromo.

Tabla 3: Concentración de Cr(VI) en función a 60 minutos

Tiempo (min)	60	60	60	60	60
Dosis floculante (g)	1.5	3	4.5	6	7.5
Concentración Inicial (mg/L)	84.65				
CI	29.04	34.12	28.12	9.02	11.05
R1	28.84	32.16	27.94	8.55	10.85
R2	28.70	32.02	28.24	8.99	10.75
Promedio	28.86	32.76	28.10	8.85	10.88

Los resultados obtenidos en la tabla anterior, denotan que la mayor reducción del metal Cr(VI), se dio con 6 gramos del floculante natural con cascara de papa a un tiempo de agitación de 60 minutos alcanzando un valor en la concentración del metal de 8.85 mg/L con respecto al valor inicial de 84.65 mg/L.

En el tercer ensayo del tratamiento 1, se consideró 5 dosis del floculante a base de cascara de papa, con un tiempo estimado de 120 minutos, se consideró 3 muestras del efluente de 1 litro cada una para realizar una corrida inicial, repetición 1 (R1) y repetición 2 (R2) respectivamente, obteniendo así los siguientes valores de concentración final del contaminante cromo.

Tabla 4: Concentración de Cr(VI) en función a 120 minutos

Tiempo (min)	120	120	120	120	120
Dosis floculante (g)	1.5	3	4.5	6	7.5
Concentración Inicial (mg/L)	84.65				
CI	27.49	31.12	25.02	8.12	10.05
R1	26.84	30.96	25.14	7.93	9.81
R2	26.17	30.82	24.94	7.99	9.79
Promedio	26.83	30.96	25.03	8.01	9.88

En la tabla 4, se observan los resultados obtenidos del ensayo N°3 del tratamiento 1, los cuales indican que la mayor reducción del metal Cr(VI), se dio con 6 gramos del floculante natural con cascara de papa a un tiempo de agitación de 120 minutos alcanzando un valor en la concentración del metal de 8.01 mg/L con respecto al valor inicial de 84.65 mg/L.

Ahora bien, los valores obtenidos de los 3 ensayos para el tratamiento 1 con floculante en base a cascara de papa, demuestran que una dosis óptima para reducir la concentración del metal Cr(VI), es de 6 gramos, así mismo el tiempo de agitación más eficiente fue en 120 minutos, sin

embargo, la diferencia en la remoción no fue muy lejana al tiempo de 60 minutos.

A continuación, en la siguiente tabla se muestran los porcentajes de remoción del contaminante en función al tiempo y dosis del floculante natural.

Tabla 5: Porcentajes de remoción de Cr(VI)

Tiempo	Concentración Inicial	84.65 mg/L				
	Dosis floculante	1.5 g	3 g	4.5 g	6 g	7.5 g
30 minutos	Promedio Concentración Final	60.49	64.32	52.50	45.14	61.88
	Eficiencia	29%	24%	38%	47%	27%
60 minutos	Promedio Concentración Final	28.86	32.76	28.10	8.85	10.88
	Eficiencia	66%	61%	67%	90%	87%
120 minutos	Promedio Concentración Final	26.83	30.96	25.03	8.01	9.88
	Eficiencia	68%	63%	70%	91%	88%

Tal como se muestra en la tabla anterior, el mayor porcentaje de remoción del contaminante Cr(VI), fue de 91%, en el ensayo N° 3, con condiciones de una dosis de 6 gramos de floculante de cascara de papa, un tiempo de agitación de 120 minutos y 250 rpm de velocidad. Cabe resaltar que el tiempo fue un factor determinante, y tal como se observa la diferencia en los porcentajes de remoción no tuvieron una gran variación en los tiempos de 60 y 120 minutos.

En respuesta al objetivo 3, para la recuperación del cromo hexavalente, a continuación, en las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos en cada ensayo con respecto a la temperatura y dosis de oxidantes empleadas.

Para este primer ensayo de recuperación del Cr(VI), se consideró llevar el agua residual a una temperatura de 40°C y añadir una dosis de 30 mL de H₂O₂, obteniendo los siguientes valores de recuperación.

Tabla 6: Ensayo 1, recuperación de Cr (VI) a 40°C y 30 mL de H₂O₂

ENSAYO	N°1				
Concentración inicial	84.65 mg/L				
Temperatura	40 °C				
Dosis de oxidante H₂O₂	30 mL				
Tiempo (minutos)	30	60	120	150	180
Corrida Inicial	2.41	3.01	3.54	4.21	5.02
R1	2.42	3.05	3.51	4.20	5.00
R2	2.41	3.03	3.52	4.21	5.01
Promedio	2.41	3.03	3.52	4.21	5.01

De la tabla anterior, se resalta que el agua residual con una concentración de 84.65 mg/L del contaminante Cromo Hexavalente, llevada a una temperatura de 40°C y con dosis de 30 mL del oxidante peróxido de hidrogeno, un máximo de recuperación del metal (5.01 mg/L) a un tiempo de 180 minutos, siendo una recuperación no tan satisfactoria.

El segundo ensayo, se aumentó la dosis del oxidante H₂O₂ a 60 mL y considerando la misma temperatura de 40°C, obteniendo los siguientes valores de recuperación.

Tabla 7: Ensayo 2, recuperación de Cr (VI) a 40°C y 60 mL de H₂O₂

ENSAYO	N°2				
Concentración inicial	84.65 mg/L				
Temperatura	40 °C				
Dosis de oxidante H₂O₂	60 mL				
Tiempo (minutos)	30	60	120	150	180
Corrida Inicial	2.79	3.21	3.65	4.38	5.15
R1	2.78	3.22	3.66	4.37	5.16
R2	2.78	3.23	3.66	4.38	5.16
Promedio	2.78	3.22	3.66	4.38	5.16

Tal como se visualiza en la tabla anterior, para este segundo ensayo al aumentar la dosis del oxidante se tuvo un ligero aumento en la recuperación

del contaminante Cromo Hexavalente, con un valor de 5.16 mg/L a un tiempo de 180 minutos.

En el tercer ensayo, se aumentó la dosis del oxidante H₂O₂ a 90 mL y considerando la misma temperatura de 40°C, obteniendo los siguientes valores de recuperación.

Tabla 8: Ensayo 3, recuperación de Cr (VI) a 40°C y 90 mL de H₂O₂

ENSAYO	N°3				
Concentración inicial	84.65 mg/L				
Temperatura	40 °C				
Dosis de oxidante H₂O₂	90 mL				
Tiempo (minutos)	30	60	120	150	180
Corrida Inicial	4.59	5.33	6.19	6.93	7.95
R1	4.59	5.32	6.18	6.91	7.96
R2	4.58	5.33	6.18	6.92	7.93
Promedio	4.59	5.33	6.18	6.92	7.95

El último ensayo realizado a una temperatura de 40°C, y con un aumento en la dosis de oxidante H₂O₂ a 90 mL, se observa una recuperación mayor al ensayo 1 y 2, sin embargo, el margen en sus valores no ha sido de gran extensión, ante ello, se concluye que el mayor valor de recuperación del contaminante Cromo Hexavalente, ha sido de 7.95 obtenido en el ensayo 3.

Ahora bien, en los 3 siguiente ensayo de recuperación del Cr(VI), se definió un aumento en la temperatura hasta 50°C y añadir las mismas dosis de 30, 60 y 90 mL del oxidante H₂O₂, de tal modo que se obtuvo como valores de recuperación los siguientes.

Tabla 9: Ensayo 4, recuperación de Cr (VI) a 50°C y 30 mL de H₂O₂

ENSAYO	N°4				
Concentración inicial	84.65 mg/L				
Temperatura	50 °C				
Dosis de oxidante H₂O₂	30 mL				
Tiempo (minutos)	30	60	120	150	180
Corrida Inicial	3.11	3.79	4.04	4.71	5.15

R1	3.10	3.80	4.03	4.71	5.16
R2	3.11	3.80	4.00	4.72	5.16
Promedio	3.11	3.80	4.02	4.71	5.16

En la tabla 9, se puede apreciar una recuperación del contaminante (CrVI), de hasta 5.16 mg/L, con un tiempo de 180 minutos, lo cual no es aun suficiente para lograr un mejor objetivo de recuperación.

Es por ello que se procedió a aumentar la dosis del oxidante hasta 60 mL obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla 10: Ensayo 5, recuperación de Cr (VI) a 50°C y 60 mL de H₂O₂

ENSAYO	N°5				
Concentración inicial	84.65 mg/L				
Temperatura	50 °C				
Dosis de oxidante H₂O₂	60 mL				
Tiempo (minutos)	30	60	120	150	180
Corrida Inicial	3.71	4.04	4.55	5.13	5.92
R1	3.72	4.05	4.55	5.15	5.93
R2	3.71	4.05	4.54	5.14	5.91
Promedio	3.71	4.05	4.55	5.14	5.92

De acuerdo a los valores obtenidos en la tabla 10, se visualiza un leve aumento en la recuperación del contaminante (CrVI), de hasta 5.92 mg/L, con un tiempo de 180 minutos, lo cual no es significativo en comparación a los resultados obtenidos con una dosis del oxidante de 30 ml.

Por lo cual se procedió a aumentar la dosis del oxidante hasta 90 mL obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla 11: Ensayo 6, recuperación de Cr (VI) a 50°C y 90 mL de H₂O₂

ENSAYO	N°6				
Concentración inicial	84.65 mg/L				
Temperatura	50 °C				
Dosis de oxidante H₂O₂	90 mL				
Tiempo (minutos)	30	60	120	150	180
Corrida Inicial	4.69	5.83	6.70	7.33	8.25
R1	4.70	5.82	6.69	7.31	8.28
R2	4.68	5.81	6.71	7.34	8.26
Promedio	4.69	5.82	6.70	7.33	8.26

Ahora bien, después de realizar el último ensayo a una temperatura de 50°C y con una dosis de oxidante de 90 mL los valores obtenidos en la tabla 11, denotan un aumento en la recuperación del contaminante (CrVI), de hasta 8.26 mg/L, con un tiempo de 180 minutos, lo cual nos confirma que a mayor dosis mejor obtención de recuperación se obtiene.

Del mismo modo, para los 3 últimos ensayos de recuperación del Cr(VI), se determinó un aumento de temperatura hasta 60°C y considerando las mismas dosis (30, 60 y 90 mL) del oxidante H₂O₂, se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 12: Ensayo 7, recuperación de Cr (VI) a 60°C y 30 mL de H₂O₂

ENSAYO	N°7				
Concentración inicial	84.65 mg/L				
Temperatura	60 °C				
Dosis de oxidante H₂O₂	30 mL				
Tiempo (minutos)	30	60	120	150	180
Corrida Inicial	4.92	6.39	8.16	9.10	10.26
R1	4.90	6.37	8.17	9.11	10.26
R2	4.93	6.38	8.15	9.09	10.28
Promedio	4.92	6.37	8.16	9.10	10.27

De acuerdo a lo que se aprecia en la tabla anterior la recuperación del contaminante (CrVI), obtenido fue de 10.27 mg/L, con un tiempo de 180 minutos.

Con ello y sabiendo que a mayor dosis del oxidante se puede obtener mayor recuperación del metal, se procedió a aumentar la dosis del oxidante hasta 60 mL obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla 13: Ensayo 8, recuperación de Cr (VI) a 60°C y 60 mL de H₂O₂

ENSAYO	N°8				
Concentración inicial	84.65 mg/L				
Temperatura	60 °C				
Dosis de oxidante H₂O₂	60 mL				
Tiempo (minutos)	30	60	120	150	180

Corrida Inicial	6.19	7.98	9.08	11.13	12.90
R1	6.18	7.95	9.07	11.12	12.89
R2	6.20	7.97	9.10	11.14	12.91
Promedio	6.19	7.08	9.70	11.13	12.90

De acuerdo a los valores obtenidos en la tabla 13, se visualiza un aumento en la recuperación del contaminante (CrVI), de hasta 12.90 mg/L, con un tiempo de 180 minutos.

Para este último ensayo, se procedió a aumentar la dosis del oxidante hasta 90 mL obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla 14: Ensayo 9, recuperación de Cr (VI) a 60°C y 90 mL de H₂O₂

ENSAYO	N°9				
Concentración inicial	84.65 mg/L				
Temperatura	60 °C				
Dosis de oxidante H₂O₂	90 mL				
Tiempo (minutos)	30	60	120	150	180
Corrida Inicial	8.45	9.87	12.03	13.93	16.25
R1	8.46	9.88	12.00	13.91	16.30
R2	8.44	9.87	12.04	13.90	16.27
Promedio	8.45	9.87	12.02	13.91	16.27

Después de realizar el último ensayo a una temperatura de 60°C y con una dosis de oxidante de 90 mL los valores obtenidos en la tabla 14, denotan un aumento en la recuperación del contaminante (CrVI), de hasta 16.27 mg/L, con un tiempo de 180 minutos, lo cual nos confirma que a mayor dosis mejor obtención de recuperación se obtiene, además que la mejor temperatura de tratamiento es de 60 °C.

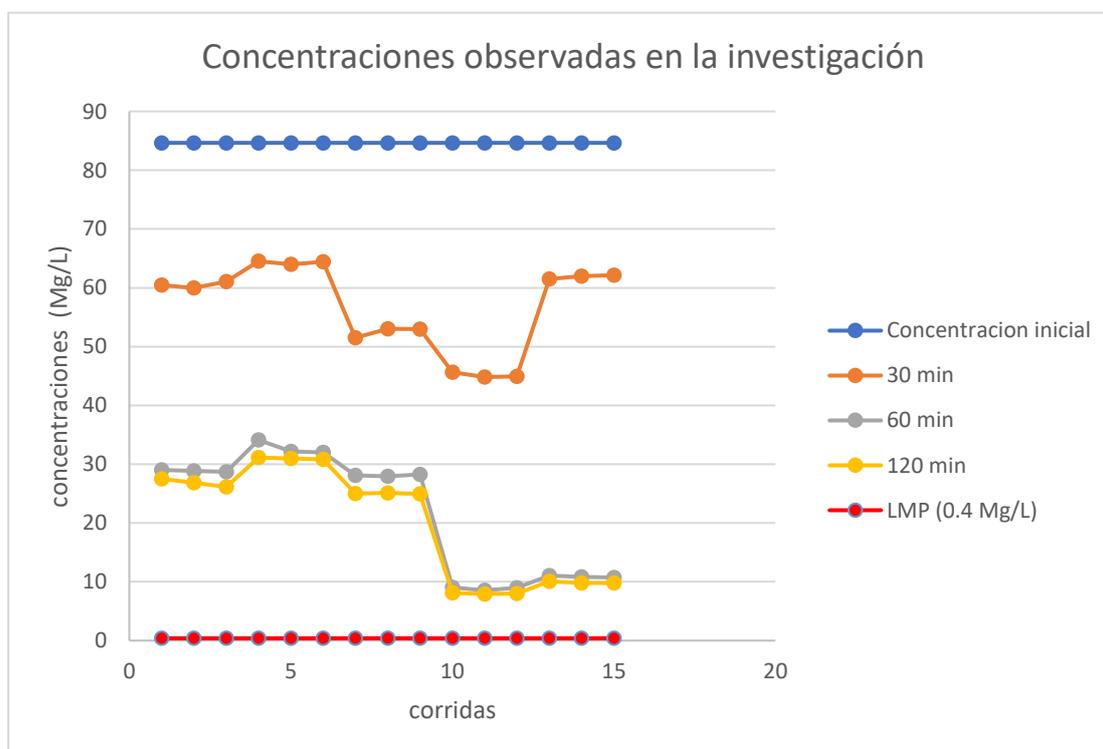
Resultados estadísticos:

Oe1: Identificar la concentración inicial del cromo hexavalente antes del tratamiento por oxidación química y floculación

Tabla 15: Concentración inicial del cromo hexavalente antes de los tratamientos

Parámetros	Simbología	Concentración Inicial	Decreto Supremo N° 003-2002- Produce
Cromo Hexavalente	Cr(VI)	84.65 Mg/L	0.4

Figura 7: Concentraciones de la investigación



Interpretación: Si bien luego de la investigación aun superan los límites máximos permitidos, es significativa la disminución de los valores de concentración alcanzados con la investigación.

Oe2: Identificar la eficiencia del floculante con cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente

En la tabla 16 se muestra la prueba ANOVA para analizar el efecto del tiempo y dosis sobre la eficiencia del floculante.

Tabla 16: Prueba ANOVA para analizar la eficiencia del floculante

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	21898,41 ^a	6	3649,74	133,68	,000
Intersección	167736,71	1	167736,71	6143,79	,000
Tiempo	17964,35	2	8982,18	329,00	,000
Dosis	3934,06	4	983,52	36,02	,000
Error	1037,47	38	27,30		
Total	190672,59	45			
Total corregido	22935,88	44			

a. R al cuadrado = ,955 (R al cuadrado ajustada = ,948)

Interpretación: analizar el efecto del tiempo y dosis sobre la eficiencia del floculante se identificó un efecto significativo del tiempo (Sig=0.000 menor que 0.05) y de la dosis (Sig=0.000 menor que 0.05).

En la tabla 17 se muestra la prueba de Tukey para analizar la eficiencia del floculante con cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente según tiempo.

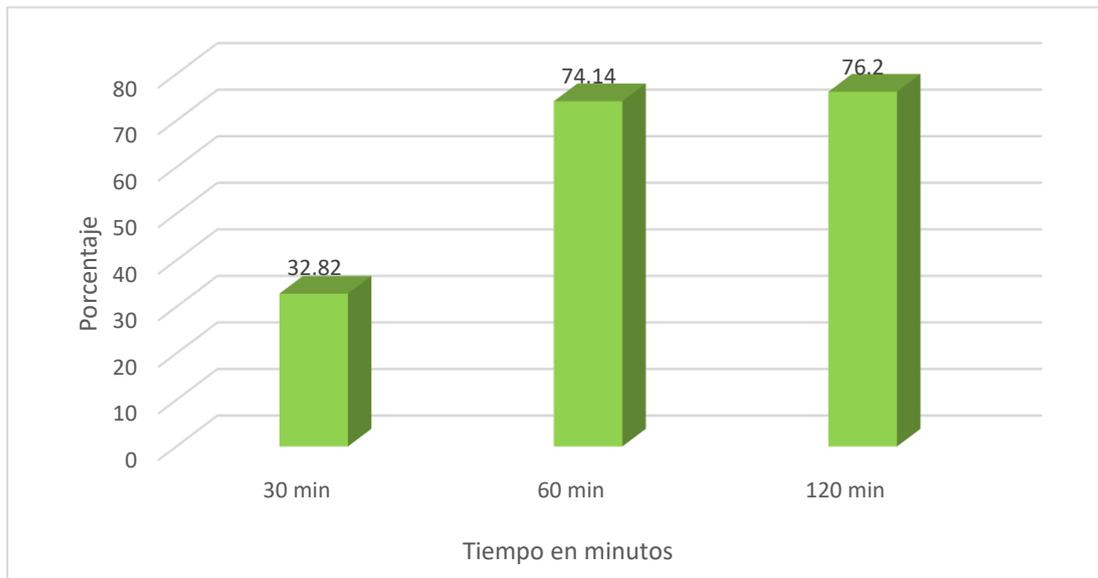
Tabla 17: Prueba de Tukey para analizar la eficiencia del floculante en la remoción de cromo hexavalente según tiempo

Tiempo	N	Subconjunto	
		1	2
30	15	32,82	
60	15		74,14
120	15		76,20

Sig.	1,000	,531
------	-------	------

Interpretación: La eficiencia del floculante resulto significativamente mayor a los 60 minutos y 120 minutos.

Figura 8: Porcentaje de remoción respecto al tiempo



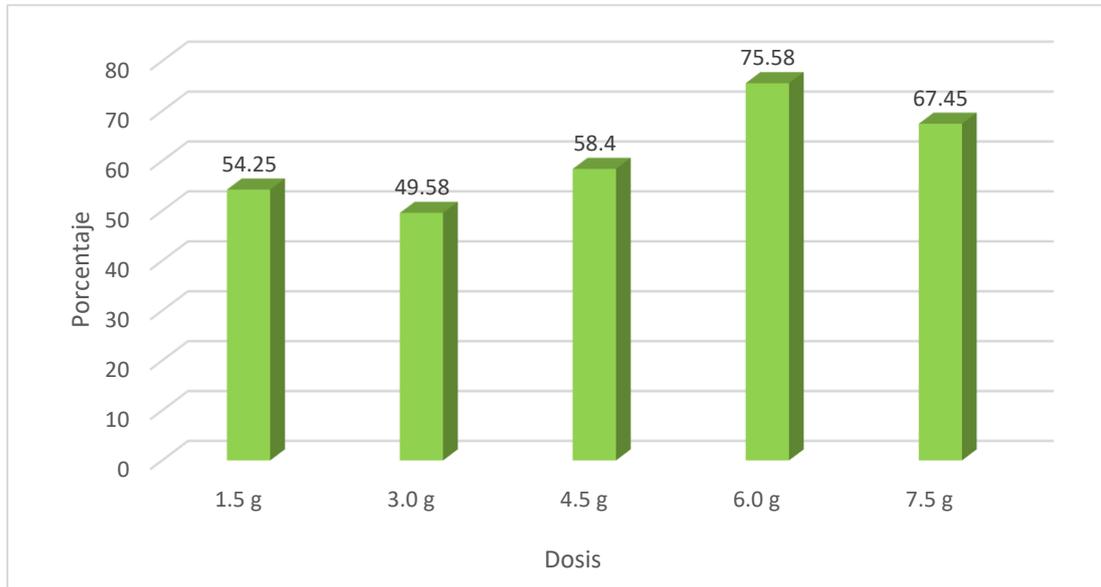
En la tabla 18 se muestra la prueba de Tukey para analizar la eficiencia del floculante con cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente según dosis.

Tabla 18: Prueba de Tukey para analizar la eficiencia del floculante en la remoción de cromo hexavalente según dosis

Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
3,0	9	49,58			
1,5	9	54,25	54,25		
4,5	9		58,40		
7,5	9			67,45	
6,0	9				75,58
Sig.		,336	,454	1,000	1,000

Interpretación: La eficiencia del floculante resulto significativamente mayor cuando se utilizó 6 g.

Figura 9: Porcentaje de remoción respecto a la dosis



Oe3: Identificar los niveles de concentración recuperados del cromo hexavalente ante la aplicación del proceso de oxidación química

En la tabla 19 se muestra la prueba ANOVA para analizar el efecto de la temperatura, tiempo y dosis sobre la recuperación del contaminante

Tabla 19: Prueba ANOVA para analizar el efecto de la temperatura, tiempo y dosis

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	6929,512 ^a	9	769,946	1086,525	,000
Temperatura	6428,576	3	2142,859	3023,940	,000
Dosis	232,702	2	116,351	164,191	,000
Tiempo	268,234	4	67,058	94,631	,000
Error	89,288	126	,709		
Total	7018,800	135			

a. R al cuadrado = ,987 (R al cuadrado ajustada = ,986)

Interpretación: analizar la recuperación del contaminante según la temperatura, el tiempo y dosis sobre la eficiencia del floculante se identificó un efecto significativo de la temperatura (Sig=0.000 menor que 0.05), del tiempo (Sig=0.000 menor que 0.05) y de la dosis (Sig=0.000 menor que 0.05).

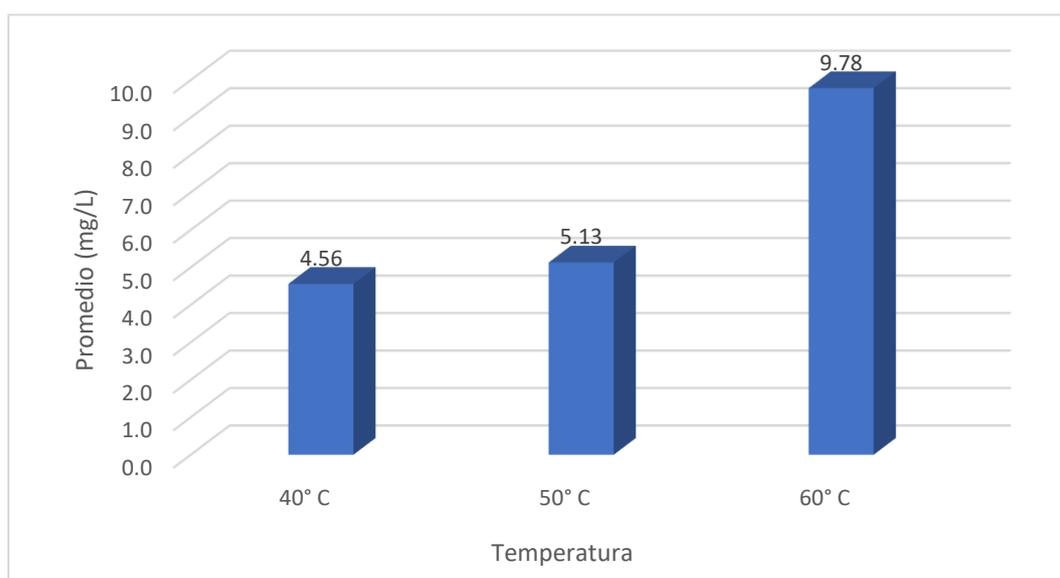
En la tabla 20 se muestra la prueba de Tukey para analizar la recuperación del contaminante según temperatura.

Tabla 20: Prueba de Tukey para analizar la recuperación del contaminante

Temperatura	N	Subconjunto		
		1	2	3
40° C	45	4,56		
50° C	45		5,13	
60° C	45			9,78
Sig.		1,000	1,000	1,000

Interpretación: La recuperación del contaminante mostro una diferencia significativa en todos los niveles analizados, identificándose el mayor promedio de recuperación a la temperatura de 60° C con una media de 9.78 mg/L.

Figura 10: Promedio de remoción respecto a la temperatura



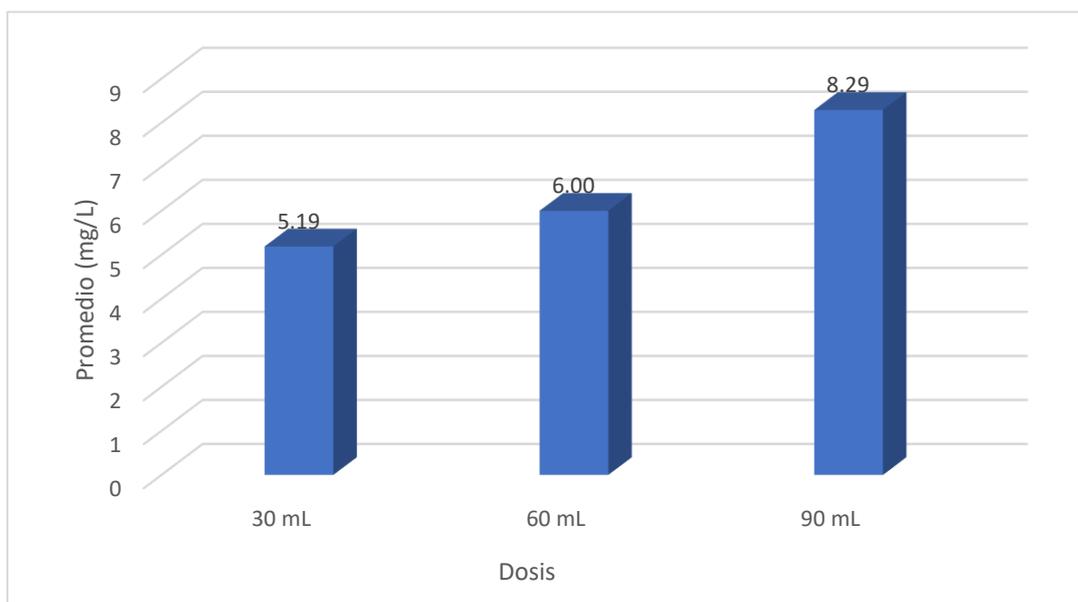
Prueba de Tukey para analizar la recuperación del contaminante según dosis.

Tabla 21: Prueba de Tukey para analizar la recuperación del contaminante según dosis

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
30 mL	45	5,19		
60 mL	45		6,00	
90 mL	45			8,29
Sig.		1,000	1,000	1,000

Interpretación: La recuperación del contaminante mostro una diferencia significativa en todos los niveles de dosis analizados, identificándose el mayor promedio de recuperación al nivel de 90mL con una media de 8.29 mg/L.

Figura 11: Promedio de remoción respecto según dosis



En la tabla 22 se muestra la prueba de Tukey para analizar la recuperación del contaminante según tiempo.

Tabla 22: Prueba de Tukey para analizar la recuperación del contaminante según tiempo

Tiempo	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
30	27	4,54				
60	27		5,50			
120	27			6,44		
150	27				7,42	
180	27					8,56
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Interpretación: La recuperación del contaminante mostro una diferencia significativa en todos los niveles de tiempo analizados, identificándose el mayor promedio de recuperación al nivel de 180min con una media de 8.56 min.

Figura 12: Promedio de remoción respecto según tiempo



V. DISCUSIÓN

Con respecto al objetivo específico 1 se identificó que la concentración inicial del cromo hexavalente antes del tratamiento por oxidación química y floculación fue de 84.65 mg/l, superando los estándares de calidad y al ser comparado con el decreto Supremo N° 003-2002-Produce; se demuestra su exceso de presencia de Cr (VI).

Con respecto al segundo objetivo específico, la eficiencia del floculante con cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente fue mayor al 50% en tiempos de 60 minutos y 120 minutos; siendo el promedio del porcentaje de remoción a los 60 minutos de 66%, 61%, 67%, 90%, 87% para dosis de floculante en 1.5, 3, 4.5, 6, 7.5 g. respectivamente, y para un tiempo de 120 minutos la remoción fue aún mayor en 68%, 63%, 70%, 91%, 88% para dosis de floculante de 1.5, 3, 4.5, 6, 7.5 g.

Así mismo, en la prueba de Tukey para analizar la eficiencia del floculante en la remoción de cromo hexavalente según tiempo; la eficiencia del floculante resulto significativamente mayor a los 60 minutos y 120 minutos y la eficiencia del floculante resulto significativamente mayor cuando se utilizó 6 g.

Así mismo, en el estudio de Hui et al., (2021, p.1); apoyando con lo obtenido, los resultados de los estudios sobre la eliminación de Cr(VI) muestran que los floculantes naturales eliminaron Cr(VI) en un 79,87%.

Como se muestra en la tabla 5 de resultados, el mayor porcentaje de remoción del contaminante Cr(VI), fue de 91%, con condiciones de una dosis de 6 gramos de floculante de cascara de papa, un tiempo de agitación de 120 minutos y 250 rpm de velocidad. Cabe resaltar que el tiempo fue un factor determinante, y tal como se observa la diferencia en los porcentajes de remoción no tuvieron una gran variación en los tiempos de 60 y 120 minutos.

Pero el estudio de Wang et al., (2023, p.1) refuta los resultados obtenido respecto al tiempo; ya que para remover el 97,92% de Cr (VI) utilizó como valores ideales un tiempo de 5 min y un pH de 3; donde la capacidad de adsorción del adsorbato alcanzó los 134,00 mg/g; explicando que el pH de la solución puede elevarse por

el ambiente ácido consiguiendo la liberación retardada de OH permitiendo que el Cr(III) producido forme $\text{Cr}(\text{OH})_3$ y precipite fuera de la solución independientemente del tiempo mayor.

Por otro lado, en el trabajo de Boussouga Youssef-Amine et al., (2023, p.1), la sustancia orgánica; que es el ácido húmico (AH); utilizado para la remoción de Cr hexavalente y trivalente mejoró la retención de Cr(III) en un 60% pero no tuvo ningún efecto sobre el Cr(VI); lo que explica que a concentraciones de AH tan bajas como 1 mgC/L, la complejación Cr(III)-HA fue considerable.

Con respecto al tercer objetivo específico, los niveles de concentración recuperados del cromo hexavalente ante la aplicación del proceso de oxidación química son mayores a una temperatura de 60°C y a una dosis de 90 mL; mostrando aumento en la recuperación del Cr (VI) recuperado de hasta 16.27 mg/L, con un tiempo de 180 minutos; lo cual nos confirma que a mayor dosis mejor obtención de recuperación se obtiene, además que la mejor temperatura de tratamiento es de 60 °C.

Los resultados son similares a los de Lai et al., (2023, p.1), donde mediante un proceso de recuperación el cromo trivalente final fue de 0,28 mg/L y la eficiencia de eliminación de Cr^{3+} tras 5 ciclos de adsorción/desorción se mantiene hasta el 86,0%.

Así en el estudio de Liu et al., (2022, p.1); apoya lo obtenido en el presente trabajo; donde se investigó cómo afectaba la concentración de H_2O_2 a la oxidación del Cr(III) y cómo afectaba la densidad de corriente a la recuperación del cromo, la eficiencia de la corriente y el consumo específico de energía; se obtuvo que la velocidad de oxidación del Cr de Cr(III) a Cr(VI) se vio influida por el nivel de H_2O_2 . Dando como resultado que la recuperación total de cromo superó el 67%.

Respecto a la temperatura, resultados similares se presentaron en el trabajo de Zhou et al., (2022, p.1); donde las condiciones ideales fueron las siguientes: una temperatura de 1100 °C, una dosificación de reductor del 25%, un periodo de tiempo de 40 min, una dosificación de cloruro cálcico del 7% y en los resultados cumpliendo con dichos valores la recuperación del cromo fue del 95%.

Así en la prueba de Tukey para analizar la recuperación del contaminante según tiempo, la recuperación del contaminante mostro una diferencia significativa en todos los niveles de tiempo analizados, identificándose el mayor promedio de recuperación al nivel de 180min con una media de 8.56 min. Así también, en el trabajo de Yin et al., (2022, p.1); los resultados mostraron que en tiempos mayores se recuperaba desde un 98,99% y 97,38% de cromo.

VI. CONCLUSIONES

Mediante los resultados obtenidos se determinó que la oxidación química y el floculante con cáscara de papa influyen de manera positiva en la recuperación y remoción de cromo hexavalente respectivamente; logrando remover más del 90% del contaminante y recuperar hasta 16,27 mg/L; así mismo se detalla a continuación las conclusiones específicas llegadas:

1. La concentración inicial del cromo hexavalente antes del tratamiento por oxidación química y floculación supera los estándares de calidad y al ser comparado con el decreto Supremo N° 003-2002-Produce; presentando un valor inicial de 84.65 mg/l.
2. La eficiencia del floculante con cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente logró alcanzar un 91% con las siguientes: dosis de floculante de 6 gramos, tiempo de agitación de 120 minutos y 250 rpm de velocidad. Además, el tiempo fue un factor determinante, y tal como se observa la diferencia en los porcentajes de remoción no tuvieron una gran variación en los tiempos de 60 y 120 minutos.
3. Los niveles de concentración recuperados del cromo hexavalente ante la aplicación del proceso de oxidación química fueron de hasta 16,27 mg/L con las siguientes condiciones ideales: tiempo de 180 minutos, ensayo a una temperatura de 60°C y con una dosis de oxidante de 90 mL.

VII. RECOMENDACIONES

Mediante los resultados obtenidos, y los estudios previos analizados se puede realizar las siguientes recomendaciones a los futuros investigadores para el bien de mejorar la remoción de Cr (VI) presente de industrias de fundición SJL, 2033.

1. Se recomienda tener en cuenta los diferentes valores de pH de la solución, ya que está demostrado que es un factor que influye mucho en el proceso de adsorción de la solución.
2. Para que la eficiencia del floculante con cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente sea aún mayor se recomienda modificar el material adsorbente ya sea por activación física o química.
3. Para evaluar la capacidad máxima de adsorción se recomienda analizar los resultados mediante modelos como Langmuir y Freundlich, ya que estos también permitirán determinar el grado de afinidad.

REFERENCIAS

1. Abrahamse Wokje. Chapter 1 - Introduction. Encouraging Pro-Environmental Behaviour. What Works, What Doesn't, and Why. 2019, Pages 3-10.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811359-2.00001-9>
2. AIGBE, Uyiosa Osagie; OSIBOTE, Otolorin Adelaja. A review of hexavalent chromium removal from aqueous solutions by sorption technique using nanomaterials. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2020, vol. 8, no 6, p. 104503.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104503>
3. BABINCEV, Ljiljana, et al. Measurement of heavy metals in industrial wastewater by filters based on perlite and wool. *Journal of Water Process Engineering*, 2020, vol. 37, p. 101354.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101354>
4. BOUSSOUGA, Youssef-Amine, et al. Chromium (III) and chromium (VI) removal and organic matter interaction with nanofiltration. *Science of The Total Environment*, 2023, vol. 885, p. 163695.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163695>
5. BRIFFA, Jessica; SINAGRA, Emmanuel; BLUNDELL, Renald. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 2020, vol. 6, no 9, p. e04691.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
6. CARDOSO, César, et al. Using foundry slag of ferrous metals as fine aggregate for concrete. *Resources, Conservation and Recycling*, 2018, vol. 138, p. 130-141.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.020>
7. CHENG, Xiaoqian, et al. Nationwide review of heavy metals in municipal sludge wastewater treatment plants in China: Sources, composition, accumulation and risk assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 2022, vol. 437, p. 129267.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129267>

8. DÓREA, José G. Neurodevelopment and exposure to neurotoxic metal (loid) s in environments polluted by mining, metal scrapping and smelters, and e-waste recycling in low and middle-income countries. *Environmental Research*, 2021, vol. 197, p. 111124.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111124>
9. DOVI, Evans, et al. High-capacity amino-functionalized walnut shell for efficient removal of toxic hexavalent chromium ions in batch and column mode. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2022, vol. 10, no 2, p. 107292.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107292>
10. DUTTA, Deblina; ARYA, Shashi; KUMAR, Sunil. Industrial wastewater treatment: Current trends, bottlenecks, and best practices. *Chemosphere*, 2021, vol. 285, p. 131245.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131245>
11. EL-GAAYDA, Jamila, et al. Natural flocculants for the treatment of wastewaters containing dyes or heavy metals: a state-of-the-art review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 5, p. 106060.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106060>
12. FANG, Lili, et al. Insights into the proton-enhanced mechanism of hexavalent chromium removal by amine polymers in strong acid wastewater: Reduction of hexavalent chromium and sequestration of trivalent chromium. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2023, vol. 650, p. 515-525.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2023.06.212>
13. FAROOQI, Zahoor H., et al. Inorganic nanoparticles for reduction of hexavalent chromium: Physicochemical aspects. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 402, p. 123535.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123535>
14. Francesca Tittarelli. 4 - Waste foundry sand. Waste and Supplementary Cementitious Materials in Concrete. Characterisation, Properties and Applications Woodhead Publishing Series in Civil and Structural. 2018, Pages 121-147.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102156-9.00004-3>

15. GU, Foquan, et al. Recovery of chromium from chromium-bearing slags produced in the stainless-steel smelting: A review. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 296, p. 126467.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126467>
16. HUI, Cai, et al. Interactions of iron-based nanoparticles with soil dissolved organic matter: adsorption, aging, and effects on hexavalent chromium removal. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 406, p. 124650.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124650>
17. JIAO, Fen, et al. Recovery of chromium and magnesium from spent magnesia-chrome refractories by acid leaching combined with alkali precipitation and evaporation. *Separation and Purification Technology*, 2019, vol. 227, p. 115705.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.115705>
18. KANG, Min-Ju, et al. Assessment of Zn pollution sources and apportionment in agricultural soils impacted by a Zn smelter in South Korea. *Journal of hazardous materials*, 2019, vol. 364, p. 475-487.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.10.046>
19. KAUR, Simran; ROY, Arpita. Bioremediation of heavy metals from wastewater using nanomaterials. *Environment, Development and Sustainability*, 2021, vol. 23, p. 9617-9640.
Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01078-1>
20. KILLICK, David; HAYASHIDA, Frances. Copper smelting and refining in the Pampa de Chaparrí, Lambayeque, Peru, ca. 1030–1180 cal AD. *Journal of Archaeological Science*, 2022, vol. 148, p. 105687.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2022.105687>
21. KONONOVA, O. N., et al. Ion exchange recovery of chromium (VI) and manganese (II) from aqueous solutions. *Arabian Journal of Chemistry*, 2019, vol. 12, no 8, p. 2713-2720.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.05.021>

22. KŘÍBEK, Bohdan, et al. Variability of the copper isotopic composition in soil and grass affected by mining and smelting in Tsumeb, Namibia. *Chemical Geology*, 2018, vol. 493, p. 121-135.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.05.035>
23. KYDD, John. Violence to Children, Definition and Prevention of. 2022.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820195-4.00051-0>
24. LAI, Yujian, et al. Coating zirconium oxide-nanocomposite with humic acid for recovery of mercury and chromium in hazardous waste of chemical oxygen demand test. *Journal of Environmental Sciences*, 2023, vol. 126, p. 40-47.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.04.017>
25. LIU, Yaoxing, et al. Recovery of trivalent and hexavalent chromium from chromium slag using a bipolar membrane system combined with oxidation. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2022, vol. 619, p. 280-288.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2022.03.140>
26. LUO, Xinghua, et al. Soil heavy metal pollution from Pb/Zn smelting regions in China and the remediation potential of biomineralization. *Journal of Environmental Sciences*, 2023, vol. 125, p. 662-677.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.01.029>
27. MADAN, Jatinder; SINGH, Prince Pal. Sustainability in foundry and metal casting industry. En *Sustainable Manufacturing Processes*. Academic Press, 2023. p. 29-52.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99990-8.00003-5>
28. PAN, Hengyu, et al. Sustainability evaluation of a steel production system in China based on emergy. *Journal of cleaner production*, 2017, vol. 112, p. 1498-1509.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.019>
29. PATEL, Himanshu. Fixed-bed column adsorption study: a comprehensive review. *Applied Water Science*, 2019, vol. 9, no 3, p. 45.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0927-7>

30. PATEL, Himanshu. Charcoal as an adsorbent for textile wastewater treatment. *Separation Science and Technology*, 2018, vol. 53, no 17, p. 2797-2812.
Disponible en: <https://doi.org/10.1080/01496395.2018.1473880>
31. PRASANNAKUMARAN, K. M., et al. Nanopowdered biochar materials as a selective coating in solar flat plate collectors. En *Nanomaterials*. Academic Press, 2021. p. 663-676.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822401-4.00016-7>
32. QASEM, Naef AA; MOHAMMED, Ramy H.; LAWAL, Dahiru U. Removal of heavy metal ions from wastewater: A comprehensive and critical review. *Npj Clean Water*, 2021, vol. 4, no 1, p. 36.
Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00127-0>
33. RANGEL CORDOVA, Agustín Alexander; ISARAIN CHÁVEZ, Eloy; MALDONADO VEGA, María. Caracterización y recuperación de sales de cromo hexavalente de un pasivo ambiental. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 2016, vol. 31, no 4, p. 427-437.
Disponible en: ISSN 0188-4999
34. SCHARF, Stefan, et al. FOUNDRY 4.0: An innovative technology for sustainable and flexible process design in foundries. *Procedia CIRP*, 2021, vol. 98, p. 73-78.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.008>
35. SCHINDLER, Michael, et al. A review on Pb-bearing nanoparticles, particulate matter and colloids released from mining and smelting activities. *Gondwana Research*, 2022, vol. 110, p. 330-346.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.07.011>
36. TEOH, Soon Kay; LI, Loretta Y. Feasibility of alternative sewage sludge treatment methods from a lifecycle assessment (LCA) perspective. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 247, p. 119495.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119495>
37. VILLEGAS, Laura G. Cordova, et al. A short review of techniques for phenol removal from wastewater. *Current Pollution Reports*, 2017, vol. 2, p. 157-167.

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40726-016-0035-3>

38. VILLEGAS, Laura G. Cordova, et al. A short review of techniques for phenol removal from wastewater. *Current Pollution Reports*, 2016, vol. 2, p. 157-167.

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40726-016-0035-3>

39. Vitthal S. Kulkarni Ph.D., Charles Shaw Ph.D. Chapter 11 - Miscellaneous Physical, Chemical, and Microbiological Test Methods. *Essential Chemistry for Formulators of Semisolid and Liquid Dosages*. 2016, Pages 193-221.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801024-2.00011-X>

40. WANG, Meng, et al. Sodium alginate encapsulated nano zero valent iron loaded in aminated magnesium hydroxide for effective removal of chromium. *Separation and Purification Technology*, 2023, vol. 308, p. 122901.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.122901>

41. YIN, Rentao, et al. A novel complexation method for separation and recovery of low valence vanadium, iron and chromium from sulfuric acid solution. *Journal of Cleaner Production*, 2022, vol. 373, p. 133640.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133640>

42. YUSUFF, Adeyinka S. Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solution by *Leucaena leucocephala* seed pod activated carbon: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Arab journal of basic and applied sciences*, 2019, vol. 26, no 1, p. 89-102.

Disponible en: <https://doi.org/10.1080/25765299.2019.1567656>

43. ZANG, Tingting, et al. Removal of Cr (VI) by modified and immobilized *Auricularia auricula* spent substrate in a fixed-bed column. *Ecological Engineering*, 2017, vol. 99, p. 358-365.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.070>

44. ZHANG, Xueying, et al. Characterization of heavy metals in textile sludge with hydrothermal carbonization treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 402, p. 123635.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123635>

45. ZHOU, Jiashun, et al. Effective separation and recovery of iron and chromium from laterite residue in the presence of calcium chloride. *Process Safety and Environmental Protection*, 2022, vol. 166, p. 638-648.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.08.048>

Anexos

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable dependiente: Recuperación y remoción de cromo hexavalente	Para la remoción o recuperación se puede llevar a cabo mediante tratamientos químicos o biológicos; realizando la adición de compuestos químicos como oxidantes o materiales naturales como floculantes naturales, considerando diferentes parámetros como tiempos, dosis, entre otros, buscando conseguir el mayor promedio de remoción o recuperación del contaminante mediante la fórmula de promedio de remoción (Gaayda J. et al., 2021, p.5), (El Gaayda J. et al., 2021, p.5).	Se realizará la caracterización de la muestra para comparar los valores iniciales antes de aplicar los dos tipos de procesos (remoción y recuperación) y se evaluará mediante un agente oxidante y el floculante de cascará de papa.	Características fisicoquímicas	Potencial de Hidrógenos	-
				Cr hexavalente	mg/l
				Temperatura	°C

<p>Variable independiente:</p> <p>Oxidación química y Tratamiento con floculante natural</p>	<p>Mediante el uso de diversos oxidantes y catalizadores, la oxidación química elimina el color, el olor, los productos químicos orgánicos y los compuestos inorgánicos del agua generada. Los oxidantes más utilizados son el cloro, el ozono, el oxígeno, el peróxido y el permanganato (Villegas et al., 2016, p.1). La capacidad de eliminar metales de la muestra de agua o su turbidez viene determinada por el proceso que busca formar flóculos (aglomeraciones de coloides) atrayendo las partículas con el floculante. Este proceso depende de las características orgánicas e inorgánicas del agua, así como de la dosis de floculante, el efecto energético de la mezcla y el tiempo de mezclado. medir la turbidez o la capacidad de eliminación de metales de la muestra de agua mediante mezclado (Caviedes et al., 2016, p.2)</p>	<p>En el tratamiento de oxidación química para la recuperación del cromo (VI) se utilizará H₂O₂ (peróxido de hidrogeno como agente oxidante realizando 9 ensayos con 3 réplicas cada uno aplicando 3 dosis diferentes del oxidante en 30, 60 y 90 ml con 3 temperaturas diferente de 40, 50 y 60 °C. Mientras que para el tratamiento con floculante se utilizará la cáscara de papa, considerando 3 tiempos diferentes en 30, 60 y 120 minutos, mientras que el floculante natural será aplicado con dosis diferentes en 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 y 7.5 g.</p>	Floculante natural	Tiempo	minutos
				Dosis de floculante	g
			Agente oxidante	Peróxido de hidrogeno	g
				Tiempo	minutos
				Dosis	Mil.

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

Dr. Apellidos, Nombres

Yo Gina Karin Mejia Aguilar con DNI N°46870127, alumna de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorado por el ingeniero Yimi Tom Lozano Sulca , me dirijo a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Recuperación por Oxidación Química y Remoción con Cáscara de Papa del Cromo Hexavalente de la Industria de Fundición, S.J.L, 2023”** solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Ficha de evaluación
- Instrumento
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

.....
TESISTA apellidos, nombres
DNI:

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:** Dr. apellidos, nombres
1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Lima Este
1.3. Especialidad o línea de investigación: Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características fisicoquímicas
1.5. Autor(A) de Instrumento: APELLIDOS, NOMBRES

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

--

Lima, 13 de julio de 2023

 Nombres Apellidos
 CIP:000000

Ficha 1: Características fisicoquímicas

Título del proyecto	Recuperación por Oxidación Química y Remoción con Cáscara de Papa del Cromo Hexavalente de la Industria de Fundición, S.J.L, 2023				
Responsables	APELLIDOS, NOMBRES				
Asesor	Dr. APELLIDOS, NOMBRES				
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático				
Lugar	Lima - Jicamarca				
Fecha	21/07/2023				
Muestras	Agua acondicionada para 4 muestras				Unidad de análisis
azoico amaranto					g
Concentración de color					UC
pH					-
Turbidez					NTU
Conductividad					uS

Ficha 2: Tratamiento de remoción							
Título del proyecto	Recuperación por Oxidación Química y Remoción con Cáscara de Papa del Cromo Hexavalente de la Industria de Fundición, S.J.L, 2023						
Responsables	APELLIDOS, NOMBRES						
Asesor	Dr. APELLIDOS, NOMBRES						
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático						
Lugar	Lima - Jicamarca						
Fecha	21/07/2023						
Oxidante	peróxido de hidrogeno (H2O2)					Concentración inicial	
Tratamientos	3					Observaciones	
Dosis floculante (g)	1.5	3	4.5	6	7.5		
Tiempo (minutos)	30	30	30	30	30		
Corrida Inicial							
Repetición 1							
Repetición 2							
Promedio							

Ficha 3: Tratamiento de recuperación

Título del proyecto	Recuperación por Oxidación Química y Remoción con Cáscara de Papa del Cromo Hexavalente de la Industria de Fundición, S.J.L, 2023				
Responsables	APELLIDOS, NOMBRES				
Asesor	Dr. APELLIDOS, NOMBRES				
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático				
Lugar	Lima - Jicamarca				
Fecha	21/07/2023				
Agente oxidante	peróxido de hidrogeno (H2O2)				
Dosis de agente (mil)	30	60	90	Tratamientos	9
Temperatura	40	50	60	Observaciones	
Tiempo (minutos)	30	60	120	150	180
Corrida Inicial					
Repetición 1					
Repetición 2					
Promedio					

Certificados de calibración de equipos de laboratorio

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 205 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	220298	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	
3. Dirección	Av. Larco Nro. 1770 Urb. San Andres 5ta etapa, Víctor Larco Herrera - Trujillo - LA LIBERTAD	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	210 g	
División de escala (d)	0,0001 g	
Div. de verificación (e)	0,0001 g	
Clase de exactitud	I	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Marca	ADAM	
Modelo	NBL 214i	
Número de Serie	AE9XC491 (*)	
Capacidad mínima	0,01 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2022-06-24	

Fecha de Emisión
2022-06-25

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.07.01 09:00:11
-05'00'



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 205 - 2022***Área de Metrología**Laboratorio de Masas*

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,4	20,3
Humedad Relativa (%HR)	70	70

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-075-2020	PESAS (Clase de Exactitud: E2)	LM-C-120-2022
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-063-2018		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
(* Serie indicado en una etiqueta adherido al equipo.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 205 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

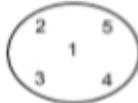
INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACION	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1 = 100,0000 g			Carga L2 = 200,0000 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
2	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8	
3	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8	
4	100,0002	-	0,3	200,0018	-	1,8	
5	100,0002	-	0,3	200,0020	-	2,0	
6	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8	
7	100,0001	-	0,2	200,0020	-	2,0	
8	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
9	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
10	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
Diferencia Máxima			0,1	Diferencia Máxima			0,3
Error Máximo Permisible			± 0,3	Error Máximo Permisible			± 0,3

ENSAYO DE EXCENRICIDAD



Posición
de las
cargas

Temperatura (°C)	Inicial	Final
	20,4	20,4

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	E ₀ (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)
1		0,0000	-	0,1		69,9990	-	-1,0	-1,0
2		0,0000	-	0,1		69,9988	-	-1,2	-1,2
3	0,0000 g	0,0000	-	0,1	70,0000	69,9990	-	-1,0	-1,0
4		0,0000	-	0,1		69,9990	-	-1,0	-1,0
5		0,0000	-	0,1		69,9988	-	-1,2	-1,2
Error máximo permisible								± 0,3	

* Valor entre 0 y 10e

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 205 - 2022

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,4	20,3

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,0010	0,0009	-	0,0						
0,0100	0,0098	-	-0,1	-0,1	0,0098	-	-0,1	-0,1	0,1
0,1000	0,0999	-	0,0	0,0	0,0999	-	0,0	0,0	0,1
1,0000	0,9998	-	-0,2	-0,1	0,9998	-	-0,2	-0,1	0,1
5,0000	4,9998	-	-0,2	-0,1	4,9998	-	-0,2	-0,1	0,2
10,0000	9,9998	-	-0,4	-0,3	9,9997	-	-0,3	-0,2	0,2
20,0000	19,9990	-	-1,0	-0,9	19,9991	-	-0,9	-0,8	0,3
50,0000	49,9990	-	-1,0	-0,9	49,9990	-	-1,0	-0,9	0,3
100,0000	99,9999	-	0,0	0,0	99,9998	-	-0,1	-0,1	0,3
120,0000	119,9998	-	-0,1	-0,1	119,9997	-	-0,2	-0,2	0,3
150,0000	149,9998	-	-0,3	-0,3	149,9998	-	-0,3	-0,3	0,3
180,0000	179,9990	-	-0,9	-0,9	179,9990	-	-0,9	-0,9	0,3
210,0000	209,9998	-	-0,2	-0,2	209,9998	-	-0,2	-0,2	0,3

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. Ec: Error en cero.
l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. Ec: Error corregido.

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,00000334161 R$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{0,000000016 \text{ g}^2 + 0,000000000092857 \text{ R}^2}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PFQ-023-2022

Página 1 de 2

Expediente : OTF22-002
Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.
Dirección : AV. PARQUE N° 840 - SAN JUAN DE LURIGANCHO
Instrumento : MEDIDOR DE PH
Alcance de Indicación : 0.00 pH a 14.0 pH
Div. Min. de Escala (d) (*) : 0.01 pH
Clase de Exactitud : No Indica
Marca : CRISON
Modelo : BASCI 20
Tipo de Indicación : Digital
Procedencia : España
Número de Serie : 234053
Código de Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio de Biotecnología
Fecha de Calibración : 2022 - 11 - 30
Fecha de Emisión : 2022 - 12 - 01

Método de Calibración Empleado

Método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del instrumento y disoluciones patrón. Tomando como referencia el procedimiento INDECOPI/SNM PC-020: 2010 "Procedimiento de calibración de medidores de pH".

Observaciones

(*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) del equipo.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

PRESITEC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

(**) Se adhirió una etiqueta "Calibrado" al equipo indicando la fecha de realizado.



HCPFO-05-Rev 00

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PFQ-023-2022

Página 2 de 2

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del National Institute of Standards and Technology (NIST) en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón de PRESITEC	
Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certif./Inf. Calibración
Disolución Tampón 4.00 PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml L1.190295/A U(k=2) ±0.14	SI Analytica GmbH DIN 55 350
Disolución Tampón 7.00 PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml L1.1160115/A U(k=2) ±0.13	SI Analytica GmbH DIN 55 350
Disolución Tampón 10.00 PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml L1.170124/A U(k=2) ±3	SI Analytica GmbH DIN 55 350
Disolución Tampón 12.83 mS PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml L1.170124/A U(k=2) ±3	SI Analytica GmbH DIN 55 350

Condiciones Ambientales

Condiciones Ambientales	Mínima	Máxima
Temperatura	20.3 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

Resultados de Calibración

Temperatura de Ensayo (°C)	Valor Certificado pH	Lectura de equipo pH	Error pH	Incertidumbre pH (k=2)
25.0	4.00	3.99	-0.01	0.14
24.3	7.00	7.01	0.01	0.14
24.6	10.01	10.02	0.01	0.15

Incertidumbre

La Incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (GUM)", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un Nivel de Confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de Calibración

HCPFG-05-Rev 00



CARTA PARA PUBLICACIÓN

AUTORIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN PARA PUBLICAR SU IDENTIDAD EN LOS RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES

Datos generales

Nombre de la Organización:	RUC: 20108153980
EMICSA, Empresa Metalúrgica Industrial y Comercial S.A.	
Nombre del Titular o Representante Legal:	
Nombres y Apellidos Salomon Alcca Oscco	DNI: 44859693

Consentimiento:

De conformidad con lo establecido en el artículo 7º, literal "F" del Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo (*), autorizo [X], no autorizo [] publicar LA IDENTIDAD DE LA ORGANIZACIÓN, en la cual se lleva a cabo la investigación:

Nombre del Trabajo de Investigación	
Recuperación por Oxidación Química y Remoción con Cáscara de Papa del Cromo Hexavalente de la Industria de Fundición, S.J.L, 2023	
Nombre del Programa Académico: Taller de Elaboración de Tesis	
Autor(es): Mejía Aguilar, Gina Karin Rioja Santillan, Karla	DNI: 46870127 70180071

En caso de autorizarse, soy consciente que la investigación será alojada en el Repositorio Institucional de la UCV, la misma que será de acceso abierto para los usuarios y podrá ser referenciada en futuras investigaciones, dejando en claro que los derechos de propiedad intelectual corresponden exclusivamente al autor (a) del estudio.

Lugar y Fecha:

Firma: 
(Titular o Representante legal de la Institución)

(*). Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo-Artículo 7º, literal "F" Para difundir o publicar los resultados de un trabajo de investigación es necesario mantener bajo anonimato el nombre de la institución donde se llevó a cabo el estudio, salvo el caso en que haya un acuerdo formal con el gerente o director de la organización, para que se difunda la identidad de la institución. Por ello, tanto en los proyectos de investigación como en las tesis, no se deberá incluir la denominación de la organización, ni en el cuerpo de la tesis ni en los anexos, pero sí será necesario describir sus características.