

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Ambiental



TESIS

**Determinación de la remoción de cromo (III) de efluentes de
curtiembre por medio de intercambio iónico utilizando zeolitas
naturales**

Para obtener el título profesional de:
Ingeniero Ambiental

Elaborado por:

Víctor Eduardo Salazar Leiva

 [0009-0009-5401-4866](https://orcid.org/0009-0009-5401-4866)

Asesor:

M.Sc. Juan De Dios Garay Sifuentes

 [0000-0002-4275-6514](https://orcid.org/0000-0002-4275-6514)

LIMA – PERÚ

2023

Citar/How to cite	Salazar Leiva [1]
Referencia/Reference	[1] V. Salazar Leiva, " <i>Determinación de la remoción de cromo (III) de efluentes de curtiembre por medio de intercambio iónico utilizando zeolitas naturales</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniera, 2023.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Salazar, 2023)
Referencia/Reference	Salazar, V. (2023). <i>Determinación de la remoción de cromo (III) de efluentes de curtiembre por medio de intercambio iónico utilizando zeolitas naturales</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

A mis padres Víctor y Emilia, por su apoyo incondicional, perseverancia y esfuerzo brindado en cumplir este objetivo trazado, juntos lo logramos.

Agradecimientos

Dar un agradecimiento infinito a mis padres, Víctor y Emilia por estar siempre a mi lado y alentarme día a día para la culminación de la presente tesis. A mi tía Patricia y su esposo Tomy que no dudaron ni un segundo en darme la mano y por lo cual estaré eternamente agradecido. A Tobías, Oscar y Consuelo que fueron también parte del proceso a pesar de la distancia que nos separa.

A mi asesor, Mag. Garay Sifuentes Juan de Dios, mentor y colega, quien, gracias a su guía, consejos y recomendaciones, se logró el objetivo trazado.

A mi pareja Danika, que también con su perseverancia, constancia y amor, estuvo siempre alentándome a no darme por vencido y no dejar que el tiempo se me agote.

A la MSc. Liliana del Rosario Marrufo Saldaña y al Ing. Julio Barra Hinojosa, maestra y compañero de la Universidad Nacional de Ingeniería, por su apoyo y asesoría en la parte teórica y experimental de la tesis. Gracias por brindarme los conocimientos para mi crecimiento académico – profesional.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, por formarme académicamente y brindarme la una educación de calidad.

Al Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero, Calzado e Industrias conexas (CITEccal Lima) y todos sus colaboradores que fueron parte del proceso de manera directa e indirecta. CITEccal gracias por confiar en mí y abrirme sus puertas para poder hacer uso de su infraestructura y recursos, gracias a ello se lograron buenos resultados.

Resumen

El presente trabajo de investigación evalúa las condiciones experimentales a las cuales se produce el máximo porcentaje de remoción de cromo (III) de efluentes de la industria del curtido de cuero, cuyas elevadas cargas Cr^{3+} , representan un problema latente en la industria peruana. Si bien es cierto que el Estado ha promulgado leyes de protección del medio ambiente relacionados con la normatividad de las descargas de los efluentes de la industria de curtiembre, aun no se implementan de forma efectiva, ni vinculante.

El uso de zeolitas de la marca Neonite MR se producen como un blend de zeolitas y otros materiales naturales rocosos microporosos. Este material es de baja carga ambiental, en razón a que puede ser reciclado y es utilizado fundamentalmente en el tratamiento de efluentes con alta carga de sólidos suspendidos y elevadas concentraciones de metales tóxicos pesados, tales como Cr^{3+} , Pb^{2+} , Cd^{3+} , Hg^{2+} .

El presente trabajo de investigación evalúa el uso de un producto químico natural, que no requiere de tratamientos preliminares, tales como la neutralización, para ser usados en el tratamiento de efluentes basados en su capacidad floculante y de adsorción. Considerando su elevado potencial como un material técnicamente sostenible y amigable con el medio ambiente, la presente investigación ha caracterizado las condiciones fisicoquímicas para desarrollar propuestas innovadoras con el fin de optimizar la remoción del cromo (III) de efluentes con elevadas cargas de este metal tóxicos.

El nivel de investigación es explicativo-causal, con un diseño experimental factorial $3^2 \times 2$ donde se evaluó la eficiencia de remoción de cromo (III) de los efluentes de la industria de la curtiembre. Con relación al efluente de curtido, se tomaron alícuotas de 250 mL del efluente curtido con una concentración de cromo (III) inicial de 2243.73 ppm, obteniéndose eficiencias de remoción del 97,05 % a $\text{pH}=7$, concentración de la zeolita de 32 g/L, velocidad de agitación del 300 ppm y tiempo de agitación de 60 minutos.

Por otro lado, se evaluó la eficiencia de remoción de cromo (III) del efluente compuesto. Se tomaron alícuotas de 250 mL efluente compuesto con una concentración de cromo (III) inicial de 541.3640 ppm, obteniéndose eficiencias de remoción del 99,89 %, concentración de la zeolita de 5 g/L, velocidad de agitación del 300 rpm y tiempo de agitación de 5 minutos. Si bien es cierto que, en tiempos de 10 y 15 minutos de agitación, el porcentaje de remoción es ligeramente superior pero no es significativamente superior.

Palabras clave: Zeolita, Neonite MR, Cromo, intercambio iónico, efluente.

Abstract

The present research work evaluates the experimental conditions at which the maximum percentage of chromium (III) removal of effluents from the leather tanning industry occurs, whose high Cr^{3+} loads, represent a latent problem in the Peruvian industry. While it is true that the State has enacted environmental protection laws related to the regulation of discharges of effluents from the tannery industry, they are not yet effectively implemented or binding.

The use of Neonite MR brand zeolites are produced as a blend of zeolites and other natural microporous rocky materials. This material is of low environmental load, because it can be recycled and is used mainly in the treatment of effluents with high load of suspended solids and high concentrations of heavy toxic metals, such as Cr^{3+} , Pb^{2+} , Cd^{3+} , Hg^{2+} .

The present research work evaluates the use of a natural chemical, which does not require preliminary treatments, such as neutralization, to be used in the treatment of effluents based on their flocculant and adsorption capacity. Considering its high potential as a technically sustainable and environmentally friendly material, this research has characterized the physicochemical conditions to develop innovative proposals in order to optimize the removal of chromium (III) from effluents with high loads of this toxic metal.

The level of research is explanatory-causal, with a factorial experimental design $3^2 \times 2$ where the efficiency of chromium (III) removal of effluents from the tannery industry was evaluated. In relation to the tanning effluent, aliquots of 250 mL of the tanned effluent were taken with an initial concentration of chromium (III) of 2243.73 ppm, obtaining removal efficiencies of 97.05 % at $\text{pH} = 7$, zeolite concentration of 32 g / L, stirring speed of 300 rpm and agitation time of 60 minutes.

On the other hand, the efficiency of chromium (III) removal from the composite effluent was evaluated. Aliquots of 250 mL compound effluent were taken with an initial chromium (III)

concentration of 541.3640 ppm, obtaining removal efficiencies of 99.89%, zeolite concentration of 5 g / L, agitation speed of 300 rpm and stirring time of 5 minutes. While it is true that, in times of 10 and 15 minutes of agitation, the percentage of removal is slightly higher but not significantly higher.

Keywords: Zeolite, Neonite MR, Chromium, ion exchange, effluent.

Tabla de Contenido

Dedicatoria	iii
Agradecimientos.....	iv
Resumen	v
Abstract	vii
Tabla de Contenido	ix
Lista de Figuras	xii
Lista de Tablas	xiii
Siglas.....	xiv
Prólogo.....	xv
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Descripción del problema de investigación.....	2
1.2.1 Formulación del problema.....	5
1.3 Objetivos del Estudio.....	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Hipótesis	5
1.4.1 Hipótesis específica	6
1.5 Antecedentes de investigación	6
1.5.1 Antecedentes a nivel internacional.....	6
1.5.2 Antecedentes a nivel nacional.....	11
1.6 Justificación de la investigación.....	12
1.6.1 Justificación metodológica	12
1.6.2 Justificación social.....	12
1.6.3 Justificación económica.....	12
1.6.4 Justificación ambiental.....	13
Capítulo II. Marco teórico y conceptual	14
2.1 La industria del cuero	14
2.2 Metales pesados tóxicos	15

2.3	Métodos para el tratamiento de aguas residuales	17
2.3.1	Filtración por membrana	17
2.3.2	Ósmosis inversa	18
2.3.3	Ultrafiltración	18
2.3.4	Nanofiltración	18
2.3.5	Electrodialisis	18
2.3.6	Intercambio iónico.....	19
2.3.7	Adsorción.....	19
2.4	El cromo y su toxicidad	19
2.4.1	Información química del cromo	20
2.4.2	Toxicidad del cromo	20
2.5	Proceso de curtiembre	21
2.5.1	Etapas de ribera.....	22
2.5.2	Etapas de curtido.....	24
2.5.3	Etapas de recurtición	27
2.5.4	Etapas de acabado.....	29
2.6	Flujograma del proceso de curtido	29
2.7	Aguas residuales no domésticas.....	31
2.8	Límites Máximos Permisibles (LMPs).....	31
2.9	Valores Máximos Admisibles (VMAs).....	32
2.10	Minerales	34
2.11	Zeolitas	35
2.11.1	Definición de la zeolita	36
2.11.2	Química de la zeolita	36
2.11.3	Propiedades de la zeolita	38
2.11.4	Neonite – zeolita natural.....	39
Capítulo III. Materiales y métodos		41
3.1	Lugar de ejecución.....	41
3.2	Materiales y equipos	41
3.3	Metodología de investigación	42
3.3.1	Tipo de investigación.....	42
3.3.2	Nivel de investigación.....	42

3.3.3 Variables de la investigación	43
3.4 Método del desarrollo experimental.....	44
3.4.1 Ensayos preliminares	44
3.4.2 Diseño experimental	47
Capítulo IV. Resultados y discusiones	50
4.1 Resultados de la evaluación cualitativa	50
4.1.1 Ensayos con el efluente compuesto	50
4.1.2 Ensayos con el efluente de curtido	53
4.2 Caracterización de la Zeolite Neonite MR	54
4.3 Análisis químico de los efluentes de la industria del curtido	57
4.3.1 Diseño experimental	58
4.3.2 Resultados del diseño experimental del efluente de curtido	59
4.3.3 Resultados del diseño experimental del efluente compuesto	68
4.4 Prueba de hipótesis.....	74
4.4.1 Contraste de hipótesis para el efluente de curtido.....	74
4.4.2 Contraste de hipótesis para el efluente compuesto	75
Conclusiones.....	77
Recomendaciones.....	79
Referencias Bibliográficas	80
Anexos	89

Lista de Figuras

Figura 1: Proceso de adsorción en aguas residuales	19
Figura 2: Etapas del proceso de curtido de pieles	30
Figura 3: Forma tetraédrica de la zeolita SiO_4	37
Figura 4: Disposición tetraédrica de SiO_4 y AlO_4	37
Figura 5: Agrupación de anillos-6	37
Figura 6: Diagrama de flujo para la evaluación cualitativa de la remoción de cromo (III)	48
Figura 7: Pruebas preliminares en efluente compuesto	51
Figura 8: Pruebas preliminares en efluente compuesto con tiempo de agitación de 5 min ...	52
Figura 9: Pruebas preliminares en efluente de curtido.....	53
Figura 10: Espectro FTIR de la zeolita (NEONITE) en la UNI.....	56
Figura 11: Espectro FTIR de la zeolita (NEONITE)	57
Figura 12: Diagrama de Pareto estandarizado para porcentaje de remoción de cromo (III) .	63
Figura 13: Gráfica de efectos principales para el porcentaje de remoción de cromo (III)	64
Figura 14: Gráfica de interacción para el porcentaje de remoción de cromo (III)	66
Figura 15: Diagrama de Pareto para remoción de cromo (III) para efluente compuesto	71
Figura 16: Gráfica de efectos principales para la remoción de cromo (III)	72
Figura 17: Efectos de interacción para la remoción de cromo (III)	73

Lista de Tablas

Tabla 1: Metales tóxicos pesados presentes en las aguas residuales	16
Tabla 2: Clasificación de los grupos de metales por sus niveles de toxicidad.....	21
Tabla 3: Clasificación de las aguas residuales	31
Tabla 4: Límites Máximos Permisibles para las actividades de curtiembre	32
Tabla 5: Valores Máximos Admisibles para descargas al sistema de alcantarillado.....	33
Tabla 6: Valores Máximos Admisibles de metales pesados para descargas.....	33
Tabla 7: Clasificación de los silicatos	35
Tabla 8: Lista de materiales para los ensayos experimentales	41
Tabla 9: Lista de equipos e instrumentos usados en los ensayos experimentales.....	42
Tabla 10: Variables de estudio	43
Tabla 11: Pruebas preliminares para la evaluación cualitativa en la remoción de cromo (III)	44
Tabla 12: Evaluaciones preliminares del efluente curtido	45
Tabla 13: Métodos de ensayo para la caracterización en efluente compuesto	46
Tabla 14: Método de ensayo para la caracterización en efluente de curtido	47
Tabla 15: Propiedades físico-químicas de los efluentes y las condiciones experimentales evaluadas.....	49
Tabla 16: Diseño factorial 3^2 para el efluente de curtido.....	49
Tabla 17: Porcentajes de remoción de cromo (III) para el efluente de curtido	59
Tabla 18: ANOVA del porcentaje de remoción de cromo (III) para el efluente de curtido	62
Tabla 19: Coeficientes de la ecuación de regresión lineal múltiple	66
Tabla 20: Optimización del porcentaje de remoción de cromo (III).....	67
Tabla 21: Porcentajes de remoción de cromo (III) para el efluente compuesto	68
Tabla 22: Análisis de varianza para la remoción de cromo (III) del efluente compuesto	70
Tabla 23: Concentración final de cromo (III) para el efluente de curtido	74
Tabla 24: Concentración final de cromo (III) para el efluente compuesto	76

Siglas

CITEccal: Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero, Calzado e Industrias Conexas.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

LMP: Límites Máximos Permisibles

Ne: Concentración de zeolita neonite

pH: Potencial de Hidrógeno

ppm: Partes por millón

RPM: Revoluciones por minuto

Ta: Tiempo de agitación

Va: Velocidad de agitación

VMA: Valores Máximos Admisibles

%R_Cr: Porcentaje de remoción de cromo (III)

D.S. 003-2002-PRODUCE: Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel.

D.S. 010-2019-VIVIENDA: Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA)

Prólogo

Se estudia la remoción de cromo (III) presente en aguas residuales del sector curtiembre mediante el intercambio iónico utilizando zeolitas naturales neonite. Las variables independientes en la presente investigación fueron la concentración de la zeolita, el tiempo de agitación, pH y la velocidad de agitación y la variable de respuesta fue el porcentaje de remoción de cromo (III). Se empezó realizando las pruebas preliminares para acotar la región experimental de valores para las variables del tratamiento (concentración de zeolita, tiempo de tratamiento y pH) y posteriormente obtener el valor óptimo de la variable de respuesta mediante la ejecución de un diseño experimental.

La presente tesis se titula “Determinación de la remoción de cromo (III) de efluentes de curtiembre por medio de intercambio iónico utilizando zeolitas naturales”. Esta presente investigación tiene la finalidad de remover el principal agente curtiente de las aguas residuales de la curtiduría, pudiéndose utilizar como un tratamiento primario antes de ser vertido en los alcantarillados. Todo el proceso experimental que abarca las pruebas preliminares y los ensayos con efluente sintético y efluente real (curtido y compuesto, se realizaron en las instalaciones del Centro de Innovación Tecnológica del Cuero y Calzado – CITEccal-Lima a nivel de laboratorio para posteriormente, en base a los muy buenos resultados obtenidos, lograr aplicarlo dentro de la industria curtiembre. La formulación del problema, objetivos y determinación de variables se realizaron en conjunto con el asesor, MSc. Juan Garay, que, de la mano con los resultados obtenidos, se permitió responder exitosamente la pregunta formulada, así como también, alcanzar los objetivos trazados.

Estoy totalmente agradecido con el equipo del Centro de Innovación Tecnológica del Cuero y Calzado – CITEccal-Lima, con la MSc. Liliana Marrufo y con el Ing. Julio Barra, por la oportunidad y el soporte brindado en el desarrollo de la presente tesis.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

La remoción de Cr (III) de las soluciones de los efluentes industriales es una problemática aun en el Perú marginal. Si bien es cierto que las leyes y las reglamentaciones están dadas, la fiscalización en la industria peruana no cumple los objetivos de control y reducción de los contaminantes. Se han planteado numerosas tecnologías, muchas de las cuales no son eficaces para las remociones del Cr (III). Sin embargo, la tecnología de columna de adsorción de lecho fijo es la tecnología más efectiva y con la elección de adsorbentes nuevos, se pretende mejorar las técnicas de remoción de contaminantes de metales pesados tóxicos.

Para evaluar la importancia del presente trabajo de investigación, cabe destacar que los efectos tóxicos, incluso con una exposición breve a soluciones acuosas de Cr (III) provoca irritación del sistema ocular y del sistema respiratorio. Los efluentes con contenidos significativos de soluciones de Cr (III) tienden a depositarse en forma de óxidos, hidróxidos o sulfato, de acuerdo a las condiciones de pH del efluente y la carga de los otros contaminantes que puedan estar presentes. En estas condiciones, se disminuye la movilidad y la consecuente dilución. Por otro lado, Las soluciones acuosas con contenidos de Cr (III) tienen la capacidad de formar compuestos organometálicos, capaces de alterar el ADN y la actividad enzimática de los seres vivos, los cuales pueden estar distribuidos en ambientes acuáticos y en suelos (Cervantes et al., 2001, citado en Azario y otros, 20010).

Entre los adsorbentes evaluados recientemente para remover e inmovilizar Cr (III), se encuentran los minerales zeolíticos modificados y naturales. Esta tecnología de adsorción de iones metálicos contaminantes, por adsorbentes naturales y/o modificados, constituye un proceso complejo relacionado con las dimensiones moleculares y con relaciones dinámicas de todos sus factores.

Para la utilización de zeolitas con fines de tratamiento de aguas, la estructura y su clasificación requieren la caracterización de propiedades tales como la porosidad, la capacidad de adsorción e intercambio iónico. Basados en estas características, el tratamiento de efluentes de la industria con presencia de cromo (III) derivadas de las actividades de la curtumbre es una posibilidad sostenible para la remoción de cromo (III). El presente trabajo de investigación muestra que las zeolitas naturales puede ser una solución eficiente, por su bajo costo.

1.2 Descripción del problema de investigación

En los últimos años, el crecimiento industrial se ha dado de forma exponencial, esto ha originado un crecimiento económico notable en varios países en desarrollo; sin embargo, ese crecimiento no necesariamente ha ido de la mano con el cuidado ambiental, esto se debe a que distintas actividades antropogénicas como la minería, fundición, operaciones de curtido de cuero, actividades agrícolas, preservación de la madera, trabajos en acero y pinturas, procesos de fabricación de pigmentos, entre otros, utilizan sustancias químicas que generan contaminantes, alterando negativamente la calidad del aire, suelo y agua. Uno de los principales factores que ha contribuido al aumento de la contaminación ambiental en la industria es el uso de metales pesados en sus procesos, siendo altamente riesgosos para todo ser vivo debido a sus propiedades de transformación y/o acumulación en el ambiente (Benitez, 2011).

Entre los recursos naturales más afectados por el incremento de la contaminación se encuentra el agua, que es uno de los componentes más importantes de nuestro planeta y vital para el desarrollo de la vida. Según (G. Gonzales et al., 2014), “el Perú goza de la mayor reserva de recursos hídricos de América Latina, ubicándola entre los 20 países con mayor disponibilidad de agua del mundo”. Actualmente, debido a la demanda de agua, al crecimiento poblacional y el vertimiento de efluentes no tratados hacen que la actual oferta de agua sea cada vez más escasa (Ali et al., 2012).

La industria del cuero es estratégica en la economía de muchos países en desarrollo; sin embargo, también se reconoce a la industria curtiembre como altamente contaminante produciendo una degradación ambiental, siendo muchas veces de carácter irreversible (Luis & Rivera, 2006). Este impacto ambiental negativo producto del proceso de curtición, es debido al vertimiento de aguas residuales, con considerables concentraciones de contaminantes que sobrepasan los estándares establecidos por la normativa ambiental (De Aquim et al., 2019). Según los autores (Thanikaivelan et al., 2005; Umbarila-Ortega et al., 2019), “las aguas residuales del proceso de curtido contienen alta carga contaminante (DBO, DQO, SD, SST, amoníaco, nitrógeno orgánico, etc.) y contaminantes específicos como el cromo y los sulfuros”. A nivel nacional, las entidades ambientales peruanas han establecido normas para regular y controlar los impactos de las actividades relacionadas a la carga contaminante en los efluentes en el sector curtiembre, entre las que se encuentran los Límites Máximos Permisibles (LMP) y Valores Referenciales para actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel establecidos mediante el D.S. 003-2002-PRODUCE que regulan la concentración de efluentes descargados en aguas superficiales y los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario establecido en el D.S. 010-2019-VIVIENDA, los cuales regulan la concentración de afluentes descargados en la red de alcantarillado.

Según (Reyes Toriz et al., 2006), los metales pesados son un grupo entre metales y metaloides que cuentan con alta densidad y peligrosidad para el ser humano debido a su capacidad de bioacumularse en otros organismos, a su no biodegradabilidad y a su alta toxicidad aún en pequeñas concentraciones, pero algunos de ellos son de mucha importancia para nuestro organismo, desempeñándose como nutrientes esenciales, que en cantidades muy pequeñas, cumplen funciones indispensables para el desarrollo de la vida, crecimiento y reproducción, a estos elementos se les conoce como oligoelementos o elementos traza (Alarcón, 2009). El cromo cuenta con varios estados de oxidación, siendo

los más comunes el Cr (III) y el Cr (VI). El cromo en forma trivalente Cr (III) tiene funciones indispensables en procesos bioquímicos y fisiológicos, tales como metabolismo de la glucosa, colesterol, ácidos grasos, entre otros (Cuberos et al., 2009). Mientras que el Cr (VI), así sea en pequeñas concentraciones, es altamente tóxico para el ser humano provocando irritación gastrointestinal, reacciones a la piel y a las vías respiratorias, lesiones renales y hepáticas; además, está demostrado que el Cr (VI) causa cáncer a sistema respiratorio según la clasificación del IARC (International Agency for Research of Cancer), carcinógeno del grupo I (Cuberos et al., 2009; Porras, 2010; Téllez et al., 2004).

El Cromo (III), medido como Cromo Total, es el usado como agente curtiente en la industria del cuero debido a que confiere a la piel propiedades físico-mecánicas que hoy vemos en productos como el calzado, ropa, artefactos, entre otros. Sin embargo, con la piel reacciona solo entre el 60 – 80 % de la cantidad usada de cromo, quedando entre el 20 – 40 % del cromo como restante, el cual que se vierte con las aguas residuales (Córdova et al., 2014). Según (Louarrat et al., 2017), “mundialmente, la industria del cuero genera anualmente un alrededor de 0.8 millones de toneladas de cromo que se pierden en los efluentes”. Las aguas residuales producto del proceso de curtido de pieles poseen un alto contenido de cromo, elevada carga orgánica, sales, amoníaco, compuestos de azufre y cloruros, generando un impacto ambiental significativo disminuyendo la calidad del agua; sin embargo, la acidez, temperaturas altas y las condiciones aerobias del medio, favorecen a la oxidación del Cr (III) a Cr (VI) generando una gran preocupación al medioambiente y a la salud (Covarrubias et al., 2005; Otiniano et al., 2007).

Bajo los argumentos señalados, la contaminación del agua por metales pesados es uno de los problemas ambientales que actualmente aquejan al planeta, siendo de vital importancia en la búsqueda de nuevas soluciones que ayuden en la remoción de los contaminantes de los recursos hídricos y en este contexto cabe formular el siguiente problema de investigación.

1.2.1 Formulación del problema

¿En qué medida la remoción de Cr (III) (medido como Cromo Total), de efluentes por medio de intercambio iónico utilizando zeolitas naturales, es eficiente, respecto a los límites máximos permisibles y valores máximos admisibles actualmente vigentes en el Perú?

1.3 Objetivos del Estudio

1.3.1 Objetivo general

Determinar la eficiencia en la remoción de Cr (III) (medido como Cromo Total) contenido en efluentes de curtiembre por medio de intercambio iónico utilizando zeolitas naturales.

1.3.2 Objetivos específicos

- Cuantificar el nivel de cromo (III) de los efluentes de curtiembre.
- Comparar el nivel de cromo de los efluentes de curtiembre con los límites máximos permisibles y valores máximos admisibles actualmente vigentes en el Perú.
- Evaluar la remoción de cromo (III) de los efluentes de curtiembre.
- Comparar los valores de cromo (III) en los efluentes de la curtiembre tratadas con zeolitas naturales, con los límites máximos permisibles y valores máximos admisibles establecidos en el Perú.

1.4 Hipótesis

Ho: La aplicación del tratamiento por intercambio iónico utilizando zeolita neonite MR no permite remover el Cr (III) de los efluentes de la industria de la curtiembre, por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2002-PRODUCE.

.Ha: La aplicación del tratamiento por intercambio iónico utilizando zeolita neonite MR permite remover el Cr (III) de los efluentes de la industria de la curtiembre, por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2002-PRODUCE.

1.4.1 Hipótesis específica

Hipótesis específica 1

Ho: La aplicación del tratamiento por intercambio iónico utilizando zeolita neonite MR no permite remover el Cr (III) del efluente curtido de la industria de la curtiembre, por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2002-PRODUCE.

.Ha: La aplicación del tratamiento por intercambio iónico utilizando zeolita neonite MR permite remover el Cr (III) del efluente curtido de la industria de la curtiembre, por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2002-PRODUCE.

Hipótesis específica 2

Ho: La aplicación del tratamiento por intercambio iónico utilizando zeolita neonite MR no permite remover el Cr (III) del efluente compuesto de la industria de la curtiembre, por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2002-PRODUCE.

Ha: La aplicación del tratamiento por intercambio iónico utilizando zeolita neonite MR permite remover el Cr (III) del efluente compuesto de la industria de la curtiembre, por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2002-PRODUCE.

1.5 Antecedentes de investigación

1.5.1 Antecedentes a nivel internacional

Las investigaciones de Ramos, R. L., Castillo, M. A. S., Sánchez, M. V. H., & Coronado (2001), desarrollaron la investigación titulada "Remoción de metales pesados de

solución acuosa por medio de clinoptilolitas naturales”, se realizó el intercambio de algunos iones metálicos presentes en solución acuosa con zeolitas naturales en el municipio de Villa de Reyes, San Luis Potosí, México. Se tuvieron cuatro muestras de minerales zeolíticos, las que se designaron como AK, Crem, TAM-1 y TAM-2. Las cuatro muestras estuvieron constituidas principalmente por la zeolita natural: clinoptilolita. Algunos intercambios de iones de ciertos metales fueron más eficientes que otros; por ejemplo, para iones As (III), Fe (II), Hg (II) y Cr (VI) fue muy ligero sobre las muestras zeolíticas. Mientras tanto, para iones metálicos Cr (III), Pb (II), Cd (II) y Zn (II) presentaron porcentaje de remoción entre 3.82 a 74.5%. Para los iones Pb (II) y Cd (II), el intercambio de las zeolitas decrece: TAM-2 > TAM-2 > Crem > AK; para los iones Zn (II) TAM-1 > TAM-2 ≈ Crem > AK; y para los iones Cr (III): Crem > TAM-1 ≈ TAM-2 > AK.

De la misma forma, Alvarado (2003), la tesis de maestría referente a la Remoción de Cr^{3+} de agua residual industrial con zeolitas naturales, a nivel de laboratorio, consistió en evaluar la capacidad de intercambio iónico de las zeolitas naturales para remover el Cr^{3+} de las aguas residuales provenientes de la industria del curtido de pieles, y compararlas con los materiales sintéticos como el carbón activado y la zeolita tipo 4A, usados en su forma comercial, en la Ciudad de México, México. Para esto, se realizaron pruebas experimentales de laboratorio con zeolitas del tipo erionita y mordenita en su estado natural y en su estado homoiónico de sodio (estado modificado) en reactores tipo batch y reactores en columna. El porcentaje de remoción de Cr^{3+} para los experimentos en los reactores tipo batch fue de: 98% para la mordenita natural, 97% para la mordenita homoiónica, 99% para erionita natural, 98% para la erionita homoiónica y del 99% para el carbón activado y la zeolita sintética 4A. Por otro lado, para los experimentos en columna solo se usó erionita natural y homoiónica, obteniéndose a los tres minutos el porcentaje de remoción de alrededor del 4% para erionita natural y 15 % para erionita modificada. Por lo tanto, se concluyó que el orden de adsorción del cromo por gramo de absorbente fue: mordenita homoiónica > mordenita natural > erionita homoiónica > erionita natural.

(Lv et al., 2013), en esta investigación sobre la “Remoción de Cr VI de agua utilizando zeolita natural Modificado con Fe II”, los agregados de zeolita natural con un tamaño de partícula de 1.4 - 2.4 mm fueron modificados por Fe (II). La zeolita no modificada y la zeolita modificada con Fe (II) (Fe - eZ) se sometieron a pruebas discontinuas y en columna para estudiar la adsorción, el transporte y el retardo de Cr (VI). La modificación de la zeolita natural con Fe (II) resultó en un aumento de la sorción de Cr (VI) a 6 mmol / kg. La sorción de Cr (VI) siguió una cinética de pseudo-segundo orden con una velocidad de 17 mmol / gh y una constante de velocidad de 0,7 g / mmolh. La eliminación de Cr (VI) de la solución aumentó con un aumento de la fuerza iónica, pero disminuyó a medida que aumentó el pH de la solución. A una concentración de entrada de Cr (VI) de 100 mg / L, la zeolita no modificada no mostró ningún retraso de Cr (VI) en absoluto. En contraste, el factor de retardo observado de Fe - eZ para Cr (VI) aumentó en un factor de 6. La conductividad hidráulica de la zeolita mostró pocos cambios antes y después de la modificación de Fe (II) y antes y después de la sorción de Cr (VI), sugiriendo su buena estabilidad mecánica para ser utilizado como materiales de empaque para barreras reactivas permeables en la remediación de aguas subterráneas

(Nguyen et al., 2015), en su investigación referente a la “Adsorción simultánea de Cd, Cr, Cu, Pb y Zn por una zeolita australiana recubierta de hierro en estudios de columnas de lecho fijo y por lotes”, menciona que los niveles excesivos de metales pesados en el agua son un peligro ambiental. Se usó una zeolita australiana con (ICZ) y sin recubrimiento de hierro (Z) para eliminar cinco metales pesados de las soluciones acuosas mediante adsorción en experimentos discontinuos y en columna. El estudio por lotes mostró que las capacidades de adsorción de Langmuir de metales pesados en Z e ICZ a pH 6.5 y la fuerza iónica NaNO_3 10–3 M estaban en el orden $\text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Cr}, \text{Zn}$ para un solo metal (5.0–11.2 mg / g) y para solución de metales mixtos (3.7–7.6 mg / g). Los datos para la cinética de adsorción satisfactoria se ajustaron tanto a los modelos de pseudo primer y segundo orden con ajustes ligeramente mejores para el último modelo. Los datos ajustados a un

modelo de difusión revelaron que la adsorción tuvo lugar en dos o más de dos etapas diferentes: una rápida adsorción de la superficie externa y una adsorción gradual controlada por la difusión de la película y la difusión intrapartícula. Los datos de adsorción de la columna fueron bastante bien descritos por el modelo de Thomas, con el orden de capacidad de adsorción de Thomas siguiendo una tendencia similar a la del estudio por lotes. Tanto en experimentos por lotes como en columnas, las capacidades de adsorción fueron mayores para ICZ que para Z y fueron generalmente más bajas en el sistema de metales mixtos que en el sistema de metales individuales. La lixiviación de las columnas ICZ usadas con HCl 0.1 M resultó en que el 64-93% de los metales adsorbidos se desorbieron y el 10% del Fe se disolvió de la ICZ.

(Guevara Neyra & Mayanga Chuquillanque, 2017), En esta tesis de grado titulada “Influencia del pH y el tiempo de contacto en el porcentaje de remoción de Pb^{+2} y Cd^{+2} en soluciones acuosas, utilizando zeolitas tipo clinoptilolita modificada con $MgCl_2$ ”, se determinó la influencia del pH y tiempo de exposición en el porcentaje de remoción de Pb^{2+} y Cd^{2+} en soluciones acuosas en un sistema cerrado, utilizando zeolita tipo clinoptilolita modificada con cloruro de magnesio. Las zeolitas proporcionadas desde Ecuador fueron lavadas con agua desionizada y secadas a $350\text{ }^{\circ}C$ para eliminar el agua del interior de la estructura luego se procedió a la modificación con Cloruro de Magnesio en una relación en peso $MgCl_2/Zeolita = 2.5$, el objetivo de la modificación es aumentar el diámetro de poro y el área superficial de la zeolita y así obtener mejores resultados. Con la zeolita modificada se realizó ensayos de adsorción, obteniendo el mayor porcentaje de remoción de Pb^{2+} “97%” a un pH = 4 y un tiempo de 180 min. Para el cadmio se obtuvo la misma tendencia de la variable pH, pero el tiempo al que se saturó la zeolita fue de 40 min, obteniéndose así un 77% a un pH 4 en un tiempo de 40 min; para la comparación también se realizaron ensayos de adsorción utilizando zeolita natural, se determinó que el porcentaje de remoción de la Zeolita modificada fue 1.7 y 1.6 mayor que el de la zeolita natural para plomo y cadmio respectivamente. Los análisis estadísticos reportan que existen diferencias

significativas entre los porcentajes de remoción de plomo obtenidos a diferentes pH, mientras que para el cadmio se encuentra que no existen diferencias significativas en los porcentajes de remoción obtenidos. En una comparación entre los porcentajes de remoción obtenidos por la zeolita modificada y la natural a diferentes pH se determina que existen diferencias significativas en todos los casos, por lo que se concluye que si es viable la modificación de la zeolita.

(Zanin et al., 2017), el objetivo de este estudio, titulado “Adsorción de metales pesados de las aguas residuales de la industria gráfica utilizando la clinoptilolita como adsorbente” fue evaluar el uso de la zeolita clinoptilolita natural (CL) como adsorbente para la eliminación de metales pesados en las aguas residuales de la industria gráfica. Se realizaron experimentos de adsorción con la zeolita CL para cobre (II), cromo (III) y hierro (III) para determinar las constantes de equilibrio y los modelos cinéticos. Los ensayos cinéticos realizados para cada metal dieron como resultado la eliminación de hasta 95.4% de hierro, 96.0% de cobre y 85.1% de cromo, a 25.0 ° C y pH 4.0. La selectividad de zeolita siguió el orden $Fe > Cr > Cu$ y el mecanismo de adsorción siguió el modelo cinético de pseudo primer orden para cobre y cromo y el pseudo segundo orden para hierro. El modelo Langmuir proporcionó el mejor ajuste de las isothermas de adsorción para cromo y cobre, mientras que el modelo Freundlich fue el mejor para el hierro. Los ensayos de toxicidad y genotoxicidad en *Allium cepa* mostraron la eficiencia del uso de zeolita CL como adsorbente para el tratamiento de efluentes de la industria gráfica, sin mostrar potencial tóxico y genotóxico, al contrario del efluente no tratado que mostró una disminución en la germinación y un aumento en las células totales con alteraciones (efecto tóxico y genotóxico).

(Elboughdiri, 2020) realizó un estudio titulado “El uso de zeolitas naturales para remover metales pesados como Cu (II), Pb (II) y Cd (II) de aguas residuales industriales”. Tal estudio investigó la eficiencia de la zeolita natural para la adsorción de metales pesados de las aguas residuales industriales. Se realizaron experimentos con el fin de identificar

como los parámetros, tales como la masa del adsorbente (zeolita), la concentración de la solución inicial, pH de la solución inicial, el tamaño de las partículas del adsorbente y la velocidad de agitación afectan a la tasa de adsorción de los metales pesados. Se utilizaron muestras de zeolita entre 1g y 10g y se pusieron en contacto con un volumen constante de solución sintética inicial de 100 ml que contenían iones Cu^{2+} , Pb^{2+} y Cd^{2+} . Se agitaron con una velocidad de agitación entre 100 a 300 rpm durante 1 a 8 horas a temperatura ambiente, hubo un ajuste de pH regularmente. Mediante Espectroscopía de Absorción Atómica, los resultados mostraron que la eficiencia en la adsorción de metales pesados varía de acuerdo a los parámetros tales como la masa del adsorbente (zeolita), la concentración de la solución inicial, pH de la solución inicial, el tamaño de las partículas del adsorbente y la velocidad de agitación.

1.5.2 Antecedentes a nivel nacional

(Rey de Castro, 2013), en su tesis titulada “Recuperación de cromo (III) de efluentes de curtido para control ambiental y optimización del proceso productivo” implementa un proceso para la recuperación del cromo mediante la técnica de precipitación con NaOH y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ como agentes precipitantes. El efluente usado arrojó 12.81 ppm de cromo total y 0.4 ppm de cromo (VI). Se comprobó la viabilidad de recuperación del cromo de los efluentes de curtido teniendo como resultado la remoción alta en un rango de 95.6 - 98.8% cuando los agentes precipitantes son de grado de laboratorio; mientras que, para los agentes de grado industrial, el rango fue de 81.9 – 84.4%.

(Melgar Buendía, 2019a), realizó su tesis titulada “Remoción de sólidos suspendidos y sulfuros en efluente de pelambre de la industria curtiembre convencional mediante el compuesto comercial a base de zeolita (neonite)”. Se realizó la remoción de sulfuro y sólidos suspendidos totales en los diferentes ensayos con un ajuste de pH de 9, con una velocidad de agitación en un rango de 200 a 300 rpm y con una masa de zeolita (neonite) de 0.6, 0.8 y 1.0 gr/L. Para una dosis de compuesto de zeolita de 1.0 gr/L y una

velocidad de agitación de 200 rpm, los resultados arrojaron una remoción de sólidos suspendidos totales de 73.83 % y una remoción de sulfuros de 88.35 %; mientras que, para 0.6 gr/L de compuesto neonite y 200 rpm, se removieron 54.30 % de sólidos suspendidos totales y 67.32 % de sulfuros, esto recalca que la dosis del compuesto coagulante (neonite) influye significativamente en la remoción.

1.6 Justificación de la investigación

1.6.1 Justificación metodológica

La presente investigación se justifica metodológicamente en tanto se desarrolla un nuevo método, económicamente rentable y ambientalmente sostenible, para la remoción de Cromo (III) de los efluentes de la industria de la curtiembre, basados en la gran selectividad que tienen las zeolitas naturales con distintos metales pesados; además de la capacidad de intercambio iónico de una zeolita ya que fácilmente puede ceder un ion por otro ion de cromo presente en las aguas residuales del proceso de curtiembre.

1.6.2 Justificación social

El presente trabajo de investigación se justifica socialmente, en tanto que puede brindar una alternativa de solución eficiente y de bajo costo en beneficio de la sociedad. Por otro lado, los aportes de este método de remoción de cromo (III), permitiría a las empresas implementar sistemas de gestión ambiental y producción más limpia en sus procesos, aumentando así su competitividad y responsabilidad social.

1.6.3 Justificación económica

La remoción de cromo de efluentes provenientes del proceso de curtiembre mediante el uso de zeolitas brindará, a las empresas del sector curtiembre, una solución para el tratamiento de sus aguas residuales. Eso contribuirá en prevenir las sanciones y multas, por parte de los entes fiscalizadores, a las empresas que estén sobrepasando Límites Máximos Permisibles (LMP) y Valores Referenciales para actividades industriales

de cemento, cerveza, curtiembre y papel establecidos mediante el D.S. 003-2002-PRODUCE que regulan la concentración de efluentes descargados en aguas superficiales y los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario establecido en el D.S. 010-2019-VIVIENDA, los cuales regulan la concentración de efluentes descargados en la red de alcantarillado.

1.6.4 Justificación ambiental

La industria curtiembre en el Perú no cuenta con la tecnología avanzada para poder tratar y disponer de manera adecuada sus efluentes líquidos, por lo general las aguas residuales del proceso de curtido se vierten al alcantarillado sin tratamiento previo alguno, donde el principal químico curtiembre cromo que es vertido, trae consigo problemas de salud, y daños al ecosistema. Por tal motivo, la presente investigación se justifica ambientalmente en razón a que busca alternativas eficientes y eficaces para la remoción cromo (III) de los efluentes de estas industrias, usando zeolitas naturales como tratamiento primario en las industrias curtiembres.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1 La industria del cuero

A nivel internacional, el sector curtiembre es un sector que opera desde hace muchos años y cuenta con una amplia variedad de productos como los calzados de cuero, bolsas de cueros, ropa de cuero, entre otros productos, que son lo más comercializados a nivel mundial. La materia prima del sector curtiembre son las pieles, las cuales son un subproducto de la industria cárnica y de los camales (Téllez et al., 2004).

Esta materia prima, para convertirse en cuero, es procesada con diferentes productos químicos en las curtidorías, obteniendo un sinfín de productos finales como el cuero, bolsos, billeteras, calzados, entre otros. Los países más desarrollados son los que lideran, produciendo más del 60% de cuero en el mundo. (Sivaram & Barik, 2018).

Hoy en día, Europa lidera la producción de cuero en todo el mundo, siendo Italia su principal productor con más del 70% de la producción de cuero de todo Europa, 65% de la producción de cuero de la Unión Europea y 15% de la producción de cuero a nivel mundial. Por tal motivo estos indicadores nos señalan que Italia tiene en cuenta las buenas prácticas de producción y gestión ambiental como: sustitución de químicos contaminantes, integración de procesos, adecuados tratamientos de sus efluentes y disposición adecuada de los lodos (Martinez Buitrago & Romero Coca, 2017).

Por otro lado, en Latinoamérica encontramos la presencia en su mayoría de medianas y pequeñas empresas, las cuales generalmente operan con maquinaria y tecnología antigua, aplicando procesos tradicionales como la curtición con cromo; como consecuencia, los cuidados ambientales no se cumplen a cabalidad generando un descuido medioambiental en Latinoamérica. (Martinez Buitrago & Romero Coca, 2017)

A nivel nacional, el sector del cuero tiene un rol importante en la economía del país, pero es una industria muy antigua; sin embargo, no se cuenta con la tecnología necesaria para combatir la severa crisis ambiental que esta genera. En la ciudad de Lima, la mayoría de las curtiembres son micro, pequeñas y medianas empresas, las cuales generan cantidades importantes de carga contaminante en sus efluentes y residuos, y no cuentan con tecnología necesaria para brindar un adecuado tratamiento. Actualmente, de toda la producción de cuero en el Perú, el 50% proviene de empresas formales, los 50% de cuero producido es informal vertiendo efluentes contaminantes, sin ser tratados, a los ríos y mares (Nima, 2021).

En las resoluciones emitidas por la Dirección de Evaluación Ambiental de Industria del Ministerio de Producción y los registros encontrados en el Mapa de Fiscalización, el sector del cuero se encuentra focalizado en Arequipa, Lima, Trujillo y Lambayeque, siendo 986 curtiembre las fiscalizadas por el OEFA (OEFA, 2019; PRODUCE, 2019).

La industria nacional del cuero, como ya mencionado, juega un rol importante en la economía del país, pero cuenta con la gestión ambiental en su etapa inicial, esto se debe a la informalidad y la carencia en la aplicación de tratamientos fisicoquímicos para la remoción de sus contaminantes en emisiones y efluentes.

El Instituto Tecnológico de la Producción, por su lado, tiene la finalidad de promover la investigación de nuevos sustitutos de los insumos químicos y/o procesos alternativos amigables con el medio ambiente que puedan sustituir al proceso convencional de la producción del cuero, reduciendo así el impacto ambiental negativo (CITECCAL, 2018).

2.2 Metales pesados tóxicos

Los metales de transición esenciales, tales como el cromo, molibdeno, manganeso, hierro, cobalto, cobre y zinc presentan funciones vitales dentro de los seres vivos y su función en el metabolismo es necesaria para el sustento de la vida; en razón a que algunos

de estos metales forman moléculas bioinorgánicas, tales como la hemoglobina, vital para el proceso de respiración, la síntesis de la vitamina B12, un complejo hexacordinado del cobalto, producción de cofactores enzimáticos indispensables para las transformaciones bioquímicas, beneficiosas para la salud.

En contraste con estas aplicaciones importantes de los metales pesados, tenemos otros metales tales como el cromo, plomo, cadmio y mercurio que son tóxicos a cualquier concentración por cuanto no poseen función biológica esencial, pueden ser capaces de biosintetizar moléculas bioinorgánicas que ejerzan una acción distópica y negativa para los seres vivos. Estos problemas ya han sido caracterizados, en muchos casos, habiéndose propuestos mecanismos de biosíntesis y mecanismos de cómo afectan a los organismos (Qasem et al., 2021).

La tabla 1, resume los metales pesados comunes tóxicos que están presentes en las aguas residuales, sus fuentes y las principales complicaciones en la salud.

Tabla 1

Metales tóxicos pesados presentes en las aguas residuales.

METAL PESADO	FUENTES PRINCIPALES	PRINCIPAL ÓRGANO Y SISTEMA AFECTADO
Cromo (Cr)	Curtiembres, fábricas de acero y celulosa.	Riñones, pulmones, hígado, piel, páncreas, cerebro, sistema cardiovascular y sistema inmunológico.
Arsénico (As)	Electrónica y producción de vidrio.	Cerebro, Piel, pulmones, riñones, sistema metabólico, sistema cardiovascular, sistema inmunológico y sistema endocrino.
Mercurio (Hg)	Aparatos de laboratorio, refinerías, electrodomésticos, instrumentos industriales y producción de cloro y soda cáustica.	Cerebro, pulmones, riñones hígado, sistema cardiovascular, sistema inmunológico, sistema endocrino y sistema reproductivo.
Cadmio (Cd)	Industria del plástico, industria siderúrgica, baterías y pinturas.	Huesos, hígado, riñones, pulmones, testículos, cerebro, sistema inmunológico y sistema cardiovascular.
Plomo (Pb)	Soldadura, aleaciones, municiones, barnices, baterías a	Huesos, hígado, riñones, cerebro, pulmones, bazo,

	base de plomo y pigmentos de revestimiento de cables.	sistema inmunológico, sistema hematológico, sistema cardiovascular y sistema reproductivo.
Zinc (Zn)	Productos de caucho, desodorantes en aerosol, algunos cosméticos y revestimientos de latón.	Calambres estomacales, irritaciones de la piel, vómitos, náuseas, anemia y convulsiones.
Cobre (Cu)	Industria electrónica, industria de cables y sistema de plomería corroídos.	Hígado, cerebro, riñones, córnea, sistema gastrointestinal, pulmones, sistema inmunológico y sistema hematológico.
níquel (Ni)	Producción de acero inoxidable y aleaciones de níquel.	Pulmón, riñón, malestar gastrointestinal, fibrosis pulmonar y piel.

Nota: Adaptado de (Qasem et al., 2021).

2.3 Métodos para el tratamiento de aguas residuales

Las distintas industrias hacen uso de diferentes productos químicos (metales pesados) para la mejora de sus procesos y la obtención de su producto final. Las aguas residuales generadas en los distintos procesos industriales con presencia de metales pesados son descargados a los ríos y demás sistemas hídricos. Entonces, ante el aumento de la presencia de metales pesados en las aguas residuales, se ha requerido de tecnologías rentables para la eliminación de metales pesados en el tratamiento de las aguas residuales. Según (Elboughdiri, 2020), “las técnicas más convencionales son adsorción, extracción, fitoextracción, ultrafiltración, intercambio iónico y filtración por membrana (Ósmosis inversa, nanofiltración, ultrafiltración y electrodiálisis” (p. 3).

2.3.1 Filtración por membrana

Es una técnica de separación física establecida para la separación de moléculas, iones micelas, microorganismos, basados en la diferencia de sus tamaños y características. Esta técnica consiste en uso de membranas para la filtración y la extracción de iones de metales pesados, ha demostrado una alta eficiencia, no selectividad y es de fácil aplicación. Se utiliza en el tratamiento de aguas residuales industriales, tratamiento de agua potable y con poca incidencia, pero no menos importante, en las aguas residuales domésticas (Caviedes Rubio et al., 2015).

2.3.2 Ósmosis inversa

En la ósmosis inversa se realiza la separación mediante el uso de una membrana semipermeable, con tamaño de poro entre 0.5 a 1.5 nm, lo cual permitirá el paso de moléculas de dimensiones más pequeñas de tan solo 0.0001 mm (Qasem et al., 2021).

2.3.3 Ultrafiltración

La ultrafiltración es un proceso de fraccionamiento selectivo que permite la separación mecánica de sólidos disueltos o suspendidos con presiones hidrostáticas de hasta 145 psi (10 bar) y su membrana cuenta con una porosidad entre 0.001 y 0.1 μm . Se utiliza ampliamente en el fraccionamiento proteico y fraccionamiento de leche y suero, entre otros (Caviedes Rubio et al., 2015).

2.3.4 Nanofiltración

Es un proceso de separación mediante el uso de una membrana nanoporosa con poros muy pequeños (<1 nm) y para su funcionamiento requiere presión entre 10-50 bar siendo a menor presión que la usada en la ósmosis inversa y mayor a la de la ultrafiltración. Esta tecnología es prometedora y tiene campos como agua potable y tratamientos de aguas industriales donde puede ser aplicada (Caviedes Rubio et al., 2015).

2.3.5 Electrodialisis

Es una técnica de descontaminación se utiliza para la separación de iones en un campo eléctrico constante usando membranas permeables selectivas. En este proceso se puede remover iones contaminantes de hasta 0.0001 μm mediante membranas de intercambio iónico colocadas en paralelo; es decir, los iones son transportados a través de la membrana de intercambio iónico utilizando como agente impulsador a la energía eléctrica (Qasem et al., 2021).

2.3.6 Intercambio iónico

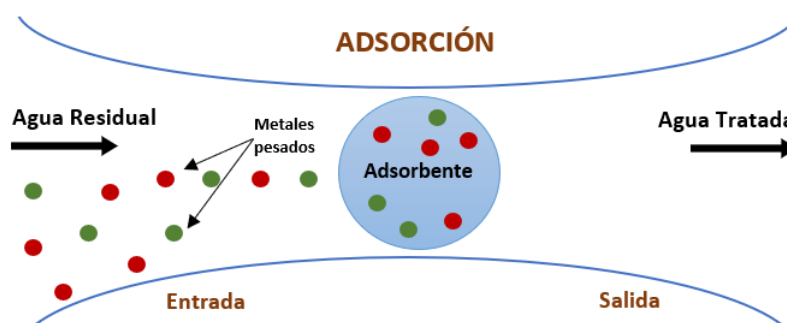
Es un proceso de separación física donde se reemplaza el ion metálico que se desea eliminar por otros inofensivos y respetuosos con el medio ambiente. El proceso consiste en la transferencia de los iones; es decir, los iones en solución se adhieren a una matriz en fase sólida inmóvil que reemplazan a los iones liberados, tales iones cuentan con la misma carga, pero son de diferente tipo (Caviedes Rubio et al., 2015; Qasem et al., 2021).

2.3.7 Adsorción

Esta técnica es usada comúnmente para la remoción de contaminantes aprovechando las propiedades fisicoquímicas del adsorbente y metales pesados, además de los parámetros operativos como la cantidad de adsorbente, valor de pH, concentración inicial de iones metálicos, temperatura, tiempo de absorción y velocidad de agitación. Figura 1, el proceso consiste básicamente la adsorción de los iones metálicos a la superficie del adsorbente en sitios denominados sitios activos (Qasem et al., 2021).

Figura 1

Proceso de adsorción en aguas residuales.



Nota: Imagen adaptada de (Qasem et al., 2021).

2.4 El cromo y su toxicidad

En la actualidad, las sales de cromo son muy usadas como agentes curtientes minerales en la industria curtiembre debido a que proporcionan buena estabilidad

hidrotérmica, al mismo tiempo que mejora sus propiedades físico-mecánicas, además de su costo accesible, proporcionando calidad del cuero final con tiempos relativamente cortos en la etapa de curtido, comparado con los agentes curtientes vegetales. El cromo está presente en la naturaleza en sus estados de oxidación +2, +3 y +6, siendo el cromo trivalente el agente curtiente principal en el proceso de elaboración del cuero siendo un potencial agente contaminante de los efluentes de estas industrias (Cuberos et al., 2009).

2.4.1 Información química del cromo

El elemento cromo es un metal de transición, cuyo número atómico es 24. A pesar que este elemento puede presentarse en especies químicas con tres estados de oxidación, son las especies que contienen Cromo (III) y el cromo (VI) las que están más difundidas en los desechos de varias actividades antropogénicas. Las especies que contienen Cromo (VI) son considerados la forma más perniciosa, siendo los cromatos (CrO_4^{2-}) y dicromatos ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), debido a su carácter oxidante y su solubilidad en cargas acuosas, presentan altos niveles de movilidad en aguas y suelos. Por otro lado, las especies que contienen cromo (III) pueden estar presentes en las descargas de los efluentes en forma de óxidos, hidróxidos o sulfatos, que, al tener baja solubilidad, presentan baja movilidad en aguas y suelos (Palmer y Wittbrodt, 1991). El cromo (VI) es un fuerte agente oxidante y en presencia de materia orgánica es reducido a cromo (III); esta transformación es más rápida en ambientes ácidos (McGrath y Smith, 1990). Sin embargo, niveles elevados de cromo (VI) pueden sobrepasar la capacidad reductora del ambiente y puede así acumularse como un serio contaminante.

2.4.2 Toxicidad del cromo

En un medio acuoso que son las abundantes masas de agua, predominan los dos estados de oxidación, cromo trivalente Cr (III) y cromo hexavalente Cr (VI). En la naturaleza, el cromo se encuentra como cromo trivalente Cr (III), pero en los diferentes procesos industriales se liberan iones Cr^{+3} al oxidarse el Cr (III). Según (Cuberos et al.,

2009), “el cromo trivalente cumple un rol importante en el metabolismo seres vivos ya que participa en varios procesos biológicos como el metabolismo de la glucosa, lípidos, azúcares, colesterol y proteínas, esa esencial función hace que se le considere como elemento traza u oligoelemento esencial para el ser humano”.

Los efluentes de curtiembre son aguas residuales que van al alcantarillado y alojan al elemento cromo que está en su estado como Cr (III). Exponerse al cromo y sus compuestos puede desencadenar una serie de problemas a la salud como complicaciones respiratorias, irritación gastrointestinal, alergias a la piel y lesiones renales y hepáticas (Benitez, 2011).

Tabla 2

Clasificación de los grupos de metales por sus niveles de toxicidad.

CLASIFICACIÓN IARC	
GRUPOS	DESCRIPCIÓN
Grupo I	Cancerígeno para humanos
Grupo II A	Probablemente cancerígeno para humanos
Grupo II B	Posiblemente cancerígeno para humanos
Grupo III	No clasificado como cancerígeno para humanos
Grupo IV	Probablemente no cancerígeno para humanos

Nota: Datos obtenidos de International Agency for Research on Cancer – IARC.

El estado hexavalente Cr (VI) es más agresivo toxicológicamente hablando, dado que los derivados del Cr (VI) pueden penetrar el organismo con mayor facilidad, trayendo consigo complicaciones de salud como el cáncer. El Cr (VI) es considerado cancerígeno dentro del grupo I por la International Agency for Research on Cancer – IARC que se puede visualizar en la tabla 2 (Cuberos et al., 2009).

2.5 Proceso de curtiembre

El proceso de curtido implica que las pieles de los animales se sometan a una serie de tratamientos fisicoquímicos con agentes curtientes y otras sustancias, logrando la

conversión de la piel putrescible en un material resistente, imputrescible, flexible, elástico, suave; es decir, el cuero (Aravindhyan et al., 2004; Porras, 2010). De acuerdo con el (CITECCAL, 2018; Instituto Nacional de Ecología, 1999), “el proceso general de curtiembre cuenta con cuatro principales etapas: ribera, curtido, recurtido y acabado, siendo en la etapa de curtido donde entra a tallar el agente curtiente – cromo”.

Cada etapa del proceso de curtiembre cumple con la función de aumentar el grado de procesamiento de la piel, para eso necesita cantidades significativas de materia prima tales como químicos, energía, agua, entre otros, esas entradas generan gran cantidad de residuos contaminantes dependiendo del proceso, materia prima y el producto final. Estos residuos contaminantes pueden generarse como residuos sólidos, líquidos y gaseosos en cada etapa de todo el proceso de curtiembre, siendo los efluentes líquidos (aguas residuales) las de mayor consideración (Méndez Pampín et al., 2007).

A continuación, se detalla cada etapa:

2.5.1 Etapa de ribera

Aquí se ejecutan una serie de mecanismos mecánicos y fisicoquímicos con el propósito de preparar la piel recién llegada o guardada para el proceso de curtido y posterior acabado. En resumen, se procede a limpiar la piel recibida, la cual puede estar cubierta de sal común (cloruro de sodio - NaCl) llamada piel fresca, eliminándose cualquier otro componente que no participe en el proceso de curtiembre (Instituto Nacional de Ecología, 1999).

2.5.1.1 Recepción y/o conservación.

Es en esta etapa se recibe la piel conservada (con salmuera), fresca o en sangre para su posterior preparación y eliminación de residuos no útiles en el proceso de curtición.

2.5.1.2 Remojo.

Consiste en realizar la limpieza e hidratación de la piel fresca salada o seca conservada proveniente de los mataderos y/o de los almacenes. Por un lado, se elimina las sales empleadas para la conservación de las pieles, sangre, residuos y restos químicos innecesarios en el proceso, así como también la eliminación de los hongos y bacterias presentes de forma natural en las pieles desolladas; y por otro lado, se vuelve a humectar la piel para recuperar su hinchado natural y restaurar su humedad de tal forma que permita a los agentes químicos adicionados, tales como los bactericidas, tensoactivos, desengrasantes y humectantes, entren a la piel (CIATEC, 2006).

Según (Centro de Producción más Limpia de Nicaragua, 2008) y (Esparza & Gamboa, 2001), esta operación requiere grandes volúmenes de agua, generando efluentes líquidos que contienen cloruro de sodio, tierra, estiércol, grasas, DQO y SS.

2.5.1.3 Pelambre y encalado.

La etapa de pelambre y encalado consiste en retirar tanto la epidermis como los pelos de la piel, así como provocar el hinchamiento con el fin de obtener una superficie más lisa y homogénea". Por un lado, se retira los pelos y la epidermis del corium; por otro lado, se utiliza un agente encalante para transformar el medio en un medio básico, pues es en esa condición donde se da la hidrólisis de la queratina del pelo aumentando la reactividad de la piel, promoviendo así la absorción de agua; es así como se produce el efecto físico-químico de hinchamiento de la piel, generando espacio entre las fibras de colágeno dejando listo para la penetración del agente curtiente y otros productos químicos en los siguientes procesos. (Rey de Castro, 2013).

De acuerdo con (CIATEC, 2006), "los agentes depilantes usados son Sulfuro de sodio - Na_2S , sulfhidrato de sodio - NaHS y aminas; mientras que como agente encalante están hidróxido de calcio - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y algunas enzimas como las proteolíticas y proteasas".

Al respecto, el (Centro de Producción más Limpia de Nicaragua, 2008), considera que este proceso es uno donde más agua se invierte agua, generando efluentes altamente concentrados a comparación del resto de procesos, representando del 70% al 80% de la carga contaminante total del agua residual. La salida de este proceso es materia orgánica y residuales con alta carga orgánica (DBO, DQO, SS y SD) y con sulfuros, grasas y cal (Esparza & Gamboa, 2001).

2.5.1.4 Descarnado.

Una vez concluido las etapas anteriores, intervienen operaciones mecánicas con las máquinas descarnadoras. Esta etapa consiste en limpiar la piel de tejidos subcutáneos y adiposos como son los restos de carne y grasas que aún quedaron adheridos en ella, dejando la piel homogénea y preparada para las siguientes etapas (CITECCAL, 2018)

2.5.1.5 Dividido.

Para que el agente curtiente penetre la piel con más efectividad, el grosor de la piel no debería ser excesivo. En esta etapa se hace uso de la máquina de dividido para seccionar horizontalmente la piel en dos capas: la primera capa llamada flor y la segunda capa llamada carnaza. En la capa flor, es la capa exterior donde está la estructura de la dermis, que es la capa que se transformará en cuero; mientras que la capa carnaza, tendrá otro tratamiento para un uso diferente (Saldaña Valencia, 2009).

2.5.2 *Etapa de curtido*

2.5.2.1 Desencalado.

En la etapa de pelambre y encalado se realiza la depilación de pelos a través de baños con agentes depilantes e hinchantes como es la cal. Después de la etapa de pelambre, quedan restos de cal al interior de las fibras de la piel, haciéndola altamente alcalina con alrededor de un pH de 12 (Rey de Castro, 2013). Según (Saldaña Valencia, 2009), “en la etapa de desencalado se hace uso de cloruros y sulfuros de amonio para disminuir la alcalinidad de la piel, de que la piel se deshinche y recupere su grosor inicial”.

2.5.2.2 Rendido.

La etapa de rendido confiere a las pieles una textura más flexible y suave. Utilizando enzimas proteolíticas se realiza la limpieza de los espacios entre fibra y fibra de la capa flor de la piel, eliminando las proteínas no estructurales (albuminas, globulinas, reticulinas, etc., sin atacar al colágeno) aún presentes en la piel, que no van a formar parte del material curtido. Al culminar esta etapa, se realiza un lavado para eliminar las enzimas, debido a que estas pueden seguir activas (Escoto Palacios et al., 2016; Saldaña Valencia, 2009).

2.5.2.3 Piquelado.

Es una etapa previa a la etapa de curtido, prepara las pieles para que actúe el agente curtiente. Consiste en acidular las pieles hasta un nivel de pH entre 2.8 y 3.5, evitando que las sales del agente curtiente aumenten su basificación producto de la alcalinidad residual que poseen las pieles después de las etapas previas como el desencalado y rendido, permitiendo que las sales curtientes penetren la estructura de la piel (CIATEC, 2006). El acidular las pieles también previene que se manifieste el hinchamiento ácido y detiene la acción de enzimas residuales usadas en la etapa de rendido.

En esta etapa se utiliza ácido y sal, el ácido sulfúrico (H_2SO_4) o ácido fórmico ($HCOOH$) para acidificar y sal común ($NaCl$) para evitar el hinchamiento ácido que se produce al reducir el pH. Una incorrecta proporción entre sal y ácido puede afectar la calidad del producto final, una reducción exagerada del pH genera que la piel se hinche de manera irreversible; mientras que, un exceso de sal produce deshidratación de la piel dando como producto final, cueros planos y sin textura (Rey de Castro, 2013).

2.5.2.4 Desengrasado.

La materia orgánica, como las grasas, en las aguas residuales de la curtición es algo que no se debe obviar, ya que pueden desencadenar serios problemas de contaminación ambiental. Se utilizan una serie de solventes y tensoactivos para eliminar

las grasas que se puedan generar en los siguientes procesos, reduciendo la contaminación de las aguas y previniendo manchas en la piel (Saldaña Valencia, 2009).

2.5.2.5 Curtido.

En la etapa de curtido, las pieles adquieren una serie de características que lo hacen un producto comercial, a este producto se le conoce como: cuero. A este último, se les modifica de acorde a su uso en diferentes productos del cuero, tales como bolsos, zapatos, casacas, etc.

A través del uso de los diferentes agentes curtientes minerales o vegetales, se busca dar estabilidad al colágeno de la piel, evitando que las fibras se adhieran entre sí, brindando a la piel algunas características esenciales como suavidad, flexibilidad e imputrescibilidad (Rey de Castro, 2013).

Los agentes curtientes comúnmente usados son las sales derivados del cromo como, por ejemplo: Sulfato básico de cromo $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$, sulfato de cromo $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ u óxido de cromo Cr_2O_3 . En la industria curtiembre, el agente mineral más usado es el sulfato básico de cromo, sal de cromo trivalente, ya que requieren menos tiempo en el proceso y le brindan una mejor calidad al producto final (Rey de Castro, 2013; Saldaña Valencia, 2009). Dependiendo del uso y la calidad que se desee obtener del cuero final, se adicionan químicos tales como: ftalatos para obtener una mejor calidad y, carbonato de sodio Na_2CO_3 , bicarbonato de sodio NaHCO_3 , carbonato de calcio CaCO_3 , óxido de magnesio MgO y similares para conseguir una mejor fijación del cromo a la piel basificando el baño. Finalmente, se adiciona fungicidas para evitar la proliferación de hongos en el cuero. (CITECCAL, 2018).

Al finalizar esta etapa, la piel se le conoce como wet blue, debido a que las sales de cromo se fijaron adecuadamente, dándole al cuero un color verde / azul claro y, con algunas características comerciales, como por ejemplo: Estabilidad frente a la degradación enzimática y aumento de la resistencia frente a productos químicos; aumento de la

temperatura de encogimiento y de la estabilidad en agua caliente; disminución o anulación de la capacidad de hinchamiento; aumento de las propiedades de resistencia; disminución de la densidad por el aislamiento de las fibras; disminución de la deformabilidad; disminución del encogimiento en volumen, superficie y grosor; aumento de la porosidad de las fibras de colágeno (Hansel et al., 2013)

Según (Luis & Rivera, 2006), “en este proceso se producen aguas residuales con baja demanda de DBO y DQO y una considerable cantidad de sales de Cr (III) y ácidos; así como restos de carne, grasa y pelos que aún permanecen en la piel”.

2.5.2.6 Ecurrido y rebajado.

Una vez finiquitado la etapa de curtido, las pieles necesitan contar con la humedad y el grosor adecuado para la mejora de la calidad del producto final. En el proceso de escurrido, las pieles pasan por una serie de procesos mecánicos estirarlas y llevar la humedad a un 50 – 55%. Una vez que las pieles estén escurridas y estiradas, son ingresadas a las máquinas de rebajado para que adquieran un grosor uniforme (Saldaña Valencia, 2009).

2.5.3 Etapa de recurtición

Esta etapa tiene como objetivo mejorar y las propiedades de las pieles y cuero recién y adicionar algunas características nuevas a las pieles y cuero según la necesidad del producto final. Como expresa (CITECCAL, 2018), “el efluente líquido proveniente de la etapa de recurtición son aguas residuales con concentraciones de sales y residuos de agentes recurtientes que no reaccionaron con la piel”.

2.5.3.1 Neutralizado.

El cuero debe ser preparado para los procesos posteriores: recurtido, teñido y engrasado, evitando algún deterioro. Para tal motivo, se debe eliminar los restos de sales neutras, sales de Cr (III) no fijadas o restos de ácido sulfúrico que aún están presentes en

el cuero acidulando ligeramente las pieles a un pH de 4.5 - 5.5 utilizando álcalis suaves como, por ejemplo: el formiato de sodio (McMillan & Mann, 2007).

2.5.3.2 Recurtido.

El cuero como artículo comercial, posee ciertas propiedades características que, por lo general no los adquiere en la etapa de curtición; por ende, las pieles y cuero en wet blue se recurtan, para mejorar y adicionar otras propiedades y características al cuero conforme al artículo final que se desea obtener. Se usan recurtientes catiónicos como: sales de cromo y glutaraldehído, y recurtientes aniónicos como: vegetales, fenólicos o naftalénicos (CIATEC, 2006).

Como expresa (CITECCAL, 2018), “las aguas residuales de la etapa de recurtición son aguas con concentraciones de sales y restos de agente recurtientes que no fueron retenidas por la piel tratada”.

2.5.3.3 Teñido.

En el proceso de teñido se adicionan tintes sintéticos a las pieles neutralizadas y recurtidas para dar un color base sólido al cuero según como se dese el producto final. Elevándose el pH y minimizando la reactividad del sustrato, se obtiene una mejora en la penetración del colorante; mientras que, disminuyendo el pH de las pieles utilizando ácido fórmico H-COOH, se logra una eficiente fijación del tinte (Beghetto et al., 2013).

2.5.3.4 Engrasado.

La finalidad del proceso de engrasado es que el cuero adquiera suavidad, flexibilidad, impermeabilidad y resistencia al desgarrarse o a estirarse. Por lo general, el engrase se realiza después del neutralizado, recurtido y teñido y consiste en lubricar el cuero utilizando aceite o grasas vegetal o mineral químicamente tratada, en un ambiente con pH acidulado con ácido fórmico H-COOH, logrando su penetración y reacción con la estructura fibrosa del colágeno, impidiendo así que se peguen (CIATEC, 2006).

El (CITECCAL, 2018) afirma que, “las aguas residuales provenientes de los baños de engrasado, contienen residuos de grasas no fijadas, tensoactivos, de ácido fórmico y, de químicos funguicidas en el caso de haberlos utilizados.”

2.5.3.5 Ecurrido y secado.

Todo el proceso curtición se lleva a cabo en un medio acuoso. Por tal motivo, el cuero queda totalmente empapado al salir del proceso de engrasado, por lo que es muy necesario eliminar el agua. En primer lugar, se da el escurrido mediante procesos mecánicos; luego, para eliminar la humedad restante, se realiza el proceso de secado al vacío, estabilizándose paralelamente la condición química y determinándose las propiedades finales del cuero (Beghetto et al., 2013).

2.5.4 Etapa de acabado

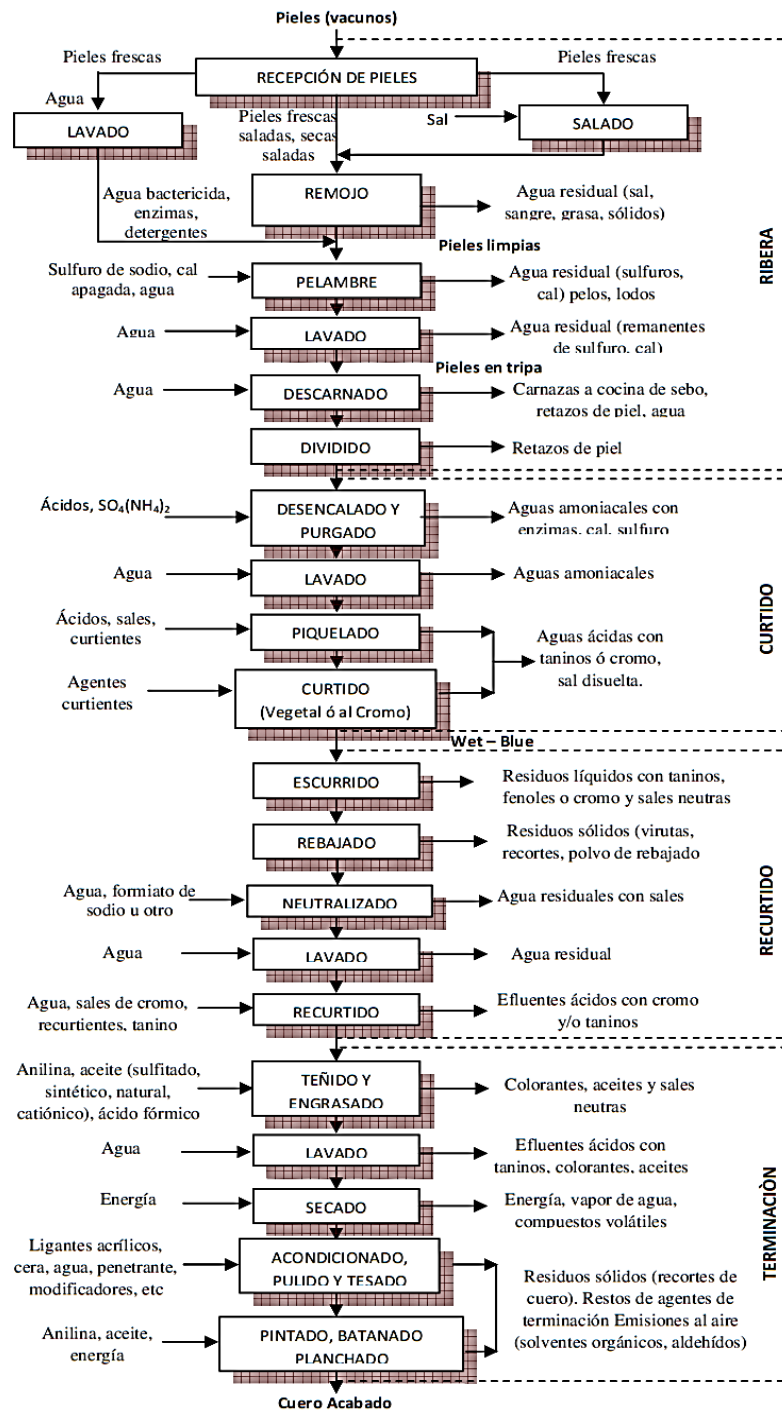
La etapa de acabado consiste en dar los últimos retoques al cuero dependiendo del uso comercial y el tipo de artículo que se desea producir. Abarca una serie de operaciones en la superficie de la flor que mejora las cualidades naturales de la piel y cubre imperfecciones, raspones, etc., que se puedan encontrar todavía en el cuero (Escoto Palacios et al., 2016).

2.6 Flujograma del proceso de curtido

En la figura 2, nos detalla cada etapa (Ribera, Curtido, Recurtido y Acabado) del proceso de curtido de las pieles con sus respectivas entradas y salidas, incluyendo cada una de las subetapas.

Figura 2

Etapas del proceso de curtido de pieles.



Nota: Tomado de (Tejerina et al., 2013).

2.7 Aguas residuales no domésticas

Según el D.S. 010-2019-VIVIENDA, las aguas residuales no domésticas son “las descargas de líquidos producidos por alguna actividad económica comercial e industrial, distinta a la generada por los usuarios domésticos, quienes descargan aguas residuales domésticas como producto de la preparación de alimentos, del aseo personal y de los desechos fisiológicos”. La clasificación de las aguas residuales según la OEFA, se puede visualizar en la tabla 3.

Tabla 3

Clasificación de las aguas residuales.

AGUA RESIDUAL	DEFINICIÓN
Doméstica	Son aquellos efluentes líquidos que provienen de una casa, residencia o comercio y que contienen carga fisiológica, alimentos, entre otros; es decir, provienen de la actividad humana.
Municipal	Son aquellas aguas residuales domésticas que, por lo general, están mezcladas con aguas residuales industriales (tratadas) y/o aguas de drenaje pluvial.
Industrial	Son aquellos efluentes líquidos provenientes de algún proceso industrial, tales como de la actividad curtiembre, pesquera, minera, avícola, agrícola, entre otras

Nota: Fuente (OEFA, 2014).

2.8 Límites Máximos Permisibles (LMPs)

Según el D.S. 003-2002-PRODUCE, son las “Medidas de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a una emisión, que al ser excedida y vertidas al Sistema de Alcantarillado causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y a los ecosistemas acuáticos”. La siguiente

tabla 4 nos indica los Límites Máximos Permisibles para descargas al alcantarillado de fuentes industriales (curtiembre).

Tabla 4

Límites Máximos Permisibles para las actividades de curtiembre.

PARÁMETROS	UNIDAD	LMP PARA DESCARGAS AL ALCANTARILLADO CURTIEMBRE
Potencial Hidrógeno	pH	5.0 – 8.5
Temperatura	°C	35
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	30
Aceites y Grasas	mg/L	20
DBO	mg/L	30
DQO	mg/L	50
Sulfuro	mg/L	0.5
Cromo VI	mg/L	0.2
Cromo Total	mg/L	0.5 (nueva) 2.5 (en curso)
Coliformes fecales	NMP/100mL	1000
N – NH ₄	mg/L	10

Nota: Datos obtenidos del D.S. 003-2002-PRODUCE.

2.9 Valores Máximos Admisibles (VMAs)

Según el D.S. 010-2019-VIVIENDA, los Valores Máximos Admisibles es “la concentración de los parámetros establecidos, contenidos en las descargas de las aguas residuales no domésticas a descargar en los sistemas de alcantarillado sanitario y que puede influenciar negativamente en los procesos de tratamiento de las aguas residuales, al exceder dichos valores”. La tabla 5 y la tabla 6 nos muestran los Valores Máximos Admisibles en descargas al alcantarillado de fuentes industriales.

Tabla 5*Valores Máximos Admisibles para descargas al sistema de alcantarillado.*

PARÁMETROS	UNIDAD	SIMBOLO	VMA PARA DESCARGAS AL ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

Nota: Datos obtenidos del D.S. 010-2019-VIVIENDA.**Tabla 6***Valores Máximos Admisibles de metales pesados para descargas.*

PARÁMETROS	UNIDAD	SIMBOLO	VMA PARA DESCARGAS AL ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN ⁻	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo Total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Níquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/	SO ₄ ⁻²	1000
Sulfuros	mg/L	S ⁻²	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno amoniacal	mg/L	NH ₄ ⁺	80
Potencial Hidrógeno	Ph	pH	6-9
Sólidos Sedimentables	MI/l/h	S.S.	8.5
Temperatura	°C	T	<35

Nota: Datos obtenidos del D.S. 010-2019-VIVIENDA.

2.10 Minerales

Un mineral se define como un sólido homogéneo (roca) que es formado, por lo general, de procesos naturales durante periodos de tiempo. Su composición química es definida (a veces no es fija) y presenta una disposición ordenada de sus átomos conocida como estructura cristalina.

Según (Guevara Neyra & Mayanga Chuquillanque, 2017), clasifica los minerales en primarios y secundarios.

Minerales primarios. - Estos minerales se forman a muy altas temperaturas y provienen de rocas metamórficas e ígneas. Como ejemplos de minerales primarios tenemos a los carbonatos, sulfatos, fosfatos y silicatos.

Minerales Secundarios. – Estos minerales secundarios se forman de la descomposición de algún mineral primario, esta descomposición es producto del reemplazo parcial de cualquiera de los componentes de algún mineral primario. Como ejemplos de minerales secundarios tenemos a las arcillas, aluminio y óxidos de hierro.

Según (Guevara Neyra & Mayanga Chuquillanque, 2017), la variedad de tipos de zeolitas se da por la complejidad de la polimerización del grupo tetraédrico $(\text{SiO}_4)^{4-}$; es decir, mientras se incrementa la polimerización, se formarán estructuras más complejas de estos tetraedros. Según la forma en que los grupos tetraédricos $(\text{SiO}_4)^{4-}$ se unen, los silicatos se clasifican en seis grupos mencionados en la Tabla 7.

Tabla 7

Clasificación de los silicatos.

Grupo	Definición	Fórmula	Ejemplos
Nesosilicatos	Son tetraedros (SiO ₄) ⁻⁴ aislados e independientes sin compartir vértices, sólo unidos mediante enlaces iónicos entre sus cationes. Esto minerales cuentan con calores altos de densidad y dureza.	(SiO ₄) ⁻⁴	Nesosilicatos Granates Olivinos Zircones
Sorosilicatos	Son grupo de tetraedros (Si ₂ O ₇) ⁻⁶ en parejas e independientes, cada pareja de tetraedro SiO ₄ comparten un oxígeno en el vértice común siendo la proporción de Si:O de 2:7.	(Si ₂ O ₇) ⁻⁶	Hemimorfitas Torveititas Melilitas Epidotas
Ciclosilicatos	Son grupo de tetraedros SiO ₄ enlazados entre si formando estructuras cíclicas cerradas formando anillos triangulares, cuadrangulares y hexagonales. Los ciclosilicatos son los más abundantes y tienen una proporción Si:O de 1:3.	(Si ₆ O ₁₈) ⁻¹²	Dioptasas Cordieritas Berilos Tetraedritas
Inosilicatos	Son grupo de tetraedros SiO ₄ unidos entre si formando cadenas simples (grupo piroxenos) y cadenas dobles (grupo anfíboles). En los piroxenos la relación Si:O es 1:3 mientras que en los anfíboles la relación de Si:O es 4:11.	Piroxenos (Si ₂ O ₆) ⁻⁴ Anfíboles (Si ₄ O ₁₁) ⁻⁶	Anfiboloides Piroxenoides Anfíboles Piroxenos
Filosilicatos	Son grupos de tetraedros SiO ₄ que comparten tres vértices entre si formando estructuras laminares. Tienen características como densidad baja y son minerales blandos. La relación de Si:O es 2:5.	(Si ₂ O ₅) ⁻²	Caolinitas Serpentinas Pirofilitas Cloritas
Tectosilicatos	Son estructuras tridimensionales con tetraedros enlazados compartiendo todos sus átomos de oxígeno. Teniendo una relación Si:O de 1:2. En algunos tectosilicatos se reemplaza parcialmente el silicio por el aluminio, permitiendo de esa forma el ingreso de cationes.	SiO ₂	Zeolitas Cristobalita Tridimita Cuarzo

Nota: Tomado de (L. Gonzales, 2008; Guevara Neyra & Mayanga Chuquillanque, 2017).

2.11 Zeolitas

Los antecedentes referenciales antes mencionados tienen un rol importante en la presente investigación, demuestran que la zeolita natural cuenta con propiedades muy beneficiosas para la eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales. Las investigaciones realizadas, concluyen que las zeolitas son de bajo costo y poseen una afinidad por los metales pesados y dependiendo del tipo de zeolita natural, la selectividad del mineral varía con los distintos metales pesados.

2.11.1 Definición de la zeolita

Las zeolitas naturales son minerales volcánicos formados a partir de la deposición de cenizas volcánicas en agua alcalina. Estos minerales poseen una serie de propiedades idóneas para la remoción del cromo en efluentes de curtiembre debido a su gran selectividad con los metales pesados, las características más comunes son: adsorción, porosidad e intercambio iónico. Existen más de 50 tipos de zeolitas naturales en el mundo, de los cuales las especies como la mordenita, clinoptilolita, heulandita, phillipsita, erionita y chabazita son utilizadas con mayor frecuencia (Chica et al., 2006).

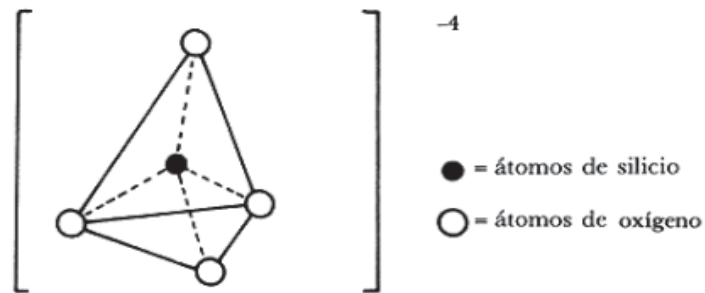
2.11.2 Química de la zeolita

La zeolita es un mineral perteneciente a los aluminosilicatos cristalinos hidratados dentro del subgrupo de tectosilicatos, su estructura está constituida por tetraedros enlazados, del cual cada tetraedro consta de un catión de silicio o aluminio rodeado de cuatro átomos de oxígeno. Este conjunto de tetraedros enlazados a través de los átomos de oxígeno forma una red tridimensional de carga negativa conformada por canales ocupadas por cationes metálicos y por moléculas de agua (Wise, 2013). Según (Cortés, 2009), la combinación de tetraedros se podría dar compartiendo dos, tres o todos sus vértices, conociendo de esa forma a varias estructuras diferentes. También indica que la formación del anillo-6 se origina por la unión de seis tetraedros representándose mediante un hexágono y que en podemos encontrar un átomo de silicio o aluminio en cada vértice del anillo-6.

A continuación, en la figura 3 podemos ver la estructura de una zeolita SiO_4 , AlO_4 y su forma tetraédrica:

Figura 3

Forma tetraédrica de la zeolita SiO_4 .

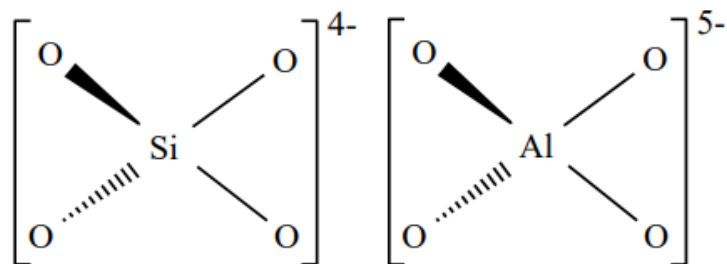


Nota: Tomado de (Cortés, 2009).

En la figura 4 se visualiza la disposición tetraédrica de SiO_4 y AlO_4 .

Figura 4

Disposición tetraédrica de SiO_4 y AlO_4

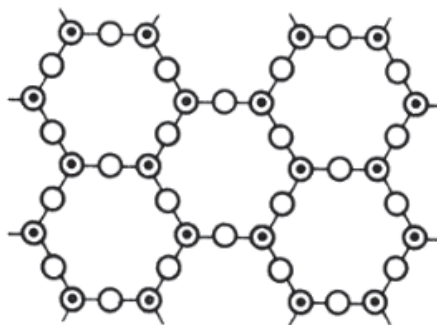


Nota: Tomado de (Moshoeshoe et al., 2017).

Mientras que en la figura 5 se visualiza la agrupación de anillos-6.

Figura 5

Agrupación de anillos-6.



Nota: Tomado de (Cortés, 2009).

2.11.3 Propiedades de la zeolita

La zeolita se encuentra comúnmente en la naturaleza, como antes mencionado su estructura está compuesta por tetraedros de sílice y aluminio formando una red tridimensional con carga negativa. Esta carga negativa facilita la adsorción de ciertos iones positivos (metales pesados) cuando entran a los canales de la zeolita, a esa propiedad se le conoce como intercambio iónico (Adam et al., 2018).

De acuerdo con (Lazo Camposano, 2013), las propiedades características de las zeolitas son las siguientes:

- Intercambio catiónico.
- Gran selectividad por los metales pesados.
- Grado de hidratación alto.
- Gran absorbedor de vapores y gases.
- Presentación de estabilidad en su estructura cristalina cuando esta se deshidrata.
- Propiedades catalíticas.

Las zeolitas son consideradas como tamices moleculares, esto es porque su estructura de carga negativa representa una trampa ideal para cationes positivos de los metales pesados tal como el del Cr (III). Una propiedad química muy importante que caracteriza a una zeolita es su capacidad de intercambio iónico parcial o total que es la facilidad en que los cationes externos pueden intercambiarse con los cationes ya existentes en la estructura de la zeolita (Wise, 2013).

De acuerdo con (Luis et al., 2018), el intercambio catiónico se puede dar de tres distintas formas:

1. Intercambio en contacto con algún compuesto gaseoso.
2. Intercambio con una sal fundida.
3. Intercambio en contacto con alguna solución salina o con algún solvente no acuoso.

Del mismo modo, (Luis et al., 2018) indica para que el intercambio iónico de una zeolita resulte, depende de:

- La naturaleza de las especies catiónicas, principalmente de su carga.
- La temperatura.
- La concentración de las especies catiónicas en la disolución.
- El tamaño del ion y su carga.
- Las especies aniónicas asociadas al catión en la disolución.
- El solvente (solución acuosa).

2.11.4 Neonite – zeolita natural

En el presente proyecto, se trabajó con la zeolita natural denominada NEONITE. Este agente Neonite tienen como componente principal la zeolita y otros compuestos naturales. El Neonite es un producto químico ambientalmente amigable, no provoca negativo al ecosistema natural pues tiene una carga ambiental no significativa. Es utilizado principalmente en el tratamiento de aguas turbias y en aguas que contienen metales pesados. Al ser un producto químico neutro, no requiere el proceso de neutralización. Con un solo agente se ofrece tanto la propiedad de adsorción como la de agregación. Además de eliminar los metales pesados del agua turbia, al mismo tiempo elimina los sólidos dispersos en el agua; de este modo se puede hacer el tratamiento hasta cumplir con los valores de descarga. Además del tratamiento de aguas turbias, tratamiento de suelos y de descomposición de sustancias nocivas, el agente químico NEONITE es usado para una variedad de aplicaciones. (NEONITE, 2019).

Los usos del neonite son diversos, se usa para las descargas de agua, para separar del lodo los sólidos y líquidos, para reducir el DBO-DQO, separación de aceite, solubilización de metales pesados y separación de dioxinas y PCBs. Las ventajas de este mineral son:

- Velocidad de reacción rápida. La separación sólida – líquido se da de manera instantánea.
- Es de bajo costo.
- Muy buen deshidratante ya que, a diferencia de otros métodos tradicionales, se produce una gran floculación.
- Adicionando pequeñas cantidades se producen grandes flóculos.
- No requiere modificación alguna independientemente del agua residual contaminada a tratar.
- Amigable con el medio ambiente.

Capítulo III. Materiales y métodos

3.1 Lugar de ejecución

La etapa experimental del presente trabajo de investigación se realizó dentro del laboratorio y demás instalaciones del CITEccal Lima en el distrito del Rímac, Lima. Por otro lado, la caracterización de la zeolita se realizó en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI); mientras que, las muestras de los efluentes fueron analizadas en los laboratorios SGS de Perú S.A.C. acreditado por el INACAL mediante registro N° LE - 002.

3.2 Materiales y equipos

En el presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales, equipos y reactivos. La tabla 8 resume todos los materiales de laboratorio usados en el desarrollo experimental de las pruebas de laboratorio.

Tabla 8

Lista de materiales para los ensayos experimentales.

Materiales	Unidades
Guantes de látex.	24
Vasos de precipitado 250 mL y 500 mL	20
Matraz Erlenmeyer 500 mL	12
Probeta 250mL	36
Barras magnéticas	5
Tubos de centrifuga 15 mL y 50 mL	72
Gradilla para tubos de ensayo	4
Pipetas pasteur	100
Soporte universal	2
Pinzas de soporte	3
Matraz Kitasato	2
Embudo de porcelana	3
Pera de decantación 500 mL	4
Papel de filtro rápido	50

Nota: Elaboración propia.

La tabla 9 resume todos los materiales de laboratorio usados en el desarrollo experimental de las pruebas de laboratorio.

Tabla 9*Lista de equipos e instrumentos usados en los ensayos experimentales.*

Equipos	Unidades
Agitador magnético marca DLAB modelo MS7-H550-PN	1
Balanza analítica	1
Desecador	1
Refrigeradora SAMSUNG modelo RS50N3503S8	1
Potenciómetro marca OAKLON modelo 600	1
Sistema de filtrado al vacío	1
Pipeta automática	2

Nota: Elaboración propia.

Entre los reactivos e insumos usados se tiene la solución de hidróxido de sodio (NaOH) 3N, la Zeolita natural marca Neonite y el sulfato de cobre (III) usado para la preparación de las soluciones simulantes o sintéticas, usadas en la etapa preliminar.

3.3 Metodología de investigación

3.3.1 Tipo de investigación

En relación al diseño experimental del presente trabajo de investigación y por los análisis de muestras en el laboratorio acreditado y el desarrollo de pruebas con un control riguroso del investigador con relación a los tratamientos para determinar el porcentaje de remoción de cromo (III) de las aguas residuales de la curtiembre, aplicando las zeolitas naturales en diferentes condiciones, el presente trabajo es una investigación aplicada.

3.3.2 Nivel de investigación

Dado que este trabajo estudia la relación de causalidad (causa-consecuencia) de las variables (dependiente e independientes) con un enfoque cuantitativo, el nivel de investigación es explicativo causal (Muñoz, 2011). El presente trabajo consiste en determinar la remoción de cromo (III) (variable dependiente), manipulando la concentración

de zeolita, tiempo del tratamiento, velocidad de agitación y pH de la solución inicial (variables independientes).

3.3.3 Variables de la investigación

Las variables usadas en este trabajo experimental se adjuntan en la siguiente matriz de operacionalización de variables de la tabla 10.

Tabla 10

Variables de estudio.

Tipo de Variable	Variable	Definición Operacional	Unidad de Medida	Abreviatura
Independiente	Concentración de la zeolita	Concentración de zeolita (neonite) necesario para la remoción de cromo (III).	g/L	Ne
	pH	Nivel de acidez o alcalinidad	Unidad de pH	pH
Dependiente	Porcentaje de remoción de cromo (III)	Se calcula como la cantidad de cromo inicial menos la cantidad de cromo final multiplicado por 100%.	Porcentaje (%)	%R_Cr
Variables de control	Tiempo de agitación	El tiempo utilizado para la agitación de la muestra.	Min	Ta
	Velocidad de agitación	Velocidad con la que gira la barra metálica del agitador magnético	RPM	Va

Nota: Elaboración propia.

3.4 Método del desarrollo experimental

Basados en las contribuciones que pretende aportar la investigación, es necesario establecer un método de remoción del contaminante de Cromo (III), que considere todas las posibles variables, desde las variables dependientes, sus interacciones y correlaciones, hasta las intervinientes y variables de control, de tal forma que se pueda identificar los factores y sus niveles con los que realmente determinan la remoción óptima del cromo (III). En ese contexto, es necesario utilizar un diseño experimental.

Orientado en este propósito, realizaron pruebas preliminares con dos tipos de efluentes, efluente de curtido y efluente compuesto. El efluente de curtido es el generado en la etapa de curtido que es donde se fija el cromo (III) a la piel; en cambio, el efluente compuesto es el generado en las etapas de ribera, y curtido previamente detalladas, el efluente compuesto presenta una carga contaminante que incluye una concentración significativa de los parámetros de DBO, DQO, nitrógeno amoniacal, cromo Total, aceites y grasas, cloruros, sulfuros y sólidos suspendidos totales, los cuales son aportados en las diferentes etapas del proceso, por lo que fueron enviados a analizar a laboratorio.

3.4.1 Ensayos preliminares

Para evaluar las concentraciones óptimas de zeolita necesarios para la remoción del cromo (III), se efectuaron pruebas preliminares con muestras sintéticas preparadas con sulfato de cromo (III). La Tabla 11 resume el ensayo de las pruebas realizadas, a partir del cual se infiere que se requiere un tiempo de agitación superior a 30 minutos, con concentraciones de zeolita que se deben evaluar alrededor de 16 g/L.

Tabla 11

Pruebas preliminares para la evaluación cualitativa en la remoción de cromo (III).

Fecha	Muestra	Cr ppm	Volumen (L)	Zeolita Neonite (g/L)	Masa (neonite)	T1	T2	T3	Resultado
25-02-20	Sintético	375	1.0	1	1.0	1	10	10	2
	Sintético	375	0.8	1	0.8	1	10	10	2
	Sintético	375	0.8	2	1.6	1	10	10	3

	Sintético	375	0.8	4	3.2	1	10	10	4
26-02-20	Sintético	750	0.8	4	3.2	1	10	20	1
	Sintético	1500	0.8	4	3.2	1	10	20	1
	Sintético	1500	0.8	8	6.4	1	10	20	2
	Sintético	1500	0.8	12	9.6	1	10	20	3
27-02-20	Sintético	1500	0.8	16	12.8	1	10	30	4

Nota: Las evaluaciones sobre la remoción de cromo (III), muestran que, a mayor cantidad de zeolita, se producen mejores resultados de remoción. Resultado cualitativo de la prueba: 1: Sin efecto aparente, 2: Presenta efecto, 3: Buena remoción, 4: Muy buena remoción. 5: Remoción completa

Para bosquejar el diseño de experimentos, se envió a analizar a un laboratorio acreditado, el efluente de curtido y del efluente compuesto para determinar el contenido de cromo (III), expresado como cromo total y el pH inicial del efluente (ver Tabla 11).

En una primera etapa, considerando las primeras pruebas preliminares con las soluciones sintética, se realizaron pruebas preliminares de extracción de cromo (III) con muestras reales del efluente de la curtiembre una empresa de la región Lima. Mediante agitación manual se recolectaron 3 muestras de 800 mL y 4 muestras de 400 mL del efluente de curtido, se dispusieron en botellas de plástico de 1 L y se evaluó los niveles de remoción, con un tiempo de agitación manual de 30 minutos. La conclusión más importante de este ensayo establece que con concentraciones de zeolita entre 16 y 24 g/Lm, con un tiempo de agitación de 30 minutos, se producen remociones más eficientes, según se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12

Evaluaciones preliminares del efluente de curtido.

Fecha	Muestra	Cr ppm	Volumen (L)	Zeolita Neonite (g/L)	pH	Masa (neonite)	T	Resultados cualitativos
05-03-20	Efluente	1800	0.8	16	-	12.8	30	1
05-03-20	Efluente	900	+0.8	16	-	12.8	30	1
05-03-20	Efluente	450	0.8	16	-	12.8	30	2
12-03-20	Efluente	1800	0.4	16	6	6.4	30	2
12-03-20	Efluente	1800	0.4	24	6	9.6	30	3
12-03-20	Efluente	1800	0.4	16	7	6.4	30	4
12-03-20	Efluente	1800	0.4	24	7	9.6	30	5

Nota: Las evaluaciones sobre la remoción de cromo (III), muestran que, a mayor cantidad de zeolita, se producen mejores resultados de remoción. Resultado cualitativo de la prueba: 1: Sin efecto aparente, 2: Presenta efecto, 3: Buena remoción, 4: Muy buena remoción. 5: Remoción completa

Finalmente, cabe destacar que el diseño experimental para las evaluaciones de la remoción de cromo (III) es el mismo, tanto para el efluente curtido, como para el efluente compuesto.

La tabla 13 resume los métodos de ensayo que se desarrollaron para la caracterización de los parámetros tales como el SST, nitrógeno amoniacal, sulfuro, DQO, DBO, aceites y grasa, cloruros y metales totales en el efluente compuesto utilizado.

Tabla 13

Métodos de ensayo para la caracterización en efluente compuesto.

CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA		
MUESTRA	Parámetro	Método de ensayo
Efluente compuesto	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
Efluente compuesto	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
Efluente compuesto	Sulfuro	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2-I; 23rd Ed: 2017. Distillation, Methylene Blue Flow Injection Analysis Method (Validado) 2017.
Efluente compuesto	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B; 23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
Efluente compuesto	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Efluente compuesto	Aceitas y Grasas	ASTM D3921 – 96 (Reapproved 2011). Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water – (Validado)2014
Efluente compuesto	Metales totales	EPA 200.8, Rev 5.4:1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry
Efluente compuesto	Cloruro	EPA 300.0. Rev 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography.

Nota: Elaboración propia.

La tabla 14 muestra la norma sobre el método de ensayo que se siguió para determinar el contenido de cromo total al inicio y al final.

Tabla 14

Método de ensayo para la caracterización en efluente de curtido.

CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA		
MUESTRA	Parámetro	Método de ensayo
Efluente de curtido	Metales totales	EPA 200.8. Rev 5.4:1994. Determination of Trace Elements in Waters in Wastes by Inductively Coupled Plasma -Mass Spectrometry.

Nota: Elaboración propia.

3.4.2 Diseño experimental

Esta etapa permite plasmar un diseño estadístico identificando y cuantificando las causas y efectos que tienen los factores estudiados (variables independientes) sobre la variable de respuesta (variable dependiente). Los factores estudiados son aquellas variables que se manipulan de forma intencional con el fin de determinar el efecto que tiene en la variable de respuesta.

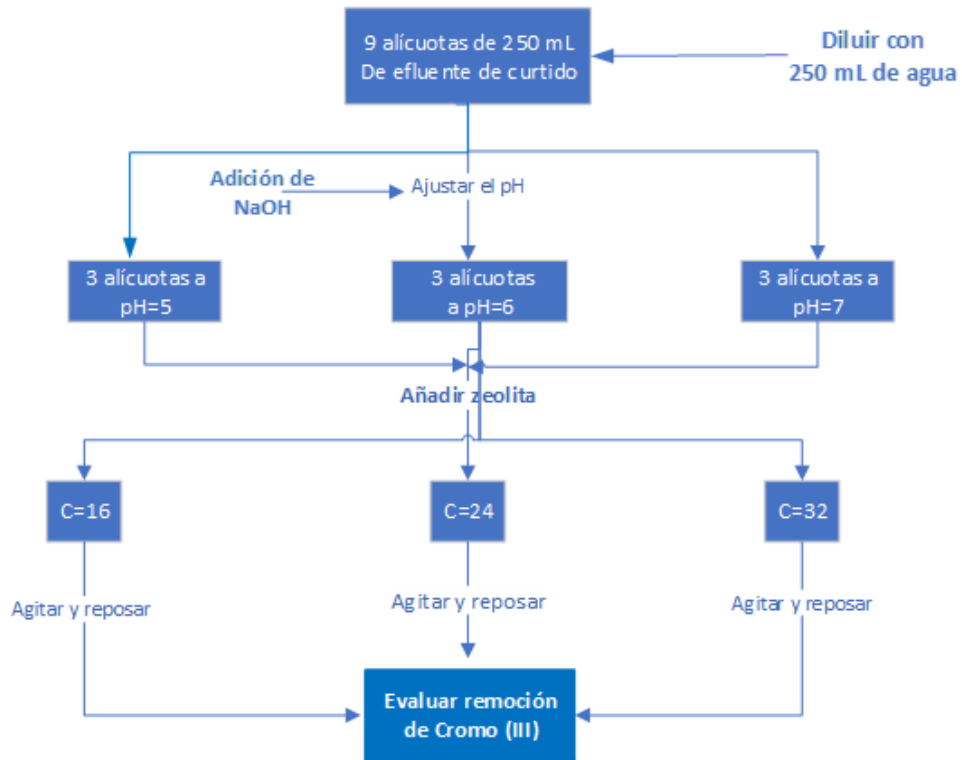
El diseño experimental elegido para el presente trabajo de investigación es el diseño factorial, donde se seleccionan dos variables con tres niveles cada variable. El elevado costo de los experimentos y el tiempo limitado que se tiene, obligan a reducir la región experimental; es decir, realizando los tratamientos necesarios y suficientes trabajando sólo con tres niveles por variable.

Después de haber determinado cualitativamente los valores óptimos y considerando además los antecedentes referenciales se delimitó el estudio a evaluar dos factores: el pH y la concentración de zeolita, estableciendo, además, tres niveles para cada uno de los experimentos, de tal forma que corresponde a un diseño factorial que es

denotado por 3². Se explica el diagrama de flujo para la evaluación cualitativa de la remoción de cromo (III) en la figura 6.

Figura 6

Diagrama de flujo para la evaluación cualitativa de la remoción de cromo (III).



Nota: Método de reparación, acondicionamiento y tratamiento por intercambio iónico de las muestras del efluente de la industria del curtido.

Para discutir el diseño experimental, tanto para la muestra de efluente de curtido y el efluente compuesto, cabe destacar que las variables de control del experimento se mantuvieron constantes. Entre estas variables fijadas se tiene el volumen del efluente de 250 mL para cada alícuota, la velocidad de agitación de 300 RPM y el tiempo de agitación de 60 minutos. Mientras tanto, los valores de concentración de zeolita y valor de pH inicial son de 2243.7306 ppm y 3.78 respectivamente. La tabla 15 resumen las condiciones que determinan el diseño experimental.

Tabla 15*Propiedades físico-químicas de los efluentes y las condiciones experimentales evaluadas.*

Variables de control	Valores
pH del efluente	3.78 efluente curtido 8 efluente compuesto
Concentración de cromo inicial (ppm)	2243.7306 (efluente curtido) 541.3640 ppm (efluente compuesto)
Tiempo de agitación (Ta) =	60 minutos
Velocidad de agitación (Va) =	300 RPM
Volumen de la muestra =	250 mL

Nota: Elaboración propia.

Por razones de proporcionar mayor validez y confiabilidad de los resultados, se tomó la decisión de evaluar nuestras por duplicado y el diseño de experimentos para ambas muestras 3^2 , se muestra en tabla 16.

Tabla 16*Diseño factorial 3^2 para el efluente de curtido.*

pH	[Ze] en g/L	Remoción			
		Codificación	Remoción Cromo (III)	Codificación	Remoción Cromo (III)
Muestras por duplicado					
pH=5	16	NC-CT-01		NC-CT-10	
pH=6	16	NC-CT-02		NC-CT-11	
pH=7	16	NC-CT-03		NC-CT-12	
pH=5	24	NC-CT-04		NC-CT-13	
pH=6	24	NC-CT-05		NC-CT-14	
pH=7	24	NC-CT-06		NC-CT-15	
pH=5	32	NC-CT-07		NC-CT-16	
pH=6	32	NC-CT-08		NC-CT-17	
pH=7	32	NC-CT-09		NC-CT-18	

Nota: Diseño de experimentos 3^2 ha sido establecido para evaluar la eficiencia de remoción del cromo (III) en tres niveles de pH y 3 niveles de concentración de zeolita.

Capítulo IV. Resultados y discusiones

A continuación, se proyectan los resultados obtenidos en cada prueba realizada durante las pruebas preliminares y durante el diseño experimental. Del mismo modo se analizan y discuten los resultados a ser contrastadas con otras investigaciones. Es preciso mencionar que tanto el efluente de curtido como el compuesto son efluentes provenientes de una empresa del sector curtiembre de lima metropolitana, monitoreados en el año 2022. El producto comercial Neonite MR ha sido usado de forma directa, sin ningún tipo de pretratamiento.

4.1 Resultados de la evaluación cualitativa

4.1.1 *Ensayos con el efluente compuesto*

El diseño para evaluar la relación de volumen de efluente y la concentración de la zeolita, además de determinar las condiciones experimentales para el proceso de remoción, condujeron a desarrollar un trabajo arduo de naturaleza exploratoria.

Las primeras evaluaciones de naturaleza de ensayos cualitativos para evaluar los niveles de remoción usando la zeolita de la marca Neonite se desarrollaron considerando alícuotas de 250 mL del efluente compuesto. La concentración de cromo total y pH inicial, reportados por el análisis en un laboratorio acreditado son 541.3640 ppm y 8.0, respectivamente.

Evaluación de la remoción del cromo (III) versus concentración de zeolita

Los primeros ensayos se realizaron usando muestras de 10 mL de efluente compuesto y se realizó tratamientos de agitación con 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 g/L, respectivamente con distintos tiempos de agitación de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos.

De las evaluaciones se puede observar que con tiempo de agitación de 5 minutos se podía observar una remoción significativa. La figura 7 muestra solo los experimentos

con concentraciones de zeolita de 0.25 g/L y 6 g/L, de los cuales se puede inferir que con un tiempo mínimo de 5 minutos ya se puede observar una remoción significativa del cromo (III), considerando la decoloración típica del cromo (III), del color azul. Estas observaciones también conducen a inferir que, a mayor tiempo de agitación, mayor es el grado de remoción del cromo (III).

Figura 7

Pruebas preliminares en efluente compuesto.



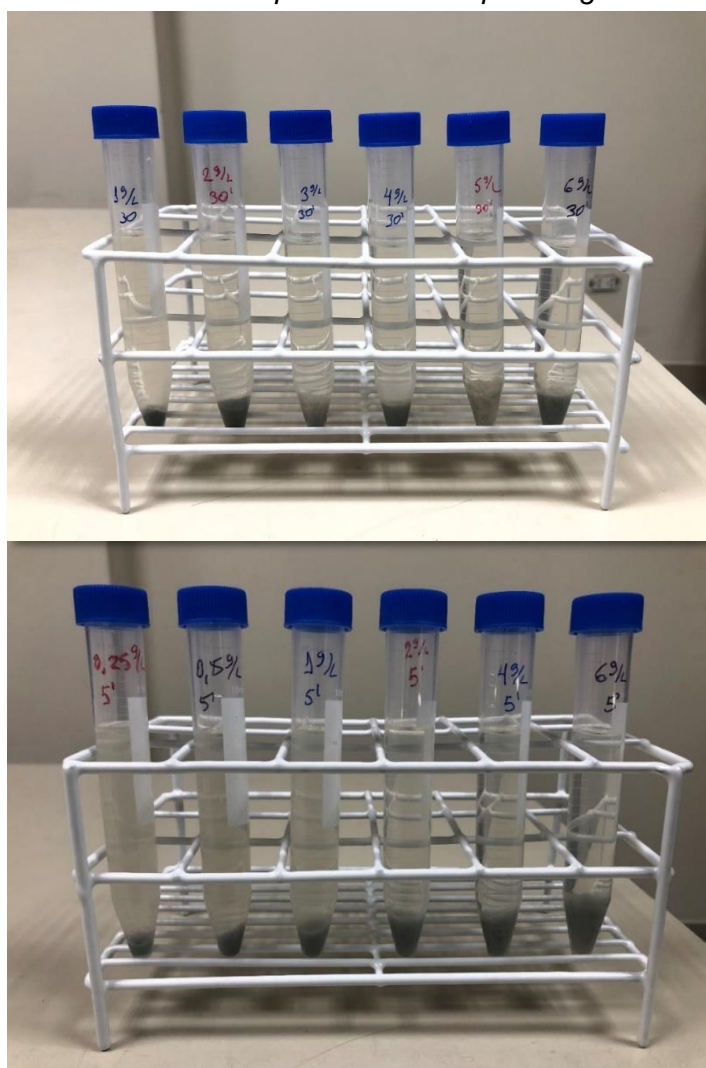
Nota: Fotos tomadas en los laboratorios del Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero, Calzado e Industrias Conexas – CITECCal Lima.

Evaluación de la remoción del cromo (III) versus tiempo de agitación

Se realizaron tratamientos con 10 mL de efluente compuesto, combinando concentraciones de zeolita de 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 g/L durante dos tiempos de agitación: 5 y 30 minutos. La Figura 8 muestra que las variables determinantes del proceso de remoción son el tiempo de agitación y la concentración de la zeolita y que, a mayor tiempo de agitación y mayor concentración de la zeolita, más transparente queda la solución del efluente, y mayor es la remoción del cromo (III).

Figura 8

Pruebas preliminares en efluente compuesto con tiempo de agitación de 5 min.



Nota: Fotos tomadas en los laboratorios del Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero, Calzado e Industrias Conexas – CITECCal Lima.

4.1.2 Ensayos con el efluente de curtido

Con relación a las primeras evaluaciones cualitativas con el efluente de curtido, la Figura 9 evidencia visualmente el grado de decoloración de las soluciones de color azul de cromo (III), con el aumento de la concentración de zeolita. El efluente curtido fue diluido a concentraciones de cromo 1500 ppm, 750 ppm y 300 ppm y estas fueron evaluadas con 3.2 g, 6.4 g y 9.6 g de zeolita, respectivamente. Para la evaluación de 400 mL de solución de concentración de cromo (III) de 300 ppm, la adición de 3.2 gramos de zeolita es suficiente para percibir la máxima precipitación del cromo. Al aumentar la concentración del Cromo (III) a 750 ppm, la misma concentración de la zeolita, se evidencia un efecto de saturación de la zeolita, reflejando menor grado de decoloración de la solución de efluente de curtido.

Figura 9

Pruebas preliminares en efluente de curtido.



Nota: Foto tomada en los laboratorios del Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero, Calzado e Industrias Conexas – CITECCal Lima.

Por otro lado, para una misma alícuota con una concentración de cromo de 1500 ppm, conforme aumentaron la concentración de zeolita, se evidenció un cambio positivo en el grado de decoloración de la solución, reiterando que, a mayor cantidad de zeolita

utilizada se generó un mayor precipitado en la parte inferior de cada muestra, observándose un efecto de saturación de acuerdo a la relación contenido de cromo (III) y zeolite. Según las investigaciones de García et al. (1999), la velocidad de intercambio de Cr (III) en zeolitas es dependiente del tamaño de partícula del adsorbente y del pH, existiendo en el caso de Cr (III) un mayor control difusional del proceso de intercambio iónico debido a razones estéricas. Por otro lado, en las investigaciones de Melgar Buendía, (2019b), sobre industria curtiembre convencional mediante el compuesto comercial a base de zeolita de la marca Neonite, está constituido por zeolitas naturales que tiene gran capacidad de intercambio iónico y son de elevada efectividad para el tratamiento de efluentes, sin la necesidad de agregar otros componentes.

4.2 Caracterización de la Zeolite Neonite MR

Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos con una estructura aniónica abierta tridimensional formada por tetraedros TO_4 que comparten oxígeno, donde T es Si o Al. Su estructura contiene huecos interconectados llenos de cationes que pueden intercambiarse con otros cationes (Doula, et al, 2007). Debido a sus propiedades físicas y químicas únicas (cristalinidad, estabilidad térmica, estructura en jaula bien definida de tamaño molecular, intercambio iónico, etc.), las zeolitas se han utilizado como adsorbentes de metales pesados, como tamices químicos y como ablandadores de agua (Doula, et al, 2007).

De acuerdo con la caracterización microscópica, BET, DRX y el FTIR el área superficial de adsorción de las zeolitas con relaciones cavidades específicas / dimensiones de los iones intercambiables es el factor determinante para el tipo de uso de la remoción de estos materiales.

La sustitución de iones Si^{4+} en sus láminas tetraédricas por Al^{3+} determina la carga negativa en la estructura de la zeolita, que puede neutralizarse mediante el intercambio con cationes monovalentes en solución tales como los iones Li^+ , Na^+ , K^+ , Cs^+ o cationes

divalentes, tales como: Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} y Ba^{2+} . El hecho de que los iones intercambiables de las zeolitas sean relativamente inocuos (iones de sodio, calcio y potasio) las hace especialmente adecuadas para eliminar iones indeseables de metales pesados de aguas efluentes industriales, las moléculas de agua pueden estar presentes en huecos de grandes cavidades y enlazarse entre los iones de la estructura y los iones intercambiables a través de puentes acuosos. El agua también puede servir de puentes entre los cationes intercambiables (El-Kammar et al., 2015)

La clinoptilolita es una de las zeolitas naturales más comunes, adecuada como adsorbente debido a sus características naturales (Mansouri, et al 2013).

Se caracteriza por presentar una porosidad primaria (microporosidad) que se produce debido a la estructura cristalina específica de los granos minerales de la zeolita, mientras que la porosidad secundaria está relacionada con el tamaño de los granos de la zeolita y de otros minerales en las rocas de zeolita. Los mesoporos son superficies activas para la catálisis, canales de transporte y adsorción de moléculas relativamente grandes (Mansouri, et al 2013).

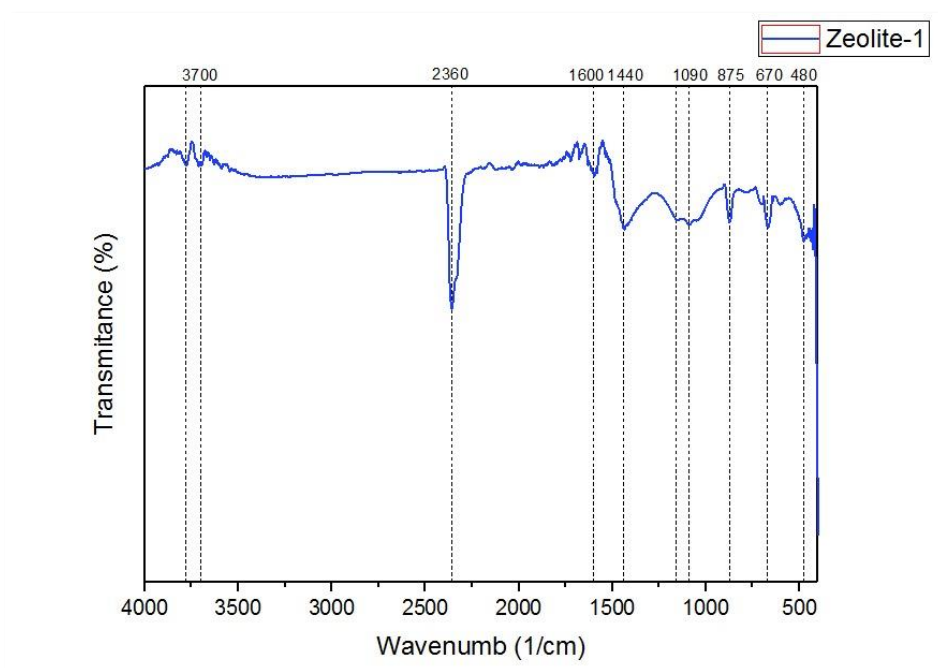
La muestra de zeolita, de la marca Neonite, MR fue analizada por espectroscopia infrarroja (ver figura 10) con transformadas de Fourier, utilizando un espectrofotómetro IR Tracer 100 de la marca Shimadzu. El desarrollo de las evaluaciones de los espectros se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, desarrollando las corridas en el rango de $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$.

Las bandas de vibración comprendidas entre $3700-2400 \text{ cm}^{-1}$ corresponden a las vibraciones de tensión del grupo funcional del O-H del agua, presente en la zeolita (Doula, et al, 2007; Olad, et al, 2010; Mansouri, et al 2013). La banda de vibración en 1600 y 1440 cm^{-1} pertenecen a moléculas de agua asociadas con los iones Na y Ca (Mansouri, et al 2013).

La banda 1090 cm^{-1} corresponden a los modos de vibración de estiramiento asimétrico de los enlaces internos T-O en los tetraedros TO_4 (T = Si y Al). La banda 875 cm^{-1} y 480 cm^{-1} identifican a los modos de vibración de estiramiento de los grupos O-T-O y a las vibraciones de flexión de los enlaces T-O, respectivamente (Doula, et al, 2007; 2010; Mansouri, et al 2013).

Figura 10

Espectro FTIR de la zeolita (NEONITE) realizada en la UNI.

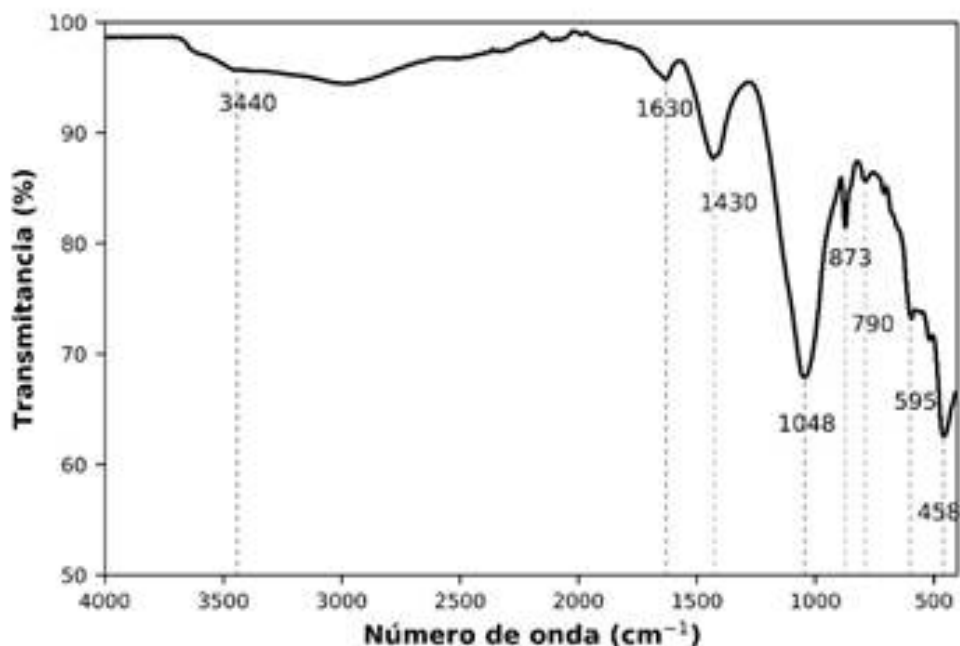


Nota: La espectroscopía Infrarroja fue realizada en las instalaciones de la facultad de ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería -UNI.

Estas inferencias con consistentes con los análisis efectuados por Vicuña Galindo et al. (2021) como se ve en la figura 11, quienes concluyen que la banda vibración ancha entre 3440 y 2500 cm^{-1} , corresponde a las vibraciones de tensión O-H. en tanto que, las bandas de vibración que aparece en 1630 cm^{-1} y 1430 cm^{-1} , son bandas discretas de vibración del agua, las que evidencian la existencia de moléculas de agua asociada con los iones sodio y calcio en las cavidades y jaulas de la estructura tridimensional de la zeolita.

Figura 11

Espectro FTIR de la zeolita (NEONITE).



Nota: Espectroscopía infrarroja tomada de Vicuña Galindo et al. (2021).

4.3 Análisis químico de los efluentes de la industria del curtido

El análisis químico del efluente de curtido presentó una concentración inicial de cromo total de 2243.7306 ppm y pH inicial de 3.78. Según el Ministerio de la Producción (2002), el D.S. N° 003-PRODUCE, establece que el límite máximo permisible de cromo total en efluentes de la industria de la curtiembre es 5 ppm, siendo el valor de las descargas 440 veces mayor. Cabe destacar que la norma no establece estos límites para contenidos de cromo (III), razón por la cual, reportamos nuestros resultados con contenido de cromo total.

Por otro lado, considerando que estos efluentes se descargan directamente en el sistema de alcantarillado, es necesario acotar que según Ministerio de Vivienda (2019), el valor máximo admisible (VMA) para descargas al sistema de alcantarillado para cromo total es 10 ppm, según el D.S. N° 10-2019-VIVIENDA, y en este caso se reporta unas 220 veces mayor la concentración total de cromo comparado con el VMA.

Los valores reportados en la presente investigación con relación al contenido de cromo total en los efluentes de la industria de la curtiembre en la región de Lima son semejantes a los valores reportados por Blas García (2021), que en su trabajo de titulación profesional en la Universidad Nacional de Ingeniería reporta una concentración inicial en los efluentes de una curtiembre de pieles de pescado de la región de Ucayali de 2888,37 ppm.

Con relación al efluente compuesto, la concentración de cromo total y pH inicial, reportados por el análisis en un laboratorio acreditado son 541.3640 ppm y 8.0, respectivamente. Considerando que el límite máximo permisible de cromo total en efluentes de la industria de la curtiembre es 5 ppm, los valores de las descargas son 108.27 veces mayor. Cabe destacar que la norma no establece estos límites para contenidos de cromo (III), razón por la cual, reportamos nuestros resultados con contenido de cromo total.

Considerando que estos efluentes se descargan directamente en el sistema de alcantarillado, es necesario acotar que según Ministerio de Vivienda (2019), el valor máximo admisible (VMA) para descargas al sistema de alcantarillado para cromo total es 10 ppm, según el D.S. N° 10-2019-VIVIENDA, y en este caso se reporta unas 54.13 veces mayor la concentración total de cromo comparado con el VMA.

4.3.1 *Diseño experimental*

Una vez que se determinó, de manera cualitativa, la región experimental que contiene los valores óptimos de concentración de zeolita, pH y tiempo de agitación, se plantea un diseño experimental factorial con la finalidad de determinar en qué condiciones se obtiene los resultados esperados en la variable de respuesta que se refleja en el porcentaje de remoción de cromo.

Como mencionado líneas arriba, en el presente trabajo de investigación se aplicó el diseño factorial de 3^2 , que consta de dos variables / factores con tres niveles cada

variable / factor, las variables que se consideraron son concentración de zeolita, pH y tiempo de agitación que se van ajustando de acuerdo al efluente de curtido o al efluente compuesto; por ende, la matriz de diseño constará de $3 \times 3 = 9$ tratamientos. Se duplicaron los tratamientos con el fin de obtener con más certeza los resultados, obteniéndose un total de 18 tratamientos realizados por cada efluente.

4.3.2 Resultados del diseño experimental del efluente de curtido

Para este efluente, las dos variables fueron la concentración de zeolita y pH (manteniendo el tiempo de agitación constante) la cual cada variable se evaluó en tres niveles realizando un duplicado de los tratamientos; es decir, el número de tratamientos resultó ser $3^2 \times 2$ que resultaron en un total de 18 tratamientos. Los resultados obtenidos en cada uno de los 18 tratamientos en mención se adjuntan en la Tabla 17.

Tabla 17

Porcentajes de remoción de cromo (III) para el efluente de curtido.

pH	[Ze] en g/L	Remoción			
		Codificación	Remoción Cromo (III)	Codificación	Dúplica de Remoción Cromo (III)
Muestras por duplicado					
pH=5	16	NC-CT-01-1	40.4579	NC-CT-01-2	35.5103
pH=6	16	NC-CT-02-1	51.9044	NC-CT-02-2	50.4490
pH=7	16	NC-CT-03-1	81.6830	NC-CT-03-2	88.2033
pH=5	24	NC-CT-04-1	63.8673	NC-CT-04-2	58.7777
pH=6	24	NC-CT-05-1	76.5425	NC-CT-05-2	74.1465
pH=7	24	NC-CT-06-1	90.4354	NC-CT-06-2	89.8329
pH=5	32	NC-CT-07-1	76.0075	NC-CT-07-2	78.3317
pH=6	32	NC-CT-08-1	84.3287	NC-CT-08-2	84.6621
pH=7	32	NC-CT-09-1	97.0535	NC-CT-09-2	97.0042

Nota: Datos obtenidos de un laboratorio acreditado.

El porcentaje de remoción de Cromo de cada tratamiento, en base a la concentración de cromo inicial y final, se determinó mediante la ecuación detallada líneas abajo:

$$\% R_{Cr} = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100 \%$$

Donde:

%R_Cr = Porcentaje de remoción de cromo (III).

C_o = Concentración de cromo en la muestra antes del tratamiento

C_f = Concentración de cromo en la muestra después del tratamiento

De las primeras observaciones de los resultados de la tabla 17, se puede inferir que a pH = 7 y con tiempos de agitación de 32 minutos, se logra 97 % de remoción de cromo (III), los mayores valores de remoción dentro de las condiciones del diseño experimental. Estos resultados son consistentes con las investigaciones Vicuña Galindo et al. (2021), quienes usando la zeolita Neonite MR, cuyo componente principal es la clinoptilolita, reportan, resultados, con relación a la remoción de iones Pb²⁺ y Zn²⁺ a pH = 8, reportando 80.0 % y 93.48 % de eficiencia en la remoción de estos iones.

En las investigaciones de Arriagada et al. (2001) con relación a la remoción de Cr³⁺ en efluentes industriales y sintéticos usando clinoptilolita natural, constituyente principal de la zeolita neonite, encontró que el intercambio de iones Cr³⁺ puede ser afectado por los efectos estéricos que la performance de este tipo de zeolitas es más eficiente a bajas concentraciones de los cationes a remover y sugiere se realicen investigaciones sobre la regeneración de la zeolita, en tanto que no se logra una eficiencia total de la regeneración, ni siquiera con soluciones concentradas en iones sodio.

Posteriormente a la obtención de los datos experimentales se procedió a la evaluación estadística de acuerdo al diseño experimental 3^2 . El objetivo del análisis preliminar de los datos del diseño experimental es evaluar y validar las inferencias las relaciones entre los factores pH y concentración de zeolita y su efecto sobre el rendimiento de remoción del cromo (III) de los efluentes de la industria del cuero. El primer análisis estadístico de validación se puede llevar a cabo con el ANOVA, análisis de varianza del modelo, bajo el supuesto de que los factores tienen una relación lineal con la variable dependiente. A continuación, se propone la hipótesis nula y la hipótesis de investigación (Gutiérrez & De La Vara, 2008).

Ho: Las medias muestrales de los rendimientos de remoción no presentan diferencias significativas con las variaciones del pH y de la concentración de la zeolita.

Ha: Las medias muestrales de los rendimientos de remoción presentan diferencias significativas con las variaciones del pH y de la concentración de la zeolita

En la tabla 18, se presenta el análisis de varianza de la variable respuesta porcentaje de remoción de cromo. La tabla muestra los componentes del análisis estadístico, tales como Las sumas ajustadas de los cuadrados, la media de los cuadrados ajustados, el valor-F y el estadístico p-valor.

Con relación a la validación del modelo, el p -valor = 0.000 conduce a rechazar la hipótesis nula y se puede concluir, con un nivel de confianza del 95 %, que el modelo del diseño de experimentos 3^2 , explica significativamente la varianza de la variable respuesta, en función del pH, concentración de la zeolita y de la interacción entre ellas.

Con relación al modelo lineal, el p -valor = 0.000 conduce a rechazar la hipótesis nula y concluir, con un nivel de confianza del 95 %, que el modelo del diseño de experimentos 3^2 explica el 99,12 % de la varianza de los resultados con un modelo lineal entre la variable respuesta y el pH, concentración de la zeolita y de la interacción entre ellas.

Por otro lado, con relación a cada una de las variables pH, concentración de las zeolitas y pH-concentración, la Tabla 18 muestra que el estadístico p-valor = 0.000, conduce a establecer con un nivel de confianza del 95 % que cada una de estas variables es significativa para el diseño experimental.

Tabla 18

ANOVA del porcentaje de remoción de cromo (III) para el efluente de curtido.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-valor
Modelo	8	6013.23	751.65	126.88	0.000
Lineal	4	5559.92	1389.98	234.63	0.000
pH	2	3126.68	1563.34	263.89	0.000
C	2	2433.24	1216.62	205.37	0.000
Interacciones de 2 términos	4	453.30	113.33	19.13	0.000
pH*C	4	453.30	113.33	19.13	0.000
Error	9	53.32	5.92		
Total	17	6066.54			

Nota: Datos obtenidos del Minitab 21. El p-valor ha sido determinado con un nivel de confianza del 95 %.

En la Figura 12, se muestra el Diagrama de Pareto estandarizado, el cual permite evidenciar de forma detallada, cuáles son los factores que tienen un mayor impacto o relevancia en la variable respuesta, el porcentaje de remoción de cromo (III). El diagrama de Pareto muestra en orden decreciente que las variables explicativas de más del 80 % de la variabilidad de los resultados son la variable A (pH), B (concentración de zeolita), y la interacción entre A y B.

Se va a demostrar que el efecto estandarizado se usa de estadístico de prueba para poner a prueba la hipótesis:

Ho : Efecto poblacional = 0

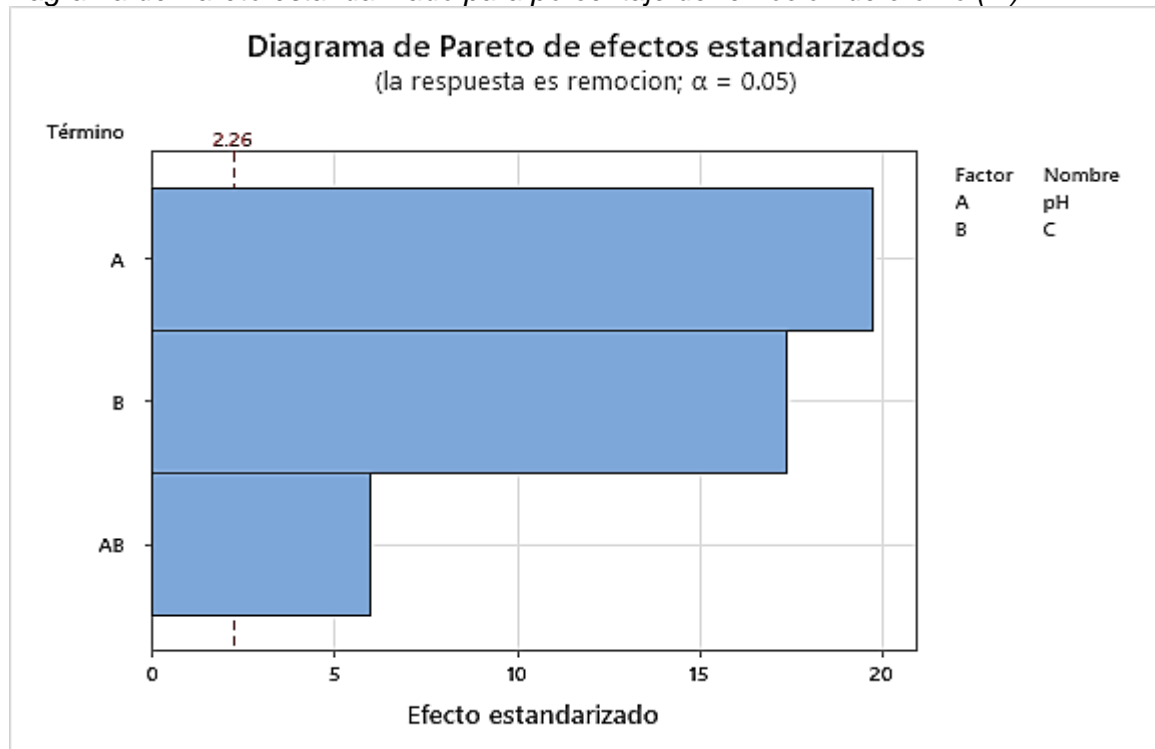
Ha: Efecto poblacional \neq 0

Como resalta Gutiérrez & De La Vara (2008), en el Diagrama de Pareto se traza una línea vertical de color rojo que indica el valor crítico de las tablas de distribución T de Student con $\nu=9$ grados de libertad asociadas al error, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, reportan un valor $t_{0,025,9} = 2.26$. Del análisis del Diagrama de Pareto, se puede

observar que los efectos que superan el nivel crítico y que explican más del 80 % de la variabilidad de los resultados, son en orden de relevancia: el pH, la concentración de la zeolita (C) y la interacción entre ellos.

Figura 12

Diagrama de Pareto estandarizado para porcentaje de remoción de cromo (III).



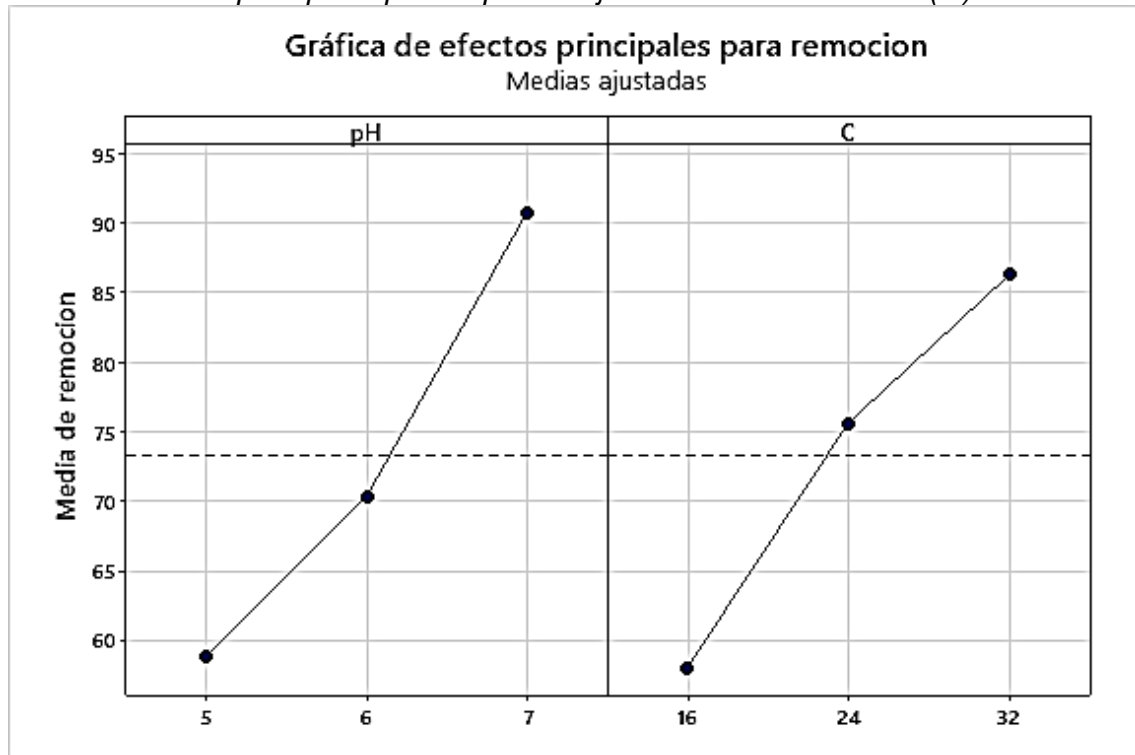
Nota: Diagrama obtenido del Minitab 21.

Al ir variando y conjugando los distintos niveles del pH y los niveles de la concentración de la zeolita (variable C), se produce un cambio en la variable respuesta, el porcentaje de remoción de cromo. La figura de efectos principales es la que nos permite visualizar como los efectos individuales que cada factor genera un cambio en la variable de respuesta. En la Figura 13, se observa la gráfica de efectos principales donde se visualiza en su eje X los dos factores como el factor C con sus niveles de 16, 24 y 32 g/L y el otro factor pH con sus niveles 5, 6 y 7. La figura evidencia que cada nivel de cada factor afecta de forma distinta a las variables respuesta. Se puede visualizar en la Figura 20 que el efecto individual (efecto principal) del pH es mayor al efecto individual de la concentración

de la zeolita (C) y que ambos factores influyen positivamente en el porcentaje de remoción de cromo, pues al aumentar los niveles en el C y pH, también se incrementa el %R_{Cr}.

Figura 13

Gráfica de efectos principales para el porcentaje de remoción de cromo (III).



Nota: Diagrama obtenido del Minitab 21.

Según Gutiérrez & De La Vara (2008), la interacción significativa de dos factores sobre la variable de respuesta se da cuando el efecto de un factor depende del nivel en la que se encuentra el otro factor. Figura 21, se presenta la gráfica de interacción de los factores C y pH, donde en el eje Y se ubica la variable de respuesta que es el porcentaje de remoción de cromo y en el eje X se ubican los tres niveles de pH. Las gráficas reportan que, a mayor concentración de zeolita, se reportan mayores porcentajes de remoción de cromo (III). El efecto de interacción entre las variables pH y concentración de la zeolita se muestra en la Figura 21 donde se puede visualizar que el efecto de la concentración de la zeolita es mayor cuando aumenta el pH; además, el extremo de línea más alto en la escala del rendimiento corresponde claramente a la combinación (pH=7, C=32), es decir, la adsorción de la zeolita más eficiente es a mayores valores de pH. Es importante reflexionar

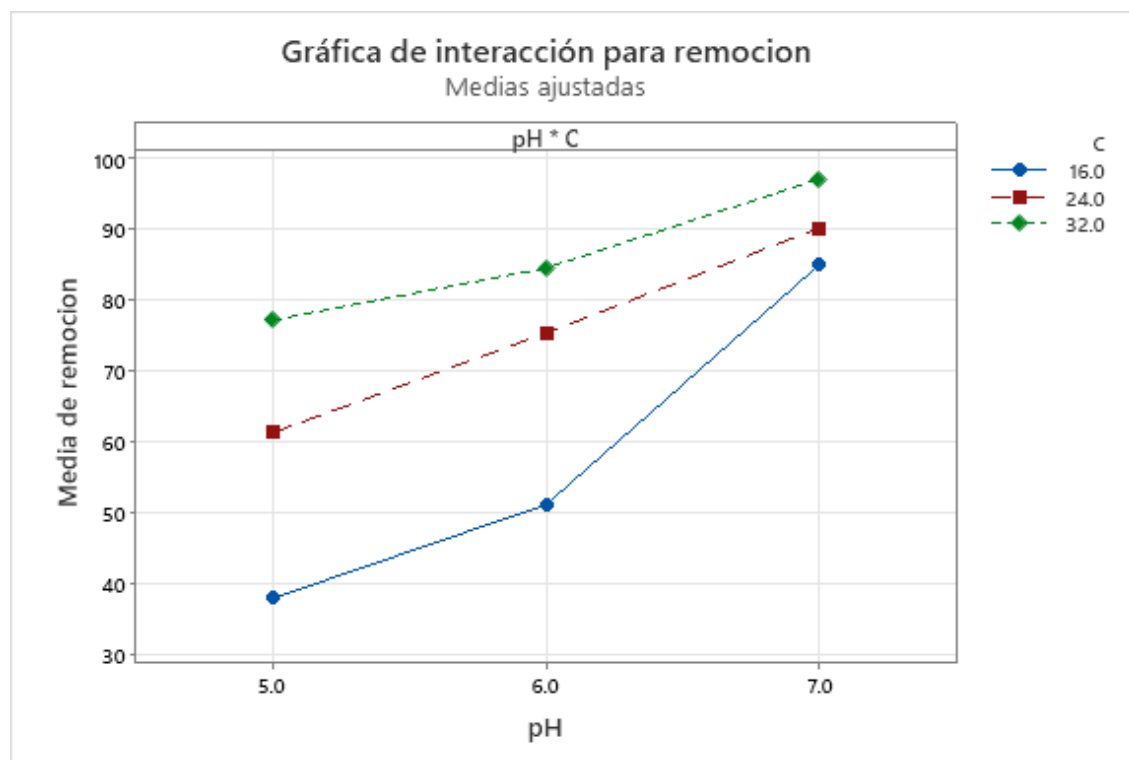
y analizar las razones fisicoquímicas de por qué estos efectos influyen de tal manera sobre la variable respuesta. Según refiere Arriagada (2001), el pH es la variable de relevante en la remoción del cromo (III), probablemente debido a la formación de diferentes complejos de cromo (III) en función del PH y aquel que se forma a pH=7, presenta relaciones óptimas de adsorción sobre la zeolita Neonite. De la química del cromo podemos inferir que a pH=7, el complejo predominante es $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ y con la adición de hidróxido de sodio, se producen equilibrios de formación de complejos tales como el $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6(\text{OH})]^{2+}$ y así sucesivamente, de acuerdo al pH de la solución. De los resultados del diseño experimental, podemos concluir que las dimensiones del complejo $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ presentan relaciones óptimas con las cavidades de la zeolita.

Estos resultados son consistentes con las investigaciones de Vicuña Galindo et al. (2021) y (Melgar Buendia (2019) quienes concluyeron que la concentración de los iones metálicos a remover, el tiempo, la velocidad de agitación, la concentración de zeolita y el pH son variables significativas en la remoción de iones cromo (III), por procesos de floculación-coagulación, estableciendo las condiciones óptimas de pH=9 y velocidades de agitación de 300 ppm.

En la Figura 14, se muestra el gráfico de interacciones, donde se puede observar los valores óptimos de pH y concentración de zeolita asociados a los porcentajes óptimos de remoción de cromo (III). Dicho diagrama se modeló a partir de los datos obtenidos del ANOVA de la Tabla 18 y se obtuvo el coeficiente de determinación $R^2 = 99.32\%$ y el coeficiente de determinación ajustado $R^2_{aj} = 98.72\%$. Al obtener el coeficiente de determinación (R-Cuadrado) tan alto, es un indicador que el diseño factorial 3^2 ofrece un modelo predictivo satisfactorio (Gutiérrez & De La Vara, 2008).

Figura 14

Gráfica de interacción para el porcentaje de remoción de cromo (III).



Nota: Diagrama obtenido del Minitab 21.

Para validar el modelo de regresión factorial general de remoción de cromo (III) versus el pH y la concentración de la zeolita, en la tabla 19.

Tabla 19

Coeficientes de la ecuación de regresión lineal múltiple.

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	73.572	0.499	147.39	0.000	
pH					
5	-13.898	0.706	-19.69	0.000	1.33
6	-3.233	0.706	-4.58	0.001	1.33
C					
16	-15.537	0.706	-22.01	0.000	1.33
24	2.877	0.706	4.08	0.003	1.33
pH*C					
5 16	-6.153	0.998	-6.16	0.000	1.78
5 24	1.317	0.998	1.32	0.220	1.78
6 16	-3.625	0.998	-3.63	0.005	1.78
6 24	2.129	0.998	2.13	0.062	1.78

Nota: Diagrama obtenido del Minitab 21.

Del análisis de la tabla 20, se puede inferir que los coeficientes: pH*C_5 24 y pH*C_6 24 de la ecuación de regresión no son significativos del modelo. La ecuación de regresión, que explica el 99,32 % de la variabilidad de la variable respuesta es:

$$\%R = 73.572 - 13.898 \text{ pH}_5 - 3.233 \text{ pH}_6 + 17.131 \text{ pH}_7 - 15.537 \text{ C}_{16} + 2.877 \text{ C}_{24} + 12.660 \text{ C}_{32} - 6.153 \text{ pH}^* \text{C}_{5 16} + \mathbf{1.317 \text{ pH}^* \text{C}_{5 24}} + 4.836 \text{ pH}^* \text{C}_{5 32} - 3.625 \text{ pH}^* \text{C}_{6 16} + \mathbf{2.129 \text{ pH}^* \text{C}_{6 24}} + 1.497 \text{ pH}^* \text{C}_{6 32} + 9.778 \text{ pH}^* \text{C}_{7 16} - 3.445 \text{ pH}^* \text{C}_{7 24} - 6.333 \text{ pH}^* \text{C}_{7 32},$$

Tabla 20

Optimización del porcentaje de remoción de cromo (III).

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
C	16.0	32.0	32.0
pH	5.0	7.0	7.0
Valor Óptimo			%R = 97,05 %

Nota: Diagrama obtenido del Minitab 21.

Mediante la ecuación modelo ajustado se obtuvieron los valores óptimos de cada factor dentro de la región experimental delimitada. El porcentaje de remoción de cromo (III) encontrado a concentraciones de zeolita de 32.0 g/L y con un pH de 7.0 es 97.05 % de remoción de cromo (III), siendo una eficiencia óptima para el objeto de estudio del presente trabajo de investigación.

Estos resultados son consistentes con los resultados de la investigación de Alvarado (2003), quién reporta que el porcentaje de remoción de Cr³⁺ para los experimentos en los reactores tipo batch fue de: 98% para la zeolita tipo mordenita natural y 97% para la mordenita homoiónica.

4.3.3 Resultados del diseño experimental del efluente compuesto

Con relación al efluente compuesto, las dos variables predictivas del porcentaje de remoción de cromo (III) fueron la concentración de zeolita y el tiempo de agitación, las cuales, al igual que en el efluente de curtido, cada variable se evaluó en tres niveles realizando un duplicado de los tratamientos; es decir, el número de tratamientos resultó ser $3^2 \times 2$ que resultaron en un total de 18 tratamientos. Los resultados obtenidos en cada uno de los 18 tratamientos en mención se adjuntan en la Tabla 21.

Tabla 21

Porcentajes de remoción de cromo (III) para el efluente compuesto.

C (g/L)	Tiempo (en min)	Remoción		Dúplica de Remoción Cromo (III) (en %)	
		Codificación	Remoción Cromo (III) (en %)		Codificación
Muestras por duplicado					
1	5	NC-CT-01-1	98.1044	NC-CT-01-2	99.0194
3	5	NC-CT-02-1	99.8298	NC-CT-02-2	99.3827
5	5	NC-CT-03-1	99.8979	NC-CT-03-2	99.6956
1	10	NC-CT-04-1	99.4219	NC-CT-04-2	99.6597
3	10	NC-CT-05-1	99.8901	NC-CT-05-2	99.9068
5	10	NC-CT-06-1	99.9092	NC-CT-06-2	99.9191
1	15	NC-CT-07-1	99.5622	NC-CT-07-2	99.7209
3	15	NC-CT-08-1	99.8687	NC-CT-08-2	99.8921
5	15	NC-CT-09-1	99.9180	NC-CT-09-2	99.8745

Nota: Datos obtenidos de un laboratorio acreditado.

Para contrastar los resultados, se plantean hipótesis estadísticas que son la hipótesis nula e hipótesis alternativa que, mediante el ANOVA, que permitirá rechazar o no la hipótesis nula. En la tabla 22, se presenta el análisis de varianza de la variable respuesta porcentaje de remoción de cromo. La tabla muestra los componentes del análisis estadístico, tales como Las sumas ajustadas de los cuadrados, la media de los cuadrados ajustados, el valor-F y el estadístico p-valor.

Con relación a la validación del modelo, el p-valor = 0.009 conduce a rechazar la hipótesis nula y se puede concluir, con un nivel de confianza del 95 %, que el modelo del diseño de experimentos $3^2 \times 2$, explica significativamente la varianza de la variable respuesta, en función del tiempo de agitación, concentración de la zeolita y de la interacción entre ellas.

Respecto al modelo lineal, el p-valor = 0.004 conduce a rechazar la hipótesis nula y concluir, con un nivel de confianza del 95 %, que el modelo del diseño de experimentos $3^2 \times 2$ explica el 83.43 % de la varianza de los resultados con un modelo lineal entre la variable respuesta y el tiempo de agitación a 300 ppm, concentración de la zeolita y de la interacción entre ellas.

Por otro lado, con relación a cada una de las variables tiempo de agitación, concentración de las zeolitas, la Tabla 22 muestra que el estadístico p-valor < 0.05, conduce a establecer con un nivel de confianza del 95 % que cada una de estas variables es significativa para el diseño experimental. Con relación a la interacción de las variables tiempo de agitación y concentración de las zeolitas, el análisis de varianza indica que esta variable de interacción no es significativa para el modelo y no debe ser considerada.

Tabla 22*Análisis de varianza para la remoción de cromo (III) del efluente compuesto.*

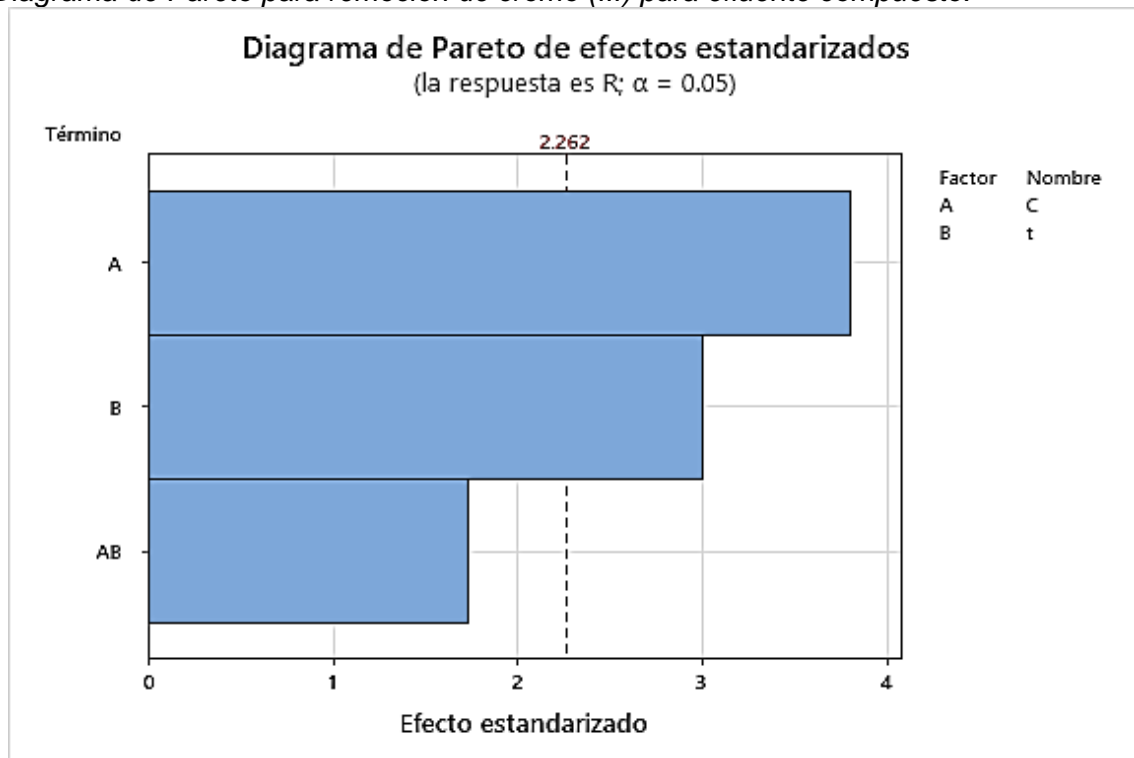
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	2.9264	0.36580	5.66	0.009
Lineal	4	2.2792	0.56979	8.82	0.004
C	2	1.3805	0.69023	10.69	0.004
t	2	0.8987	0.44936	6.96	0.015
Interacciones de 2 términos	4	0.6472	0.16181	2.51	0.116
C*t	4	0.6472	0.16181	2.51	0.116
Error	9	0.5813	0.06459		
Total	17	3.5077			

Nota: Datos obtenidos del Minitab 21. El p-valor ha sido determinado con un nivel de confianza del 95 %.

En la figura 15, se adjunta el Diagrama de Pareto Estandarizado para este efluente compuesto, lo cual nos permite evidenciar de forma más detallada, cuáles son los efectos que tienen un mayor impacto o relevancia en nuestra variable de respuesta que es el porcentaje de remoción de cromo (III). Reforzando lo evidenciado en la tabla 22, las variables que más inciden en el porcentaje de remoción de cromo (III), en orden decreciente, son la variable A (Concentración de zeolita), B (Tiempo de agitación) y AB respectivamente por tener una significancia menor a 0.05 ($\alpha < 0.05$). Como resalta (Gutiérrez & De La Vara, 2008), en el Diagrama de Pareto se traza una línea vertical de color azul que indica el valor crítico de la tablas de distribución T de Student con ν grados de libertad: $t_{\alpha/2,\nu}$, siendo α el nivel de significancia que por lo general es $\alpha = 0.05$ y ν son los grados de libertad asociados al error; en consecuencia, los efectos cuyas barras no sobrepasen la línea vertical azul no serán significativos, siendo los efectos no significativos las interacciones entre la concentración de zeolita y el tiempo de agitación.

Figura 15

Diagrama de Pareto para remoción de cromo (III) para efluente compuesto.



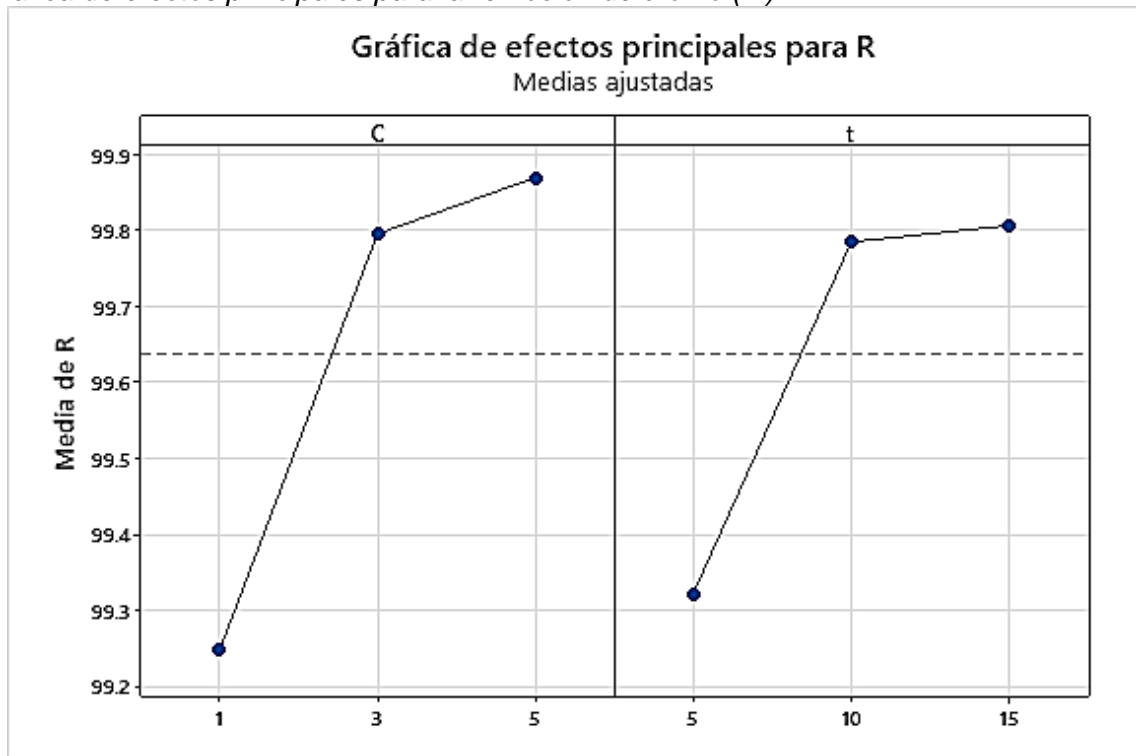
Nota: Diagrama obtenido del Minitab 21.

Al ir regulando los distintos niveles de la concentración de zeolita (C) y del tiempo de agitación (Ta), esto genera distintos resultados en la variable de respuesta que es el porcentaje de remoción de cromo, a eso se le conoce como el efecto de un factor. La gráfica de efectos principales es la que nos permite visualizar como los efectos individuales de cada factor generan un cambio en la variable de respuesta. En la figura 16, se observa la gráfica de efectos principales donde se visualiza en su eje X los dos factores como el factor C con su nivel bajo 1.0 y su nivel alto 5.0 y el otro factor ta con su nivel bajo 5.0 y su nivel alto 15.0. Cada nivel de cada factor afecta de forma distinta la respuesta. Se puede visualizar en la figura 16, que los resultados en el porcentaje de remoción de cromo (III) son similares y van de forma ascendente para ambas variables (concentración de zeolitas y el tiempo de agitación) conforme va aumentando sus respectivos niveles, llegando a un punto de inflexión en donde se llega al porcentaje máximo de remoción de cromo (III) para

ambas variables y posteriormente, el %R_Cr permanece constante, por encima de los niveles máximos de ambas variables.

Figura 16

Gráfica de efectos principales para la remoción de cromo (III).



Nota: Diagrama obtenido del Minitab 21.

En la Figura 17, se presenta la gráfica de interacción de los factores concentración de la zeolita (C) y el tiempo de agitación (Ta), donde en el eje Y se localiza la variable de respuesta que es el porcentaje de remoción de cromo y en el eje X está la variable C con su nivel más bajo de 1 y su nivel más alto de 5; mientras que, en dirección vertical, encima de cada nivel del C, se ubica un punto que indique el promedio la respuesta del %R_Cr en los tres niveles del factor Ta 5, 10 y 15 minutos, Podemos observar el comportamiento del porcentaje de remoción de cromo (III) en el nivel bajo y alto del factor tiempo de agitación (Ta) conforme va aumentando o disminuyendo la concentración de zeolita (C). Para el nivel Ta = 5.0, el %R_Cr va en aumento conforme va aumentando también los niveles de C; mientras que para el nivel Ta = 15.0, el %R_Cr comienza a aumentar hasta un cierto nivel del C para posteriormente disminuir al pendiente y mostrar un efecto de máxima remoción

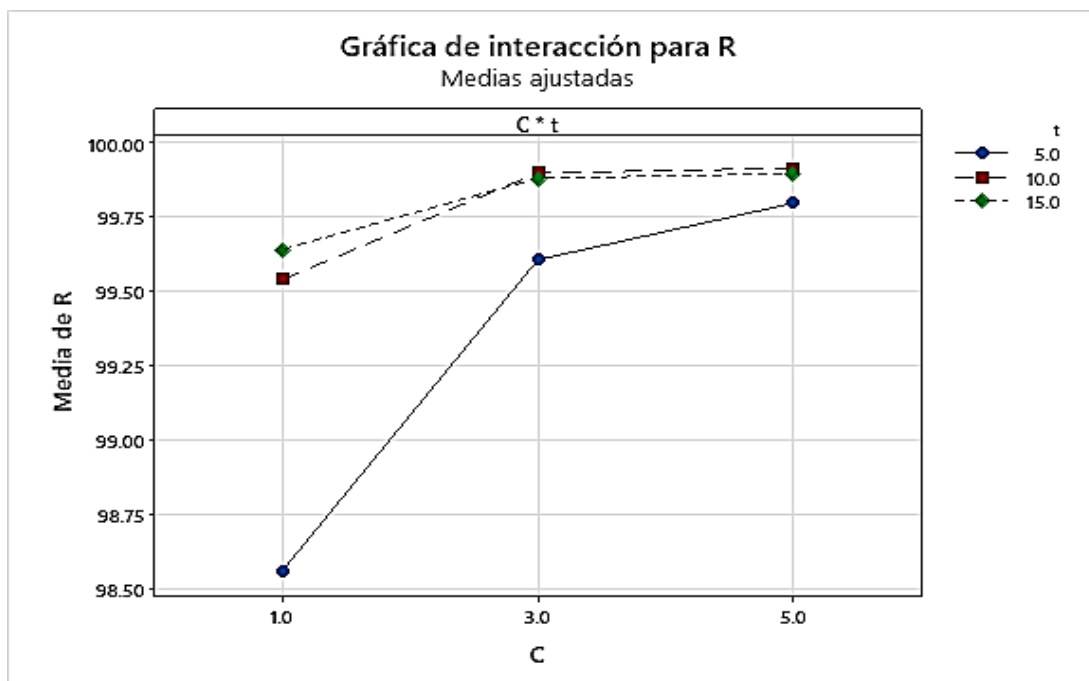
en un tiempo de 10 minutos aproximadamente. Se evidencia que para el nivel más alto de C que es 5.0, el %R_{Cr} tiende a ser muy alto y homogéneo en ambos niveles del Ta de 5.0 y 15.0.

En la Figura 17, se muestra el efecto de interacción y permite encontrar los valores óptimos de concentración de zeolita (C) y tiempo de agitación (t) dentro de la región experimental que den porcentajes óptimos de porcentaje de remoción de cromo (III). Dicho diagrama se modeló a partir de los datos obtenidos del ANOVA de la tabla 25 y se obtuvo el coeficiente de determinación $R^2 = 84.93 \%$ y el coeficiente de determinación ajustado $R^2_{aj} = 68.7 \%$. Al obtener el coeficiente de determinación (R- Cuadrado) elevado, es un indicador que el diseño factorial 3^2 nos ofrecerá predicciones aceptables en los valores óptimos a requerir. (Gutiérrez & De La Vara, 2008). La ecuación del modelo de regresión ajustado es el siguiente:

$$R = 99.6374 - 0.3893 C_{1.0} + 0.1576 C_{3.0} + 0.2317 C_{5.0} - 0.3158 t_{5.0} + 0.1471 t_{10.0} + 0.1687 t_{15.0} - 0.370 C*t_{1.0, 5.0} + 0.146 C*t_{1.0, 10.0} + 0.225 C*t_{1.0, 15.0} + 0.127 C*t_{3.0, 5.0} - 0.044 C*t_{3.0, 10.0} - 0.083 C*t_{3.0, 15.0} + 0.243 C*t_{5.0, 5.0} - 0.102 C*t_{5.0, 10.0} - 0.141 C*t_{5.0, 15.0}$$

Figura 17

Efectos de interacción para la remoción de cromo (III).



Nota: Diagrama obtenido del Minitab 21.

4.4 Prueba de hipótesis

4.4.1 Contraste de hipótesis para el efluente de curtido

A continuación, se contrasta las hipótesis de investigación. Considerando la normatividad D.S. 010-2019-VIVIENDA, los valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario es de 10 ppm de cromo (III) y el D.S. 003-2002-PRODUCE que establece que el límite máximo permisible de efluentes para aguas superficiales de las actividades curtiembre en curso es de 2.5 ppm.

La hipótesis planteada para este contraste es:

Ha: La aplicación del tratamiento por intercambio iónico utilizando zeolita neonite MR permite remover el Cr (III) del efluente curtido de la industria de la curtiembre, por debajo de los máximos valores admisibles, establecidos por el D.S. 010-2019-VIVIENDA.

Tabla 23

Concentración final de cromo (III) para el efluente de curtido.

pH	[C] en g/L	Remoción Concentración inicial del cromo (III) en el efluente curtido 2243.73 ppm			
		%Remoción Cromo (III)	Concentración final del efluente tratado (ppm)	Dúplica de Remoción Cromo (III)	Dúplica de Concentración final del efluente tratado (ppm)
Muestras por duplicado					
pH=5	16	40.46 %	1335.92	35.51 %	1446.98
pH=6	16	51.90 %	1079.23	50.445 %	1111.77
pH=7	16	81.68 %	411.05	88.20 %	264.76
pH=5	24	63.87 %	810.66	58.78 %	924.87
pH=6	24	76.54 %	526.38	74.15 %	580.00
pH=7	24	90.43 %	214.73	89.83 %	228.19
pH=5	32	76.01 %	538.27	78.33 %	486.22
pH=6	32	84.3287 %	351.59	84.6621 %	344.19
pH=7	32	97.0535 %	66.19	97.0042 %	67.31

Nota: Datos obtenidos de un laboratorio acreditado.

La Tabla 23 resume los resultados globales de los porcentajes de remoción de cromo (III) y los niveles finales del este metal en el efluente tratado. Considerando que, en ninguno de los ensayos, los niveles de cromo (III) se encuentran por debajo de 10 ppm, se puede concluir que ha sido probada la hipótesis nula y que el tratamiento del efluente curtido con zeolita neonite MR no es suficiente para remover el cromo (III) por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2002-PRODUCE. Sin

embargo, cabe destacar que es un método eficiente y amigable con el medio ambiente que debe ser considerado en el proceso de tratamiento integral de remoción de metales pesados de los efluentes de la industria.

4.4.2 Contraste de hipótesis para el efluente compuesto

A continuación, se contrasta las hipótesis de investigación. Considerando la normatividad D.S. 010-2019-VIVIENDA, los valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario es de 10 ppm de cromo (III) y el D.S. 003-2002-PRODUCE que establece que el límite máximo permisible de efluentes para aguas superficiales de las actividades curtiembre en curso es de 2.5 ppm.

La hipótesis planteada para este contraste es:

Ha: La aplicación del tratamiento por intercambio iónico utilizando zeolita neonite MR permite remover el Cr (III) del efluente compuesto de la industria de la curtiembre, por debajo de los máximos valores admisibles establecidos por el D.S. 010-2019-VIVIENDA.

La Tabla 24 resume los resultados globales de los porcentajes de remoción de cromo (III) y los niveles finales del este metal en el efluente compuesto tratado. Considerando que, en los ensayos, los niveles de cromo (III) se encuentran por debajo de 10 ppm, se puede concluir que ha sido probada la hipótesis de investigación y que el tratamiento del efluente compuesto con zeolita neonite MR es suficiente para remover el cromo (III) por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2002-PRODUCE. Considerando que la agitación es un factor relacionado con el consumo de la energía, se puede concluir que con una concentración de 5 g/L de zeolita y un tiempo de agitación de 5 minutos es suficiente para la remoción del cromo (III), según los estándares establecidos en el D.S. 003-2002-PRODUCE y el D.S. 010-2019-VIVIENDA.

Tabla 24*Concentración final de cromo (III) para el efluente compuesto.*

C (g/L)	Tiempo (en min)	Remoción Concentración inicial del cromo (III) en el efluente curtido 541.3640 ppm			
		%Remoción Cromo (III)	Concentración final del efluente tratado (ppm)	Dúplica de Remoción Cromo (III)	Dúplica de Concentración final del efluente tratado (ppm)
Muestras por duplicado					
1	5	98.1044	10.29	99.0194	5.31
3	5	99.8298	0.92	99.3827	3.36
5	5	99.8979	0.54	99.6956	1.62
1	10	99.4219	3.14	99.6597	1.84
3	10	99.8901	0.60	99.9068	0.49
5	10	99.9092	0.49	99.9191	0.49
1	15	99.5622	2.38	99.7209	1.52
3	15	99.8687	0.70	99.8921	0.60
5	15	99.9180	0.43	99.8745	0.70

Nota: Se evaluaron alícuotas de 250 mL y concentración de iones cromo (III).

Conclusiones

El análisis de variable permite determinar si las variables empleadas influyen significativamente sobre la variable de respuesta que es el porcentaje de remoción de cromo. A partir de los resultados obtenidos, se desarrolló el análisis de varianza de los datos utilizando el software estadístico Minitab 21. A continuación, se muestran las conclusiones más relevantes.

Conclusiones sobre el efluente de curtido

- El modelo de diseño experimental para la remoción de Cromo (III) del efluente curtido en función del pH y la concentración de zeolita es significativa, con p-valor < 0.05 , presentando un coeficiente de determinación R^2 ajustado de 98,72%. En este contexto, se concluye que a $\text{pH}=7$ y concentración de la zeolita de 32 g/L y considerando una un volumen de efluente de 250 mL, con una concentración de cromo (III) en el efluente curtido igual a 2243.7306 ppm, con velocidad de agitación del 300 ppm y tiempo de agitación de 60 min, el porcentaje de remoción de cromo (III) es del 97,05 %.
- El modelo de diseño experimental factorial y lineal, para la remoción de Cromo (III) del efluente curtido en función del pH y la concentración de zeolita es significativa, en tanto que el p-valor < 0.05 . En este contexto se concluye que las variables explicativas de la variabilidad de los resultados sobre la remoción del cromo (III) está determinado por el pH, concentración de la zeolita y de las interacciones de ambas.
- Con relación a la hipótesis específica 1, la investigación ha probado la hipótesis nula. Es decir, para las condiciones experimentales usadas con el efluente curtido el uso de la zeolita neonite MR no es suficiente para remover el cromo (III) por debajo de los límites máximos permisibles, ni el máximo valor admisible.

Conclusiones sobre el efluente compuesto

- El modelo de diseño experimental para la remoción de Cromo (III) del efluente compuesto en función del tiempo de agitación y la concentración de zeolita es significativa, con p-valor < 0.05 , presentando un coeficiente de determinación R^2 ajustado de 68,7%. En este contexto, se concluye que, a una concentración de la zeolita de 5 g/L y considerando un volumen de efluente compuestos de 250 mL, con una concentración de cromo (III) en el efluente de 541.3640 ppm (efluente compuesto) ppm, con velocidad de agitación del 300 rpm y tiempo de agitación de 5 min, el porcentaje de remoción de cromo (III) es del 99.89 %.
- El modelo de diseño experimental lineal, para la remoción de Cromo (III) del efluente compuesto en función del tiempo de agitación y la concentración de zeolita es significativa, con p-valor < 0.05 . En este contexto se concluye que las variables explicativas de la variabilidad de los resultados sobre la remoción del cromo (III) está determinado por el tiempo de agitación y concentración de la zeolita. El diagrama de Pareto no muestra evidencias que las interacciones de ambas variables sean significativas para la explicación de la variabilidad.
- Con relación a la hipótesis específica 2, la investigación ha probado la hipótesis de investigación. Es decir, para las condiciones experimentales usadas con el efluente compuesto el uso de la zeolita neonite MR es suficiente para remover el cromo (III) por debajo de los límites máximos permisibles, ni el máximo valor admisible.

Recomendaciones

Los resultados de la presente investigación permiten formalizar las siguientes propuestas y recomendaciones con el fin de resolver, ampliar y seguir investigando temas relacionados con las variables en estudio. En ese contexto se propone las siguientes recomendaciones:

- Realizar investigaciones sobre la recuperación de la zeolita Neonite MR, después del tratamiento de efluentes de la industria de la curtiembre.
- Realizar investigaciones sobre la remoción de Cr (III), introduciendo más factores relevantes, tales como el tiempo de agitación y la velocidad de agitación.
- Realizar investigaciones para determinar el efecto de saturación de las zeolitas neonite MR con el contaminante cromo (III).
- Efectuar investigaciones a nivel piloto para establecer las condiciones de escalamiento con relación al uso de zeolita neonite MR con fines de tratamiento de efluentes de la industria de la curtiembre.
- Efectuar investigaciones con relación a la remoción de dos o más metales pesados contaminantes de los efluentes de la industria de la curtiembre.

Referencias Bibliográficas

- Adam, M. R., Salleh, N. M., Othman, M. H. D., Matsuura, T., Ali, M. H., Puteh, M. H., Ismail, A. F., Rahman, M. A., & Jaafar, J. (2018). The adsorptive removal of chromium (VI) in aqueous solution by novel natural zeolite based hollow fibre ceramic membrane. *Journal of Environmental Management*, 224(July), 252–262. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.043>
- Alarcón, O. M. (2009). Los elementos traza. *Revista Médica de La Extensión Portuguesa*, 4(3), 107–124.
- Ali, I., Asim, M., & Khan, T. A. (2012). Low cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater. *Journal of Environmental Management*, 113, 170–183. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.08.028>
- Alvarado, J. (2003). *Remoción de Cr (III) de agua residual industrial con zeolitas naturales (Tesis de maestría)*. Universidad Nacional Metropolitana.
- Aravindhan, R., Madhan, B., Rao, J. R., Nair, B. U., & Ramasami, T. (2004). Bioaccumulation of Chromium from Tannery Wastewater : An Approach for Chrome Recovery and Reuse. *Environmental Science & Technology*, 38(1), 300–306. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/es034427s>
- Arriagada, R., García, R., & Cid, R. (2001). Retención de cromo y mercurio con zeolitas naturales y sintéticas. In *Facultad de Ciencias Químicas*. <https://doi.org/10.1192/bjp.111.479.1009-a>
- Beghetto, V., Zancanaro, A., Scrivanti, A., Matteoli, U., & Pozza, G. (2013). The Leather Industry : A Chemistry insight. *Sciences at Ca' Foscari*.

- Benitez, N. (2011). Producción limpia y biorremediación para disminución de la contaminación por cromo en la industria de curtiembres. *Revista Del Doctorado Interinstitucional En Ciencias Ambientales*, 1, 25–31.
- Blas García, J. R. (2021). *Evaluación del desempeño ambiental de técnicas de curtido libres de cromo en pieles de pescado de la región Ucayali* [Tesis para obtener el Título profesional de Ingeniero Ambiental]. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Caviedes Rubio, D. I., Muñoz Calderón, R. A., Perdomo Gualtero, A., Rodríguez Acosta, D., & Sandoval Rojas, I. J. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Ingeniería y Región*, 13(1), 73. <https://doi.org/10.25054/22161325.710>
- Centro de Produccion más Limpia de Nicaragua. (2008). *Manual de Buenas Prácticas Ambientales para el Sector MIPYME - Tenerías*.
- Chica, F., Londoño, L., & Álvarez, M. (2006). La zeolita en la mitigación ambiental. *Revista Lasallista de Investigación*, 3(1), 30–34.
- CIATEC. (2006). *Manual de buenas prácticas ambientales para la curtiembre en Centroamérica*.
- CITECCAL. (2018). *Evaluación para la sustitución de procesos y/o productos químicos para la producción limpia en la industria de curtiembre* (pp. 1–32). CITEccal.
- Córdova, H., Vargas, R., Cesare, M., Flores, L., & Visitación, L. (2014). *Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido tradicional y alternativo que utiliza complejantes de cromo*. 80(3), 183–191.

- Cortés, A. C. (2009). La Importancia De Las Zeolitas. *Cuadernos Del Tomás*, 1, 211–227.
- Covarrubias, C., Arriagada, R., Yáñez, J., García, R., Angélica, M., Barros, S. D., Arroyo, P., & Sousa-Aguiar, E. F. (2005). Removal of chromium(III) from tannery effluents, using a system of packed columns of zeolite and activated carbon. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 80(8), 899–908. <https://doi.org/10.1002/jctb.1259>
- Cuberos, E., Rodriguez, A., & Prieto, E. (2009). Niveles de Cromo y Alteraciones de Salud en una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres en Bogotá, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 11(2), 278–289.
- De Aquim, P. M., Hansen, É., & Gutterres, M. (2019). Water reuse: An alternative to minimize the environmental impact on the leather industry. *Journal of Environmental Management*, 230, 456–463. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.077>
- Elboughdiri, N. (2020). The use of natural zeolite to remove heavy metals Cu (II), Pb (II) and Cd (II), from industrial wastewater. *Cogent Engineering*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1782623>
- El-Kammar, A., Melegy, A., & Miro, G. (2015). Mineralogical and geochemical characterization of natural zeolites from southwest Syria. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(7), 4589–4601. <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1519-3>
- Escoto Palacios, M., Pérez Limiñana, M., & Arán Ais, F. (2016). From leather waste to functional leather. *INESCOP*, 55.
- Esparza, E., & Gamboa, N. (2001). Contaminación debido a la industria curtiembre. *Revista de Química*, XV(1), 41–63.

- García, R., Cid, R., & Arriagada, R. (1999). Retención de Cr(III) y Hg(II) en zeolitas. influencia de la naturaleza de la zeolita y de variables de proceso. *Boletín de La Sociedad Chilena de Química*, 44(4), 435–442. <https://doi.org/10.4067/S0366-16441999000400006>
- Gonzales, G., Zevallos, A., Gonzales, C., Nuñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., Naeher, L., Levy, K., & Steenland, K. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental*, 31(3), 6–8.
- Gonzales, L. (2008). Obtención, caracterización y empleo como sorbente del silicato de magnesio amorfo hidratado. In *Cenida.Una.Edu.Ni*. Universidad Central Marta Abreu De Las Villas.
- Guevara Neyra, J., & Mayanga Chuquillanque, R. (2017). *Influencia del pH y el tiempo de contacto en el porcentaje de remoción de Pb²⁺ y Cd²⁺ en soluciones acuosas, utilizando zeolitas tipo clinoptilolita modificada con MgCl₂ (Tesis de grado)*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Gutiérrez, H., & De La Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2nd ed., Vol. 2). McGraw-Hill Interamericana. <https://doi.org/10.3906/sag-1507-147>
- Hansel, C., Vargas, R., Téllez, L., Flor, M., Coral, C., Becker, R., & Figueroa, L. V. (2013). Influencia del uso de acomplexantes en el baño de curtido sobre la calidad final del cuero. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 79(4), 388–397.
- Instituto Nacional de Ecología. (1999). *Manual de procedimientos para el manejo adecuado de los residuos de Curtiduría*.

- Lazo Camposano, R. (2013). *Eliminación del arsénico en diferentes clases de aguas con zeolitas naturales (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional del Callao.
- Louarrat, M., Rahman, A. N., Bacaoui, A., & Yaacoubi, A. (2017). Removal of Chromium Cr (VI) of Tanning Effluent with Activated Carbon from Tannery Solid Wastes. *American Journal of Physical Chemistry*, 6(6), 103–109. <https://doi.org/10.11648/j.ajpc.20170606.11>
- Luis, J., Mustelier, C., Alfonso, D., Sánchez, M., Luis, J., & Velázquez, C. (2018). *Las Zeolitas naturales de Iberoamérica*. Fundación Gomez Pardo.
- Luis, J., & Rivera, C. (2006). El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: cuenca alta del Río Bogotá. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 16(2), 14–28.
- Lv, G., Li, Z., Jiang, W., Ackley, C., Fenske, N., & Demarco, N. (2013). Removal of Cr (VI) from water using Fe (II) - modified natural zeolite. *Chemical Engineering Research and Design*, 92(2), 384–390. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2013.08.003>
- Martinez Buitrago, S. Y., & Romero Coca, J. A. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 26(1), 113–124. <https://doi.org/10.18359/rfce.2357>
- McMillan, M. M., & Mann, B. R. (2007). *The chemistry of the leather industry*. 1–17.
- Melgar Buendia, J.-P. (2019a). *Remoción De Sólidos Suspendidos Y Sulfuros En El Efluente De Pelambre De La Industria Curtiembre Convencional Mediante El Compuesto Comercial a Base De Zeolita (Neonite)*.
- Melgar Buendia, J.-P. (2019b). *Remoción de sólidos suspendidos y sulfuros en el efluente de pelambre de la industria curtiembre convencional mediante el*

compuesto comercial a base de zeolita (Neonite) [Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Técnica de Lima Sur].
http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/205/1/Melgar_Jean_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf

Méndez Pampín, R., Gladys, Vidal SáezLorber, K. E., & Márquez Romegialli, F. (2007). *Producción limpia en la industria curtiembre* (p. 403).

Ministerio de la Producción. (2002). R.S. N° 003-2002-PRODUCE. In *Norma Legales, el Peruano* (pp. 1–5). El Peruano.
<https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/41946>

Ministerio de Vivienda, saneamiento y construcción. (2019). D.S. N° 010-2019-VIVIENDA. In *Normas Legales* (pp. 1–60). El Peruano.

Moshoeshoe, M., Silas Nadiye-Tabbiruka, M., & Obuseng, V. (2017). A Review of the Chemistry, Structure, Properties and Applications of Zeolites. *American Journal of Materials Science*, 2017(5), 196–221.
<https://doi.org/10.5923/j.materials.20170705.12>

Muñoz, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis* (Segunda Ed).

NEONITE. (2019). <http://neonite.jp/spanish/>

Nguyen, T. C., Loganathan, P., Nguyen, T. V., Vigneswaran, S., Kandasamy, J., & Naidu, R. (2015). Simultaneous adsorption of Cd , Cr , Cu , Pb , and Zn by an iron-coated Australian. *Chemical Engineering Journal*, 270, 393–404.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.02.047>

Nima, R. (2021). *Propuesta de una planta de tratamiento de las aguas residuales, para mejorar la recirculación del agua y los tratamientos en cada una de las*

etapas del proceso de curtido en una empresa curtiembre, en la ciudad de Trujillo.

OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*, 36.

Otiniano, M., Tuesta, L., Robles, H., Luján, M., & Chávez, M. (2007). Biorremediación de cromo VI de aguas residuales de curtiembres por *Pseudomonas* sp y su efecto sobre el ciclo celular de *Allium cepa*. *Revista Médica Vallejana*, 4(1), 32–42.

Porras, Á. C. (2010). Descripción De La Nocividad Del Cromo Proveniente De La Industria Curtiembre Y De Las Posibles Formas De Removerlo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9228(17), 41–50.

Qasem, N. A. A., Mohammed, R. H., & Lawal, D. U. (2021). Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review. *Npj Clean Water*, 4(1). <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00127-0>

Ramos, R. L., Castillo, M. A. S., Sánchez, M. V. H., & Coronado, R. M. G. (2001). Remoción de metales pesados de solución acuosa por medio de clinoptilolitas naturales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 17(3), 129–136.

Rey de Castro, A. C. (2013). *Recuperación de cromo (III) de efluentes de curtido para control ambiental y optimización del proceso productivo. (Tesis de grado)*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Reyes Toriz, E., Cerino Córdova, F., & Suárez Herrera, M. (2006). Remoción de metales pesados con carbón activado como soporte de biomasa. *Ingenierías*, 9(31), 59–64.

- Saldaña Valencia, A. (2009). *Remojo de pieles mediante vacío. [tesis de maestría, CIATEC].* CIATEC.
- Sivaram, N. M., & Barik, D. (2018). Toxic waste from leather industries. In *Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102528-4.00005-5>
- Tejerina, W., Liberal, V., Iribarnegaray, M., & Seghezzi, L. (2013). *Gestión de residuos en curtiembres de la provincia de salta. 1*, 79–88.
- Téllez, J., Carvajal, M., & Gaitán, A. (2004). Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres. *Revista de La Facultad de Medicina de La Universidad Nacional de Colombia*, 52(1), 50–61.
- Thanikaivelan, P., Rao, J. R., Nair, B. U., & Rasamami, T. (2005). Recent Trends in leather making: procesesses, problems and pathways. *Critical Reviews in Enbvironmental Science and Technology*, 35(1), 37–79. <https://doi.org/10.1080/10643380590521436>
- Umbarila-Ortega, M. F., Prado-Rodríguez, J. S., & Agudelo-Valencia, R. N. (2019). Remoción de sulfuro empleando ozono como agente oxidante en aguas residuales de curtiembres. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(51), 25–38. <https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n51.2019.9081>
- Vicuña Galindo, E. C., Soto Huamán, A., Vicuña Galindo, E. C., & Soto Huamán, A. (2021). Optimización del proceso de remoción de Pb²⁺ y Zn²⁺ por el material adsorbente- floculante neonite MR. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 87(4), 370–385. <https://doi.org/10.37761/RSQP.V87I4.362>

Wise, W. S. (2013). MINERALS | Zeolites. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* (Issue April). Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.02906-7>

Zanin, E., Scapinello, J., Oliveira, M. De, Maria, J., Mello, M. De, Antonio, M., Oliveira, J. V., & Dal, J. (2017). Adsorption of heavy metals from wastewater graphic industry using clinoptilolite zeolite as adsorbent. *Process Safety and Environmental Protection*, 105, 194–200. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.11.008>

Anexos

Anexo 1: Informe de ensayo del efluente compuesto final en condiciones óptimas	1
Anexo 2: Informe de ensayo de remoción de cromo (III) para el efluente de curtido.....	5
Anexo 3: Informe de ensayo de remoción de cromo (III) para efluente compuesto.....	17

Anexo 1: Informe de ensayo del efluente compuesto final en condiciones óptimas

**INFORME DE ENSAYO
MA2120685 Rev. 0**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN

CARRETERA VENTANILLA KM, 5200 CALLAO SIN DISTRITO

ENV / LB-347330-003

PROCEDENCIA : PTAR CITECCAL LIMA

Fecha de Recepción SGS : 15-07-2021

Fecha de Ejecución : Del 15-07-2021 al 23-07-2021

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo

NC-TF-01

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Página 1 de 4

**INFORME DE ENSAYO
MA2120685 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA					NC-TF-01
FECHA DE MUESTREO					15/07/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	22 ± 5
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D	mg NH3-N/L	0.004	0.010	141.000 ± 12.690
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHAS210B	mg/L	1.0	2.6	76.2 ± 18.0
Demanda Quimica de Oxígeno	EW_APHAS220D	mgO2/L	1.8	4.5	98.5 ± 79.7
Asaitos y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	9.8 ± 2.2
Aniones					
Cloruro	EW_EPA300_0	mg/L	0.025	0.050	5.674.400 ± 453.952
Metales Totales					
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	0.302 ± 0.027
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00129 ± 0.00014
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0214 ± 0.0019
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.141 ± 0.017
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00029 ± 0.00007
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	236.545 ± 23.655
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0056 ± 0.0014
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00072 ± 0.00006
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.2583 ± 0.0646
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.5369 ± 0.0483
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	0.062 ± 0.017
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00141 ± 0.00011
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.4354 ± 0.0348
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0677 ± 0.0061
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	75.601 ± 9.072
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.14398 ± 0.01008
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00378 ± 0.00087
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0032 ± 0.0007
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0023 ± 0.0002
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	21.79 ± 1.74
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0571 ± 0.0057
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	10.27 ± 1.23
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	4.80 ± 0.58
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	4,502.187 ± 495.241
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0019 ± 0.0002
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00010 ± 0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0392 ± 0.0039
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Notas:

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

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

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

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

INFORME DE ENSAYO MA2120685 Rev. 0

CONTROL DE CALIDAD

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

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	0 - 1%	96 - 102%	101%	0%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	96 - 100%	96%	1%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0 - 8%	100 - 103%	102%	0%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 1%	99 - 102%	102%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	94 - 103%	104%	1%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	93 - 97%	101%	0%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0 - 2%	100 - 102%	99%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0 - 4%	102 - 104%	99%	1%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	3%	96 - 103%	100%	0%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	97 - 122%	101%	0%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 2%	100 - 107%	104%	2%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	95 - 96%	97%	2%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0 - 1%	93 - 97%	99%	0%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	97 - 101%	96%	0%
Estanio Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	102 - 109%	105%	2%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 3%	91 - 105%	97%	0%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0 - 1%	100 - 106%	100%	0%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0 - 1%	105 - 108%	103%	2%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	95 - 100%	96%	0%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	99 - 102%	102%	0%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	2 - 4%	99 - 104%	99%	0%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	96 - 100%	101%	2%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1 - 3%	95 - 99%	94%	0%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	100 - 107%	107%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	1 - 3%	100 - 109%	100%	0%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	91 - 100%	101%	0%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	1 - 2%	100 - 106%	101%	1%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	2 - 4%	94 - 95%	95%	0%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	99 - 106%	102%	2%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 1%	94 - 97%	102%	2%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	96 - 105%	102%	2%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 7%	102 - 107%	102%	0%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	1 - 4%	99 - 101%	96%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	1 - 4%	100%	103%	0%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0 - 3%	104 - 105%	99%	2%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	1 - 3%	92%	92%	0%
Silicio Total	mg/L	0.13	<0.13	1 - 3%	92 - 104%	92%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	1 - 4%	101 - 102%	101%	0%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	90 - 92%	101%	0%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	97 - 102%	100%	0%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	102 - 106%	104%	2%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	96 - 100%	99%	2%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 2%	102 - 104%	96%	0%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	2 - 3%	95 - 96%	96%	1%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 2%	96 - 101%	96%	1%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	90 - 100%	99%	0%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	90 - 99%	103%	1%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	1 - 4%	100 - 103%	99%	0%
Zirconio Total	mg/L	0.00049	<0.00049	0%	96 - 102%	104%	2%
Sólidos Totales en Suspensión	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	3	<3	0%	96 - 103%		
Aceites y Grasas	mg/L	0.4	<0.4	0%	86 - 87%		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6		101 - 103%		
Demanda Química de Oxígeno	mgO2/L	4.5	<4.5		100 - 101%	100%	1%
Cloruro	mg/L	0.050	<0.050		100 - 102%	101 - 102%	0%
Nitrógeno Amoniacal	mg NH3-N/L	0.010	<0.010		96%	97%	8%

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

INFORME DE ENSAYO MA2120685 Rev. 0

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
EW_APHA4500NH3D	Callao	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_ASTMD3921	Callao	Aceites y Grasas	ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011). Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water -(Validado)2014
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA 200.8, Rev 5.4: 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.
EW_EPA300_0	Callao	Cloruro	EPA 300.0, Rev. 2.1:1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio., su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.




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

Última Revisión Julio 2015

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Página 4 de 4

Anexo 2: Informe de ensayo de remoción de cromo (III) para el efluente de curtido.

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002											
INFORME DE ENSAYO MA2133584 Rev. 0												
<hr/> INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION CARRETERA VENTANILLA KM, 5200 CALLAO SIN DISTRITO ENV / LB-347458-002 PROCEDENCIA : Citeccal Lima <hr/>												
Fecha de Recepción SGS : 20-10-2021												
Fecha de Ejecución : Del 20-10-2021 al 29-10-2021												
Muestreo Realizado Por : CLIENTE												
<table border="1" data-bbox="639 976 936 1422"><thead><tr><th>Estación de Muestreo</th></tr></thead><tbody><tr><td>NC-CT-0A</td></tr><tr><td>NC-CT-01</td></tr><tr><td>NC-CT-02</td></tr><tr><td>NC-CT-03</td></tr><tr><td>NC-CT-04</td></tr><tr><td>NC-CT-05</td></tr><tr><td>NC-CT-06</td></tr><tr><td>NC-CT-07</td></tr><tr><td>NC-CT-08</td></tr></tbody></table>			Estación de Muestreo	NC-CT-0A	NC-CT-01	NC-CT-02	NC-CT-03	NC-CT-04	NC-CT-05	NC-CT-06	NC-CT-07	NC-CT-08
Estación de Muestreo												
NC-CT-0A												
NC-CT-01												
NC-CT-02												
NC-CT-03												
NC-CT-04												
NC-CT-05												
NC-CT-06												
NC-CT-07												
NC-CT-08												
Emitido por SGS del Perú S.A.C.												
Impreso el 29/10/2021												
												
Frank M. Julcamoro Quispe C.Q.P. 1033 Coordinador de Laboratorio												
<small>"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"</small>												
<small>Página 1 de 12</small>												



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2133584 Rev. 0**

Estación de Muestreo
NC-CT-09
NC-CT-10
NC-CT-11
NC-CT-12
NC-CT-13
NC-CT-14
NC-CT-15
NC-CT-16
NC-CT-17
NC-CT-18



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



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-TC-01	NC-DT-01
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	900 ± 207	
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D	mg NH3-N/L	0.004	0.010	67.400 ± 6.066	
Sulfuro	EW_APHA4500S2I	mg S ₂ -L	0.0008	0.0019	<0.0019	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	1.106.3 ± 232.3	
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg O ₂ /L	1.8	4.5	2.635.4 ± 210.8	
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	135.7 ± 29.9	
Aniones						
Cloruro	EW EPA300 0	mg/L	0.025	0.050	4.928.840 ± 394.307	
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	27.436 ± 2.469	6.129 ± 0.552
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.00438 ± 0.0123	<0.0013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	0.01496 ± 0.0165	0.00171 ± 0.00019
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.4802 ± 0.0432	0.0154 ± 0.0014
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00037 ± 0.00008	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.224 ± 0.027	0.164 ± 0.020
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.00668 ± 0.00154	0.00028 ± 0.00006
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	288.082 ± 28.808	134.320 ± 13.432
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0024	0.00461 ± 0.00037	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0070 ± 0.0018	0.0063 ± 0.0016
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.00375 ± 0.00034	0.00113 ± 0.00010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.04247 ± 0.01062	0.00454 ± 0.00114
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	541.3640 ± 135.3410	10.2619 ± 2.5656
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.7537 ± 0.1578	0.4102 ± 0.0369
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	66.885 ± 18.728	2.137 ± 0.598
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0012	0.00402 ± 0.00033	0.00066 ± 0.00005
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.00329 ± 0.00027	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	3.2268 ± 0.2581	0.4106 ± 0.0328
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0026 ± 0.0007	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0738 ± 0.0066	0.0697 ± 0.0063
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	98.530 ± 11.824	77.657 ± 9.319
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	0.29871 ± 0.02091	0.16663 ± 0.00746
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.00038 ± 0.00011	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.02145 ± 0.00493	0.00456 ± 0.00105
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0133 ± 0.0031	0.0047 ± 0.0011
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0364 ± 0.0033	0.0017 ± 0.0002
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	27.16 ± 2.17	25.77 ± 2.06
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0473 ± 0.0047	0.0443 ± 0.0044
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	31.09 ± 3.73	14.96 ± 1.80
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	14.53 ± 1.74	6.99 ± 0.84
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	5.485.782 ± 603.436	4.800.366 ± 528.040
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0006	0.0019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.2048 ± 0.0266	0.0084 ± 0.0011
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.011548 ± 0.002425	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0435 ± 0.0065	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.5827 ± 0.0583	0.0453 ± 0.0045
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00680 ± 0.00156	0.00142 ± 0.00033

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-02	NC-DT-03
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.452 ± 0.311	3.584 ± 0.323
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	0.00104 ± 0.00011	0.00132 ± 0.00015
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0126 ± 0.0011	0.0195 ± 0.0018



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2133584 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-02	NC-CT-03
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.4375 ± 0.1294	0.8576 ± 0.0772
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	1.901 ± 0.532	1.062 ± 0.297
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00570 ± 0.00046	0.00296 ± 0.00024
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00098 ± 0.00008	0.00037 ± 0.00003
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.6910 ± 0.0553	0.4360 ± 0.0349
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0101 ± 0.0027	0.0056 ± 0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0915 ± 0.0082	0.0997 ± 0.0090
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00010 ± 0.00003	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	41.704 ± 5.004	46.636 ± 5.596
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	1.38464 ± 0.09692	1.67680 ± 0.11738
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.05068 ± 0.01166	0.04096 ± 0.00942
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0751 ± 0.0173	0.0705 ± 0.0162
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000619 ± 0.000093	0.000556 ± 0.000083
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0403 ± 0.0036	0.0219 ± 0.0020
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	192.88 ± 15.43	202.19 ± 16.18
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0947 ± 0.0095	0.1108 ± 0.0111
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.2418 ± 0.0556	0.2574 ± 0.0592
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	17.87 ± 2.14	16.32 ± 1.96
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	8.35 ± 1.00	7.63 ± 0.92
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	20,652.854 ± 2271.814	20,986.650 ± 2308.532
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00135 ± 0.00031	0.00142 ± 0.00033
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1475 ± 0.0192	0.1983 ± 0.0258
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000485 ± 0.000102	0.000195 ± 0.000041
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0175 ± 0.0026	0.0111 ± 0.0017
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00064 ± 0.00013	0.00033 ± 0.00007
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.7141 ± 0.0714	0.5798 ± 0.0580
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00622 ± 0.00143	0.00439 ± 0.00101

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-04	NC-CT-05
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	115.674 ± 10.411	24.936 ± 2.244
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00143 ± 0.00040	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00518 ± 0.00057	0.00297 ± 0.00033
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.4397 ± 0.0396	0.1684 ± 0.0152
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00026 ± 0.00005	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.405 ± 0.049	0.350 ± 0.042
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.04698 ± 0.01081	0.04696 ± 0.01080
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	513.369 ± 51.337	486.748 ± 48.675
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	0.01212 ± 0.00098	0.00316 ± 0.00026
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0103 ± 0.0026	0.0113 ± 0.0028
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00527 ± 0.00047	0.00575 ± 0.00052
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.11155 ± 0.02789	0.06034 ± 0.01509
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	1,079.1355 ± 269.7839	528.3224 ± 131.5806
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00302 ± 0.00057	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.9887 ± 0.1790	0.9576 ± 0.0862
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	3.030 ± 0.848	0.971 ± 0.272
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.01144 ± 0.00093	0.00037 ± 0.00003
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00098 ± 0.00008	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	1.4624 ± 0.1170	0.2596 ± 0.0208
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0146 ± 0.0039	0.0051 ± 0.0014
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0908 ± 0.0082	0.0904 ± 0.0081
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00016 ± 0.00004	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	34.555 ± 4.147	41.764 ± 5.012
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	1.14118 ± 0.07988	1.36221 ± 0.09535
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.07097 ± 0.01632	0.03874 ± 0.00891
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0673 ± 0.0155	0.0642 ± 0.0148



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



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2133584 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-04	NC-CT-05
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.002551 ± 0.000383	0.000415 ± 0.000062
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0546 ± 0.0049	0.0288 ± 0.0026
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	287.87 ± 23.03	194.69 ± 15.58
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0755 ± 0.0076	0.0964 ± 0.0096
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.2676 ± 0.0615	0.3054 ± 0.0702
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	27.00 * ± 3.24	16.72 * ± 2.01
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	12.62 ± 1.51	7.81 ± 0.94
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	19,521.668 ± 2147.383	21,058.869 ± 2316.476
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00123 ± 0.00028	0.00136 ± 0.00031
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0006	0.0019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.2093 ± 0.0272	0.1480 ± 0.0192
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.000815 ± 0.000171	0.000128 ± 0.000027
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0290 ± 0.0044	0.0087 ± 0.0013
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00104 ± 0.00022	0.00024 ± 0.00005
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.7512 ± 0.0751	0.5107 ± 0.0511
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.01217 ± 0.00280	0.00306 ± 0.00070

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-06	NC-CT-07
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	13.473 ± 1.213	14.846 ± 1.336
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00022
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1168 ± 0.0105	0.1322 ± 0.0119
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.351 ± 0.042	0.262 ± 0.031
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.04626 ± 0.01064	0.04314 ± 0.00992
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	493.520 ± 49.352	494.708 ± 49.471
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00140 ± 0.00011	0.00217 ± 0.00018
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0116 ± 0.0029	0.0105 ± 0.0026
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00611 ± 0.00055	0.00506 ± 0.00046
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.04401 ± 0.01100	0.04724 ± 0.01181
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	351.6221 ± 87.9055	410.9832 ± 102.7458
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.6085 ± 0.0548	0.9079 ± 0.0817
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.491 ± 0.137	0.552 ± 0.155
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	0.00087 ± 0.00007
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.1368 ± 0.0109	0.1788 ± 0.0143
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0028 ± 0.0008	0.0035 ± 0.0009
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0913 ± 0.0082	0.0871 ± 0.0078
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	49.476 ± 5.937	38.739 ± 4.649
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	1.47544 ± 0.10328	1.06371 ± 0.07446
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.03432 ± 0.00789	0.03304 ± 0.00760
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0595 ± 0.0137	0.0497 ± 0.0114
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000612 ± 0.000092	0.000439 ± 0.000066
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0155 ± 0.0014	0.0193 ± 0.0017
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	201.49 ± 16.12	191.39 ± 15.31
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.1073 ± 0.0107	0.0849 ± 0.0085
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.3306 ± 0.0760	0.4011 ± 0.0923
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	13.82 * ± 1.66	11.98 * ± 1.44
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	6.46 ± 0.78	5.60 ± 0.67
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	21,738.635 ± 2391.250	22,079.927 ± 2428.792
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00147 ± 0.00034	0.00119 ± 0.00027
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0006	0.0019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1234 ± 0.0160	0.1252 ± 0.0163
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.000057 ± 0.000012	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0041 ± 0.0006	0.0043 ± 0.0006



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2133584 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA					NC-CT-06	NC-CT-07
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00009 ± 0.00002	0.00011 ± 0.00002
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.4797 ± 0.0480	0.3876 ± 0.0388
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00165 ± 0.00038	0.00201 ± 0.00046

IDENTIFICACION DE MUESTRA					NC-CT-08	NC-CT-09
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	5.273 ± 0.475	1.652 ± 0.149
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0704 ± 0.0063	0.0500 ± 0.0045
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00023 ± 0.00005
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.241 ± 0.029	0.252 ± 0.030
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.04059 ± 0.00934	0.03397 ± 0.00781
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	464.221 ± 46.422	476.828 ± 47.683
Cenizo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00024	0.00061 ± 0.00005	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0111 ± 0.0028	0.0125 ± 0.0031
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00473 ± 0.00043	0.00357 ± 0.00032
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.02790 ± 0.00698	0.02332 ± 0.00583
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	214.6039 ± 53.6510	66.1113 ± 16.5276
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.5584 ± 0.0503	0.2999 ± 0.0270
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.236 ± 0.066	0.076 ± 0.021
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00116 ± 0.00009	0.00104 ± 0.00008
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0566 ± 0.0045	0.0162 ± 0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0862 ± 0.0078	0.0917 ± 0.0083
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	41.964 ± 5.036	46.087 ± 5.530
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	1.12277 ± 0.07859	1.17934 ± 0.08255
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.03035 ± 0.00698	0.03432 ± 0.00789
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0451 ± 0.0104	0.0464 ± 0.0107
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000328 ± 0.000049	<0.000010
Piomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0085 ± 0.0008	0.0035 ± 0.0003
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	189.40 ± 15.15	190.71 ± 15.26
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0993 ± 0.0099	0.1233 ± 0.0123
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.5130 ± 0.1180	0.6067 ± 0.1395
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	10.13 ± 1.22	7.43 ± 0.89
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	4.73 ± 0.57	3.47 ± 0.42
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	21,470.126 ± 2361.714	21,324.841 ± 2345.733
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00120 ± 0.00028	0.00128 ± 0.00029
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1529 ± 0.0199	0.1250 ± 0.0163
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.2448 ± 0.0245	0.1768 ± 0.0177
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00086 ± 0.00020	0.00047 ± 0.00011



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



Registro N°LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2133584 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-10	NC-CT-11
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	192.223 ± 17.300	84.679 ± 7.621
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.00013	0.00171 ± 0.00048	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01221 ± 0.00134	0.00564 ± 0.00062
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.4245 ± 0.0382	0.3555 ± 0.0320
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00035 ± 0.00007	0.00024 ± 0.00005
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.360 ± 0.046	0.367 ± 0.044
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.04932 ± 0.01134	0.04718 ± 0.01085
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	492.082 ± 49.208	475.302 ± 47.530
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	0.01489 ± 0.00121	0.00808 ± 0.00066
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0099 ± 0.0025	0.0105 ± 0.0026
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00609 ± 0.00055	0.00515 ± 0.00046
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.17212 ± 0.04303	0.10237 ± 0.02559
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	1.446.9749 ± 361.7437	924.9183 ± 231.2296
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01032 ± 0.00196	0.00338 ± 0.00064
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	2.3611 ± 0.2125	1.5339 ± 0.1381
Fosforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	3.905 ± 1.093	2.085 ± 0.584
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.02820 ± 0.00228	0.01138 ± 0.00092
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00054 ± 0.00004	0.00031 ± 0.00003
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	1.8943 ± 0.1515	0.9721 ± 0.0778
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0185 ± 0.0050	0.0111 ± 0.0030
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0847 ± 0.0076	0.0840 ± 0.0076
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00027 ± 0.00008	0.00012 ± 0.00003
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	40.156 ± 4.819	43.097 ± 5.172
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	1.09268 ± 0.07649	1.39824 ± 0.09788
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.09757 ± 0.02244	0.05965 ± 0.01372
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0710 ± 0.0163	0.0772 ± 0.0178
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000514 ± 0.000077	0.000579 ± 0.000087
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0666 ± 0.0060	0.0428 ± 0.0039
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	189.06 ± 15.12	189.15 ± 15.13
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0977 ± 0.0098	0.1093 ± 0.0109
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.7242 ± 0.1666	0.6778 ± 0.1559
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	27.28 * ± 3.27	23.16 * ± 2.78
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	12.75 ± 1.53	10.83 ± 1.30
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	21.559.514 ± 2371.547	21.050.948 ± 2315.604
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00136 ± 0.00031	0.00127 ± 0.00029
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1577 ± 0.0205	0.1149 ± 0.0149
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.001384 ± 0.000291	0.000562 ± 0.000118
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0373 ± 0.0056	0.0217 ± 0.0033
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00148 ± 0.00031	0.00072 ± 0.00015
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.8251 ± 0.0825	0.7094 ± 0.0709
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.01088 ± 0.00250	0.00719 ± 0.00165

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-12	NC-CT-13
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	31.194 ± 2.807	115.109 ± 10.360
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00355 ± 0.00039	0.00871 ± 0.00096
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1951 ± 0.0176	0.2580 ± 0.0232
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.368 ± 0.044	0.343 ± 0.041
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.04610 ± 0.01060	0.04673 ± 0.01075
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	464.755 ± 46.476	471.255 ± 47.126
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00308 ± 0.00025	0.01103 ± 0.00089
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0116 ± 0.0029	0.0097 ± 0.0024
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00599 ± 0.00054	0.00579 ± 0.00052



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



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2133584 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-12	NC-CT-13
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.05643 ± 0.01411	0.13117 ± 0.03279
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	486.1788 ± 121.5447	1.111.7916 ± 277.9479
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	0.00189 ± 0.00036	0.00484 ± 0.00092
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.8181 ± 0.0736	1.8739 ± 0.1687
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.797 ± 0.223	2.770 ± 0.776
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0012	0.00610 ± 0.00049	0.01690 ± 0.00137
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.00015	0.00028 ± 0.00002
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.3340 ± 0.0267	1.2664 ± 0.1013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0053 ± 0.0014	0.0139 ± 0.0038
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0847 ± 0.0076	0.0805 ± 0.0072
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.00006	0.00015 ± 0.00004
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	48.147 ± 5.778	37.202 ± 4.464
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	1.48443 ± 0.10391	0.98708 ± 0.06910
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.03787 ± 0.00871	0.07532 ± 0.01732
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0650 ± 0.0150	0.0664 ± 0.0153
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.000321 ± 0.000048	0.000390 ± 0.000059
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0206 ± 0.0019	0.0487 ± 0.0044
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	191.81 ± 15.34	182.20 ± 14.58
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.1210 ± 0.0121	0.0957 ± 0.0096
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.6468 ± 0.1488	0.7085 ± 0.1630
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	16.46 ± 1.98	25.11 ± 3.01
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	7.69 ± 0.92	11.74 ± 1.41
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	20,301.746 ± 2233.192	21,374.344 ± 2351.178
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00131 ± 0.00030	0.00120 ± 0.00028
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0006	0.0019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1045 ± 0.0136	0.0942 ± 0.0122
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.000155 ± 0.000033	0.000795 ± 0.000167
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0087 ± 0.0013	0.0285 ± 0.0043
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00026 ± 0.00005	0.00086 ± 0.00018
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	6.6067 ± 0.6607	7.7337 ± 0.7734
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00326 ± 0.00075	0.00818 ± 0.00188

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-14	NC-CT-15
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	36.536 ± 3.288	16.014 ± 1.441
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	0.00468 ± 0.00051	0.00101 ± 0.00011
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1752 ± 0.0158	0.1223 ± 0.0110
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00022 ± 0.00005	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.334 ± 0.040	0.323 ± 0.039
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.04750 ± 0.01093	0.04490 ± 0.01033
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	472.904 ± 47.290	455.341 ± 45.534
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0024	0.00402 ± 0.00033	0.00169 ± 0.00014
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0114 ± 0.00029	0.0113 ± 0.00028
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.00537 ± 0.00048	0.00614 ± 0.00055
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.07240 ± 0.01810	0.04257 ± 0.01064
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	580.0826 ± 145.0207	344.1410 ± 86.0353
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.0183 ± 0.0916	0.6383 ± 0.0574
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	1.072 ± 0.300	0.486 ± 0.130
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0012	0.00704 ± 0.00057	0.00421 ± 0.00034
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.4062 ± 0.0325	0.1561 ± 0.0125
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0060 ± 0.0016	0.0031 ± 0.0008
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0868 ± 0.0078	0.0862 ± 0.0078
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	45.560 ± 5.467	49.791 ± 5.975
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	1.31425 ± 0.09200	1.36559 ± 0.09559
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.00009	<0.00009



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2133584 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-14	NC-CT-15
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.04764 ± 0.01096	0.03643 ± 0.00838
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0689 ± 0.0158	0.0691 ± 0.0159
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.000329 ± 0.000049	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0249 ± 0.0022	0.0143 ± 0.0013
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	193.17 ± 15.45	193.33 ± 15.47
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.1170 ± 0.0117	0.1209 ± 0.0121
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.6823 ± 0.1569	0.6721 ± 0.1546
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	18.38 * ± 2.21	14.09 * ± 1.69
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	8.59 ± 1.03	6.59 ± 0.79
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	21,457.876 ± 2360.366	21,550.245 ± 2315.527
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00138 ± 0.00032	0.00123 ± 0.00028
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0006	0.0019	<0.0019	<0.0019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0761 ± 0.0099	0.0828 ± 0.0108
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.000192 ± 0.000040	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0099 ± 0.0015	0.0050 ± 0.0008
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00027 ± 0.00006	0.00011 ± 0.00002
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.6013 ± 0.0601	0.4413 ± 0.0441
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00428 ± 0.00098	0.00206 ± 0.00047

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-16	NC-CT-17
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	7.623 ± 0.686	7.293 ± 0.656
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0722 ± 0.0065	0.0766 ± 0.0069
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.00006	0.00013 ± 0.00003
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.228 ± 0.027	0.257 ± 0.031
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.04019 ± 0.00924	0.04000 ± 0.00920
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	474.920 ± 47.492	459.181 ± 45.918
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00107 ± 0.00009	0.00085 ± 0.00007
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0099 ± 0.0025	0.0105 ± 0.0026
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00570 ± 0.00051	0.00450 ± 0.00041
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.03541 ± 0.00885	0.03441 ± 0.00860
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	264.6853 ± 66.1713	228.1219 ± 57.0305
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.7008 ± 0.0631	0.5335 ± 0.0480
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.274 ± 0.077	0.251 ± 0.070
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00487 ± 0.00039	0.00343 ± 0.00028
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.1171 ± 0.0094	0.0954 ± 0.0076
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0017 ± 0.0005	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0807 ± 0.0073	0.0812 ± 0.0073
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	38.288 ± 4.595	42.756 ± 5.131
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.98763 ± 0.06913	1.15303 ± 0.08071
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.01031 ± 0.00289	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.03038 ± 0.00699	0.03349 ± 0.00770
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0475 ± 0.0109	0.0531 ± 0.0122
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0099 ± 0.0009	0.0098 ± 0.0009
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	183.13 ± 14.65	183.41 ± 14.67
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0957 ± 0.0096	0.1103 ± 0.0110
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.7251 ± 0.1668	0.6992 ± 0.1608
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	12.37 * ± 1.48	11.46 * ± 1.38
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.78 ± 0.69	5.36 ± 0.64
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	22,326.106 ± 2455.872	20,996.083 ± 2309.569
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00120 ± 0.00028	0.00120 ± 0.00028
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0006	0.0019	<0.0019	<0.0019



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2133584 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-16	NC-CT-17
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021	20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00	08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0682 ± 0.0089	0.0606 ± 0.0079
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0040 ± 0.0006	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00006 ± 0.00001	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.2449 ± 0.0245	0.2860 ± 0.0286
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00144 ± 0.00033	0.00129 ± 0.00030

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-CT-18
FECHA DE MUESTREO					20/10/2021
HORA DE MUESTREO					08:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.780 ± 0.160
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0392 ± 0.0035
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.236 ± 0.028
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.03497 ± 0.00804
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	598.411 ± 50.841
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0119 ± 0.0030
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00468 ± 0.00042
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.02424 ± 0.00606
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	67.2168 ± 16.8042
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.3181 ± 0.0286
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.062 ± 0.017
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00082 ± 0.00007
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0252 ± 0.0020
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0889 ± 0.0080
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	52.068 ± 6.248
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	1.24451 ± 0.08712
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.03018 ± 0.00694
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0423 ± 0.0097
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Piomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0033 ± 0.0003
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	201.16 ± 16.09
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.1224 ± 0.0122
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.6148 ± 0.1414
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	7.74 * ± 0.93
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	3.62 ± 0.43
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	23,404.473 ± 2574.492
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00125 ± 0.00029
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0047 ± 0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1398 ± 0.0140
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Notas:

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

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

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



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2133584 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

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

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	0 - 3%	103 - 109%	98%	2%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	104 - 108%	106%	1%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	91 - 100%	101%	2%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 2%	96 - 97%	100%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	96 - 97%	101%	0%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	97 - 102%	101%	1%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	1 - 2%	93 - 100%	99%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	2 - 6%	97 - 104%	92%	0%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	5 - 6%	95 - 108%	100%	0%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	2 - 5%	103 - 111%	98%	0%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	2 - 3%	102 - 103%	103%	1%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	1 - 8%	92 - 96%	93%	4%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	1 - 2%	97 - 99%	92%	1%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	96 - 100%	95%	0%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	104 - 105%	103%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	2 - 3%	95 - 98%	97%	2%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	1 - 3%	102 - 106%	100%	0%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	100 - 103%	104%	2%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	95 - 103%	99%	1%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	100 - 109%	96%	9%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0 - 1%	98 - 103%	105%	9%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	103%	98%	0%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1 - 4%	96 - 99%	94%	3%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	95 - 102%	103%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	2 - 3%	100 - 105%	102%	0%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	2 - 6%	100 - 101%	91%	2%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	98 - 106%	102%	4%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	3 - 7%	100 - 101%	97%	3%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	106 - 108%	107%	2%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 1%	103 - 105%	99%	1%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	100 - 107%	101%	1%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 3%	99 - 103%	103%	1%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	2 - 4%	106%	99%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	0 - 1%	103 - 105%	108%	5%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	2 - 5%	102 - 104%	97%	1%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	1 - 3%	93%	94%	3%
Silicio Total	mg/L	0.13	<0.13	1 - 3%	93 - 107%	94%	3%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	3 - 5%	101 - 109%	101%	0%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	2 - 3%	103 - 106%	100%	1%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	94 - 101%	92%	1%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	92 - 102%	103%	1%
Torio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	94 - 98%	96%	0%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 3%	102%	96%	1%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	97 - 98%	100%	1%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	98 - 104%	97%	1%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	93 - 103%	99%	0%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0 - 2%	95 - 96%	95%	2%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	5 - 6%	101 - 102%	98%	0%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0 - 3%	99 - 107%	105%	0%



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2133584 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA 200.8, Rev 5.4: 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.




"Este Informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx> Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio., su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

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

Última Revisión Julio 2015

Anexo 3: Informe de ensayo de remoción de cromo (III) para efluente compuesto.

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002											
INFORME DE ENSAYO MA2118648 Rev. 0												
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN CARRETERA VENTANILLA KM, 5200 CALLAO SIN DISTRITO ENV / LB-347330-002 PROCEDENCIA : FISCAL												
Fecha de Recepción SGS : 24-06-2021												
Fecha de Ejecución : Del 24-06-2021 al 02-07-2021												
Muestreo Realizado Por : CLIENTE												
<table border="1"><thead><tr><th>Estación de Muestreo</th></tr></thead><tbody><tr><td>NC-TC-01</td></tr><tr><td>NC-DT-01</td></tr><tr><td>NC-DT-02</td></tr><tr><td>NC-DT-03</td></tr><tr><td>NC-DT-04</td></tr><tr><td>NC-DT-05</td></tr><tr><td>NC-DT-06</td></tr><tr><td>NC-DT-07</td></tr><tr><td>NC-DT-08</td></tr></tbody></table>			Estación de Muestreo	NC-TC-01	NC-DT-01	NC-DT-02	NC-DT-03	NC-DT-04	NC-DT-05	NC-DT-06	NC-DT-07	NC-DT-08
Estación de Muestreo												
NC-TC-01												
NC-DT-01												
NC-DT-02												
NC-DT-03												
NC-DT-04												
NC-DT-05												
NC-DT-06												
NC-DT-07												
NC-DT-08												
Emitido por SGS del Perú S.A.C.												
Impreso el 02/07/2021												
												
Frank M. Julcamoro Quispe C.Q.P. 1033 Coordinador de Laboratorio												
<small>"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"</small>												
<small>Página 1 de 12</small>												



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

Estación de Muestreo
NC-DT-09
NC-DT-10
NC-DT-11
NC-DT-12
NC-DT-13
NC-DT-14
NC-DT-15
NC-DT-16
NC-DT-17
NC-DT-18



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-TC-01	NC-DT-01
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	900 ± 207	
Nitrogeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D	mg NH3-N/L	0.004	0.010	67.400 ± 0.006	
Sulfuro	EW_APHA4500S2I	mgS2-/L	0.0006	0.0019	<0.0019	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	1,106.3 ± 232.3	
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.6	4.5	2,635.4 ± 210.8	
Acetiles y Grasas	EW_ASTMD392I	mg/L	0.2	0.4	135.7 ± 29.9	
Aniones						
Cloruro	EW_EPA300_0	mg/L	0.025	0.050	4,926.540 ± 394.307	
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.001	0.003	27.436 ± 2.469	6.129 ± 0.552
Antimonio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00004	0.00013	0.00436 ± 0.00123	<0.00013
Arsénico Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00003	0.00010	0.01496 ± 0.00165	0.00171 ± 0.00019
Bario Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0001	0.0003	0.4602 ± 0.0432	0.0154 ± 0.0014
Berilio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00002	0.00006	0.00037 ± 0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.002	0.006	0.224 ± 0.027	0.164 ± 0.020
Cadmio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00001	0.00003	0.00668 ± 0.00154	0.00026 ± 0.00006
Calcio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.003	0.009	288.082 ± 26.808	134.320 ± 13.432
Cerio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00008	0.00024	0.00461 ± 0.00037	<0.00024
Cesio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0001	0.0003	0.0070 ± 0.0015	0.0063 ± 0.0016
Cobalto Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00001	0.00003	0.00375 ± 0.00034	0.00113 ± 0.00010
Cobre Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00003	0.00009	0.04247 ± 0.01062	0.00454 ± 0.00114
Cromo Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0001	0.0003	541.3640 ± 135.3410	10.2619 ± 2.9655
Estaño Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0002	0.0006	1.7537 ± 0.1576	0.4102 ± 0.0369
Fósforo Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.015	0.047	66.885 ± 16.726	2.137 ± 0.596
Gallo Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00004	0.00012	0.00402 ± 0.00033	0.00066 ± 0.00005
Germanio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00005	0.00015	0.00329 ± 0.00027	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0004	0.0013	3.2268 ± 0.2961	0.4106 ± 0.0328
Lantano Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0005	0.0015	0.0026 ± 0.0007	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0001	0.0003	0.0736 ± 0.0066	0.0697 ± 0.0063
Lutecio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.001	0.003	96.530 ± 11.624	77.057 ± 9.319
Manganeso Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00003	0.00010	0.29671 ± 0.02091	0.10663 ± 0.00746
Mercurio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00003	0.00009	0.00036 ± 0.00011	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00002	0.00006	0.02145 ± 0.00493	0.00456 ± 0.00105
Niobio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0002	0.0006	0.0133 ± 0.0031	0.0047 ± 0.0011
Plata Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0002	0.0006	0.0364 ± 0.0033	0.0017 ± 0.0002
Potasio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.04	0.13	27.16 ± 2.17	25.77 ± 2.06
Rubidio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0003	0.0009	0.0473 ± 0.0047	0.0443 ± 0.0044
Selenio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.09	0.27	31.09 ± 3.73	14.96 ± 1.80
Silicio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.04	0.13	14.53 ± 1.74	6.99 ± 0.64
Sodio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.006	0.019	5,465.782 ± 603.436	4,800.366 ± 526.040
Talio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
torio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0002	0.0006	0.2046 ± 0.0266	0.0054 ± 0.0011
Uranio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.000003	0.000010	0.011548 ± 0.002425	<0.000010
Vanadio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0001	0.0003	0.0435 ± 0.0065	<0.0003
Wolframio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0005	0.0026	0.5827 ± 0.0583	0.0453 ± 0.0045
Zirconio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00015	0.00045	0.00660 ± 0.00156	0.00142 ± 0.00033

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-02	NC-DT-03
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.001	0.003	3.452 ± 0.311	3.564 ± 0.323
Antimonio Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.00003	0.00010	0.00104 ± 0.00011	0.00132 ± 0.00015
Bario Total	EW_EPA200_5	mg/L	0.0001	0.0003	0.0126 ± 0.0011	0.0195 ± 0.0015



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-02	NC-DT-03
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.156 ± 0.019	0.163 ± 0.020
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.00033 ± 0.00008
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	171.801 ± 17.180	248.427 ± 24.843
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0024	<0.00024	0.00027 ± 0.00002
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0061 ± 0.0015	0.0062 ± 0.0016
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.00100 ± 0.00009	0.00077 ± 0.00007
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.00009	0.00118 ± 0.00030
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.9213 ± 0.2303	0.5525 ± 0.1381
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.4314 ± 0.0388	0.5134 ± 0.0462
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.254 ± 0.071	0.176 ± 0.049
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0012	0.00147 ± 0.00012	0.00271 ± 0.00022
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.2927 ± 0.0234	0.2392 ± 0.0191
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0689 ± 0.0062	0.0696 ± 0.0063
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	79.564 ± 9.548	83.118 ± 9.974
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	0.12758 ± 0.00893	0.15535 ± 0.01087
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00114 ± 0.00026	0.00344 ± 0.00079
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0057 ± 0.0013	0.0033 ± 0.0008
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0006 ± 0.0001	0.0031 ± 0.0003
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	27.52 ± 2.20	32.60 ± 2.61
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0483 ± 0.0048	0.0519 ± 0.0052
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	12.73 ± 1.53	11.96 ± 1.44
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.95 ± 0.71	5.59 ± 0.67
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	5,058.721 ± 556.459	5,110.979 ± 562.208
Taio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0006	0.0019	<0.0019	<0.0019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0094 ± 0.0012	0.0086 ± 0.0011
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0217 ± 0.0022	0.0344 ± 0.0034
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00112 ± 0.00026	0.00120 ± 0.00028

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-04	NC-DT-05
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.951 ± 0.356	1.944 ± 0.175
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	0.00306 ± 0.00034	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0095 ± 0.0009	0.0161 ± 0.0014
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.172 ± 0.021	0.159 ± 0.019
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	116.456 ± 11.646	183.670 ± 18.367
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0067 ± 0.0017	0.0065 ± 0.0016
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.00105 ± 0.00009	0.00066 ± 0.00006
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.00312 ± 0.00078	0.00155 ± 0.00039
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	3.1296 ± 0.7824	0.5952 ± 0.1488
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.3760 ± 0.0338	0.4466 ± 0.0402
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.991 ± 0.277	0.216 ± 0.060
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0012	0.00090 ± 0.00007	0.00198 ± 0.00016
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-04	NC-DT-05
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.3673 ± 0.0294	0.3871 ± 0.0310
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0709 ± 0.0064	0.0681 ± 0.0061
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	82.734 ± 9.928	77.521 ± 9.303
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.00010	0.10270 ± 0.00719	0.13059 ± 0.00914
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.00006	0.00280 ± 0.00064	0.00246 ± 0.00057
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0057 ± 0.0013	0.0035 ± 0.0008
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0009 ± 0.0001	0.0013 ± 0.0001
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	25.63 ± 2.05	26.88 ± 2.15
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0468 ± 0.0047	0.0477 ± 0.0048
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	14.43 * ± 1.73	11.21 * ± 1.35
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	6.74 ± 0.81	5.24 ± 0.83
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	5,159.991 ± 567.599	4,793.570 ± 527.293
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0077 ± 0.0010	0.0064 ± 0.0008
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0275 ± 0.0028	0.0368 ± 0.0037
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00106 ± 0.00024	0.00066 ± 0.00015

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-06	NC-DT-07
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	2.570 ± 0.231	2.382 ± 0.214
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.00010	0.00127 ± 0.00014	0.00111 ± 0.00012
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0230 ± 0.0021	0.0073 ± 0.0007
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.182 ± 0.022	0.170 ± 0.020
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	294.647 ± 29.465	111.372 ± 11.137
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0067 ± 0.0017	0.0062 ± 0.0016
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.00082 ± 0.00007	0.00092 ± 0.00008
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.00009	0.00126 ± 0.00032	0.00223 ± 0.00056
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.4913 ± 0.1228	2.3701 ± 0.5925
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.5696 ± 0.0513	0.3603 ± 0.0324
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.167 ± 0.047	0.832 ± 0.233
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.00012	0.00219 ± 0.00018	0.00098 ± 0.00008
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.3465 ± 0.0277	0.3116 ± 0.0249
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0751 ± 0.0068	0.0708 ± 0.0064
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	83.812 ± 10.057	83.729 ± 10.047
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.00010	0.17614 ± 0.01233	0.10616 ± 0.00743
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.00006	0.00238 ± 0.00055	0.00326 ± 0.00075
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0032 ± 0.0007	0.0044 ± 0.0010
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0018 ± 0.0002	0.0013 ± 0.0001
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	30.25 ± 2.42	26.76 ± 2.14
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0543 ± 0.0054	0.0460 ± 0.0046



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-06	NC-DT-07
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	11.80 * ± 1.42	13.70 * ± 1.64
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.51 ± 0.66	6.40 ± 0.77
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	5,188.225 ± 570.705	5,369.753 ± 590.673
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0085 ± 0.0011	0.0051 ± 0.0007
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0022 ± 0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0314 ± 0.0031	0.0224 ± 0.0022
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00090 ± 0.00021	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-08	NC-DT-09
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	2.336 ± 0.210	1.684 ± 0.152
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00136 ± 0.00015
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0176 ± 0.0016	0.0260 ± 0.0023
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.171 ± 0.021	0.147 ± 0.018
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	193.871 ± 19.387	305.580 ± 30.558
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0061 ± 0.0015	0.0067 ± 0.0017
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00065 ± 0.00006	0.00073 ± 0.00007
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00512 ± 0.00128	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.7109 ± 0.1777	0.4438 ± 0.1110
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.4562 ± 0.0411	0.5781 ± 0.0520
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.210 ± 0.059	0.147 ± 0.041
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00173 ± 0.00014	0.00191 ± 0.00015
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.3501 ± 0.0280	0.3035 ± 0.0243
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0715 ± 0.0064	0.0702 ± 0.0063
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	85.000 ± 10.200	84.352 ± 10.122
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.14575 ± 0.01020	0.17878 ± 0.01251
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00278 ± 0.00064	0.00208 ± 0.00048
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0034 ± 0.0008	0.0021 ± 0.0005
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0015 ± 0.0001	0.0018 ± 0.0002
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	29.24 ± 2.34	30.64 ± 2.45
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0510 ± 0.0051	0.0561 ± 0.0056
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	12.24 * ± 1.47	11.95 * ± 1.43
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.72 ± 0.69	5.59 ± 0.67
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	5,418.970 ± 596.087	5,330.131 ± 586.314
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0062 ± 0.0008	0.0057 ± 0.0007
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0320 ± 0.0032	0.0339 ± 0.0034
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00069 ± 0.00016	0.00068 ± 0.00016



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-10	NC-DT-11
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	5.911 ± 0.532	4.564 ± 0.411
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00103 ± 0.00011	0.00103 ± 0.00011
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0104 ± 0.0009	0.0119 ± 0.0011
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.154 ± 0.018	0.169 ± 0.020
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00022 ± 0.00005	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	112.832 ± 11.283	134.098 ± 13.410
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0064 ± 0.0016	0.0066 ± 0.0017
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00120 ± 0.00011	0.00109 ± 0.00010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00373 ± 0.00093	0.00290 ± 0.00073
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	5.3088 ± 1.3272	3.3421 ± 0.8355
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.3569 ± 0.0321	0.4022 ± 0.0362
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	1.394 ± 0.390	1.062 ± 0.303
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00127 ± 0.00010	0.00255 ± 0.00021
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.4315 ± 0.0345	0.4344 ± 0.0348
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0697 ± 0.0063	0.0739 ± 0.0067
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	80.530 ± 9.664	89.525 ± 10.743
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.10025 ± 0.00702	0.10983 ± 0.00769
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00374 ± 0.00086	0.00381 ± 0.00088
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0050 ± 0.0012	0.0048 ± 0.0011
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0024 ± 0.0002	0.0016 ± 0.0001
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	25.35 ± 2.03	28.14 ± 2.25
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0435 ± 0.0044	0.0478 ± 0.0048
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	14.91 ± 1.79	15.86 ± 1.90
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	6.97 ± 0.84	7.41 ± 0.89
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	5,033.592 ± 553.695	5,623.573 ± 618.593
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0085 ± 0.0011	0.0137 ± 0.0018
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0035 ± 0.0005
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0784 ± 0.0078	0.0413 ± 0.0041
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00108 ± 0.00025	0.00128 ± 0.00029

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-12	NC-DT-13
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	12.876 ± 1.159	1.603 ± 0.144
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00166 ± 0.00018	0.00144 ± 0.00016
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0326 ± 0.0029	0.0095 ± 0.0009
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.156 ± 0.019	0.173 ± 0.021
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	287.185 ± 28.719	120.318 ± 12.032
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00069 ± 0.00006	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0067 ± 0.0017	0.0066 ± 0.0017
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00084 ± 0.00008	0.00116 ± 0.00010



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



Registro NLE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-12	NC-DT-13
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.00104 ± 0.00026	0.00351 ± 0.00088
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	1.6478 ± 0.4120	1.8421 ± 0.4605
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.5912 ± 0.0532	0.3810 ± 0.0343
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.424 ± 0.119	0.888 ± 0.249
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00413 ± 0.00033	0.00092 ± 0.00007
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.5499 ± 0.0440	0.3742 ± 0.0299
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0724 ± 0.0065	0.0737 ± 0.0066
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	84.157 ± 10.099	86.851 ± 10.422
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	0.16168 ± 0.01132	0.10293 ± 0.00721
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00223 ± 0.00051	0.00425 ± 0.00098
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0045 ± 0.0010	0.0056 ± 0.0013
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0020 ± 0.0002	0.0039 ± 0.0004
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	33.34 ± 2.67	27.38 ± 2.19
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0538 ± 0.0054	0.0474 ± 0.0047
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	14.46 ± 1.74	13.00 ± 1.56
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	6.76 ± 0.81	6.08 ± 0.73
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	5,234.961 ± 575.846	5,473.586 ± 602.094
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0262 ± 0.0034	0.0034 ± 0.0004
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0022 ± 0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0258 ± 0.0026	0.0450 ± 0.0045
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00349 ± 0.00080	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-14	NC-DT-15
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.439 ± 0.130	2.038 ± 0.183
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00132 ± 0.00015
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0162 ± 0.0015	0.0286 ± 0.0026
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.166 ± 0.020	0.170 ± 0.020
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00025 ± 0.00006
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	170.438 ± 17.044	316.100 ± 31.610
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0061 ± 0.0015	0.0067 ± 0.0017
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00075 ± 0.00007	0.00080 ± 0.00007
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.03742 ± 0.00936	0.01113 ± 0.00028
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.5044 ± 0.1261	0.4377 ± 0.1094
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.4146 ± 0.0373	0.5970 ± 0.0537
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.168 ± 0.047	0.167 ± 0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00165 ± 0.00013	0.00172 ± 0.00014
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.3926 ± 0.0314	0.3926 ± 0.0314
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0712 ± 0.0064	0.0772 ± 0.0069
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	82.962 ± 9.955	88.453 ± 10.614
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0010	0.13368 ± 0.00936	0.16536 ± 0.01158
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.00009	<0.00009



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



Registro NLE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA					NC-DT-14	NC-DT-15
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.00241 ± 0.00055	0.00291 ± 0.00067
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0037 ± 0.0009	0.0036 ± 0.0008
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0026 ± 0.0002	0.0034 ± 0.0003
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	28.62 ± 2.29	32.55 ± 2.60
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0476 ± 0.0048	0.0572 ± 0.0057
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	11.31 * ± 1.36	10.99 * ± 1.32
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.29 ± 0.63	5.14 ± 0.62
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	5,263.218 ± 578.954	5,498.233 ± 604.806
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0047 ± 0.0006	0.0046 ± 0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0851 ± 0.0085	0.0414 ± 0.0041
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACION DE MUESTRA					NC-DT-16	NC-DT-17
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.721 ± 0.155	1.736 ± 0.156
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0070 ± 0.0006	0.0187 ± 0.0017
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.157 ± 0.019	0.160 ± 0.019
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00038 ± 0.00009	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	101.992 ± 10.199	172.854 ± 17.285
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0062 ± 0.0016	0.0059 ± 0.0015
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00086 ± 0.00008	0.00083 ± 0.00007
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00295 ± 0.00074	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	1.5109 ± 0.3777	0.5843 ± 0.1461
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.3304 ± 0.0297	0.4200 ± 0.0378
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.681 ± 0.191	0.191 ± 0.053
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00096 ± 0.00008	0.00160 ± 0.00013
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.3502 ± 0.0280	0.3538 ± 0.0283
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0682 ± 0.0061	0.0710 ± 0.0064
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	78.229 ± 9.387	80.209 ± 9.625
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.09409 ± 0.00659	0.13020 ± 0.00911
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00280 ± 0.00064	0.00195 ± 0.00045
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0045 ± 0.0010	0.0030 ± 0.0007
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0014 ± 0.0001	0.0015 ± 0.0001
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	24.97 ± 2.00	32.70 ± 2.62
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0428 ± 0.0043	0.0487 ± 0.0049
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	12.05 * ± 1.45	11.17 * ± 1.34
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.63 ± 0.68	5.22 ± 0.63
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	4,939.470 ± 543.342	5,000.860 ± 550.095
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-16	NC-DT-17
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021	24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0036 ± 0.0005	0.0060 ± 0.0008
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1390 ± 0.0139	0.0245 ± 0.0025
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NC-DT-18
FECHA DE MUESTREO					24/06/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.788 ± 0.341
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00101 ± 0.00011
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0325 ± 0.0029
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.166 ± 0.020
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	319.441 ± 31.944
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0069 ± 0.0017
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00097 ± 0.00009
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00111 ± 0.00028
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.6796 ± 0.1699
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.6247 ± 0.0562
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.206 ± 0.058
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00201 ± 0.00016
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.4726 ± 0.0378
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0760 ± 0.0068
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	90.081 ± 10.810
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.17515 ± 0.01226
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00202 ± 0.00046
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0025 ± 0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0024 ± 0.0002
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	32.12 ± 2.57
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0572 ± 0.0057
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	11.26 * ± 1.35
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.26 ± 0.63
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	5,607.543 ± 616.830
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Telurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0074 ± 0.0010
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0428 ± 0.0043
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Notas:

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

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

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



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



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

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

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	0 - 3%	91 - 100%	98%	2%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	96%	90%	1%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0 - 3%	92 - 95%	101%	2%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	2 - 3%	103 - 108%	104%	1%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	95 - 103%	103%	4%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	97 - 100%	100%	0%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	100 - 103%	101%	1%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	92 - 97%	98%	0%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	3 - 4%	104 - 106%	100%	0%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0 - 1%	102 - 122%	101%	0%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 2%	101 - 104%	102%	0%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	102 - 107%	100%	5%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	99 - 105%	98%	1%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	98 - 106%	98%	0%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	101 - 103%	104%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	2 - 5%	99 - 110%	101%	2%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0 - 6%	100 - 101%	95%	2%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	108%	101%	0%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	98 - 102%	99%	0%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	103%	103%	0%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	1%	99%	98%	1%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	99 - 108%	100%	0%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	3 - 4%	101 - 102%	95%	0%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	103 - 107%	108%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	0 - 1%	99 - 102%	104%	2%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	105 - 109%	101%	1%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	101 - 103%	102%	1%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0 - 2%	104 - 105%	101%	7%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	97 - 107%	101%	0%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	100 - 106%	100%	0%
Plata Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	100%	100%	0%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 1%	105 - 107%	102%	1%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	0 - 3%	95 - 102%	98%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	5 - 7%	103 - 105%	102%	1%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	99 - 102%	100%	0%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	0 - 3%	94%	92%	0%
Silicio Total	mg/L	0.13	<0.13	0 - 3%	94 - 99%	92%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	0 - 4%	101 - 102%	101%	0%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	101%	102%	0%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	101%	101%	0%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	102 - 103%	103%	0%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	91 - 97%	97%	0%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	97 - 103%	97%	0%
Uranio Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0 - 1%	100 - 101%	99%	0%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 1%	96 - 110%	96%	0%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	99 - 101%	99%	0%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	104 - 109%	101%	0%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0 - 3%	98 - 99%	99%	1%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	102 - 108%	103%	0%
Sólidos Totales en Suspensión	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	3	<3	0 - 1%	100 - 103%		
Aceites y Grasas	mg/L	0.4	<0.4	0%	89%	93%	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6		105 - 108%		
Demanda Química de Oxígeno	mgO2/L	4.5	<4.5		99 - 101%	98 - 99%	0 - 3%
Sulfuro	mgS2-L	0.0019	<0.0019		99 - 102%	98 - 99%	3 - 4%
Cloruro	mg/L	0.050	<0.050		100 - 102%	100%	0 - 1%
Nitrógeno Amoniacal	mg NH3-N/L	0.010	<0.010		92 - 106%	97%	6%



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2118648 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
EW_APHA4500NH3D	Callao	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
EW_APHA4500S2I	Callao	Sulfuro	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2-I; 23rd Ed: 2017. Distillation, Methylene Blue Flow Injection Analysis Method (Validado) 2017.
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_ASTMD3921	Callao	Aceites y Grasas	ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011). Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water -(Validado)2014
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA 200.8, Rev 5.4: 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.
EW_EPA300_0	Callao	Cloruro	EPA 300.0, Rev. 2.1:1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography.

"Este Informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx> Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio., su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

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

Última Revisión Julio 2015