



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Eficiencia y rentabilidad de la aplicación del tratamiento por electrocoagulación para la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de Curtiembre, Arequipa, 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Aguilar Ruelas, Brandon (ORCID:0000-0002-1863-6790)

Soto Miranda, Alejandra Elva (ORCID:0000-0002-8076-980X)

ASESOR:

Mg. María Paulina Aliaga Martínez (ORCID:0000-0003-2767-4825)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de Residuos

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Se la dedicamos a Dios ya que con tu su amor infinito nos dio la posibilidad y júbilo de poder lograr un peldaño más en nuestras vidas profesionales y así poder lograr tener un mejor futuro.

A nuestros padres por ser ellos el motivo por el cual encontremos viviendo y haciendo realidad nuestros metas, metas que tuvieron muchos obstáculos, pero nunca nos abandonaron y supieron darnos la calma y apoyo incondicional y no darnos por vencidos

A nuestra asesora que con su paciencia experiencia y buen humor se convirtió en un soporte que necesitábamos en esta compleja etapa.

AGRADECIMIENTO

Agradecer la Universidad Cesar Vallejo por permitirnos realizar nuestra tesis y brindarnos el título de nuestra profesión.

Agradecer a nuestra asesora Ms.C. María Aliaga Martínez, por su enseñanza, durante el desarrollo de nuestra tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice de contenidos	iv
Indice de tablas	v
Indice de figuras	vi
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	20
3.1. Tipo y diseño de investigación.	20
3.2. Variables y operacionalización.	21
3.3. Población, muestra y muestreo	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.5 Validez	27
3.6. Confiabilidad	27
3.7. Procedimiento	28
3.8. Método de análisis de datos	31
3.9. Aspectos éticos	31
IV. RESULTADOS	33
V. DISCUSIÓN	45
VI. CONCLUSIONES	47
VII. RECOMENDACIONES	49
VIII. PROPUESTAS	50
REFERENCIAS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Operacionalización de variables.	22
Tabla N° 02: Volumen de agua residual generado por la curtiembre.....	24
Tabla N° 03: Instrumentos de recolección de datos.	26
Tabla N° 04: Validación de los instrumentos de recojo de datos.	27
Tabla N° 05: Listado de materiales y equipos.	28
Tabla N° 06: Resultado de Cr ⁺⁶ en las aguas residuales de curtiembre pre y post tratamiento.	33
Tabla N° 07: Comparación de resultados entre VMA de agua residual no domestica pospruebas.	36
Tabla N° 08: Parámetros de control del método de electrocoagulación.	38
Tabla N°09: Variación de los recursos	40
Tabla N° 10: BT5B Medicion simple de energia activa.....	43
Tabla N° 11: Indice de rentabilidad	43
Tabla N° 12: Prueba de normalidad Shapiro - Wilk	44
Tabla N° 13: T de student	44
Tabla N° 14: Ingresos y egresos	50
Tabla N° 15: Depreciación	50
Tabla N° 16: Datos para el cálculo del beneficio operativo.....	51
Tabla N° 17: Beneficio neto operativo o NOPAT	51
Tabla N° 18: Proyección de inversión (S/).	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Sistema de electrocoagulación con ánodo y cátodo de aluminio	17
Figura N° 2: Reactor electrolítico.....	18
Figura N° 3: INPUT - MEDIADOR - OUTPUT - IMPUT (IMOI)	18
Figura N° 4: Ubicación del punto de muestreo de agua residual de curtiembre ..	24
Figura N° 5: Diagrama de proceso de tratamiento de electrocoagulación aplicado a aguas residuales de curtiembre.	30
Figura N° 6: Celda de electrocoagulación	31
Figura N° 7: Variación de la concentración de Cr +6 en función de la tensión eléctrica desde el inicio hasta el tratamiento N°03	34
Figura N° 8: Variación de la concentración de Cr+6 en función de la intensidad eléctrica desde el inicio hasta el tratamiento N°03.	34
Figura N° 9: Variación de la concentración de Cr+6 en función de la densidad eléctrica desde el inicio hasta el tratamiento N°03.	35
Figura N° 10: Variación de la concentración de Cr ⁺⁶ en función del tiempo desde el inicio hasta el tratamiento N°03.....	35
Figura N° 11: Variación de la concentración de Cr+6 en función del horario desde el inicio hasta el tratamiento N°03.	36
Figura N° 12: comparacion de resultados entre VMA agua residual no domestica y post pruebas	37
Figura N° 13: Concentracion de Cr ⁺⁶ y la cantidad de energia consumida por tratamiento.....	38
Figura N° 14: Tiempo y reduccion de concentracion	40
Figura N° 15: Variacion de pH por tratamiento	41
Figura N° 16: Variacion de temperatura por tratamiento	55
Figura N° 17: Pecera.....	63
Figura N° 18: Placa de aluinió de 12 cm x 12 cm x 3 mm	63
Figura N° 19: Cinta teflon	64
Figura N° 20: Niple de ¾.....	64
Figura N° 21: Llave de paso de ¾.....	64

Figura N° 22: Pinzas tipo cocodrilo	65
Figura N° 23: Silicona SICAFLEX	65
Figura N° 24: Tubo de silicona.	65
Figura N° 25: Interruptor	66
Figura N° 26: Enchufe	66
Figura N° 27: Cable electrico N°8.....	66
Figura N° 28: Cinta aislante	67
Figura N° 29: Extension electrica con supresor de picos.....	67
Figura N° 30: Transformador eléctrico de 40V y 14 A	68
Figura N° 31: Colocación de placas con una separación de 4 cm.....	69
Figura N° 32: Instalación de llave de toma de muestras.....	69
Figura N° 33: Instalación de pinzas tipo cocodrilo	70
Figura N° 34: Conexión de pinzas tipo de cocodrilo.	70
Figura N° 35: Conexión de pinza tipo cocodrilo a la fuente de alimentación eléctrica.	71
Figura N° 36: Lugar del punto de muestreo.....	72
Figura N° 37: Medicion de parámetros de campo	72
Figura N° 38: Toma de muestras	72
Figura N° 39: Toma de muestras de ARCU1.	73
Figura N° 40: Inoculacion de preservantes muestra ARCU1 (muestra 1)	73
Figura N° 41: Almacenamiento de la muestra ARCU1 (muestra 1)	74
Figura N° 42: Recoleccion de aguas residuales de curtiembre para realizar las pruebas del tratamiento de electrocoagulacion.	74
Figura N° 43: Celda con agua residual de curtiembre antes de ser tratada	75
Figura N° 44: Insercion de agua residual de curtiembre en celda	75
Figura N° 45: Aguas residuales durante la prueba N° 01 de 15 min.....	76
Figura N° 46: Aguas residuales tratadas culminada la prueba N°01 de 15 min...76	76
Figura N° 47: Resultado de agua residual procesada en recipiente de almacenaje post prueba N° 01 de 15 min.....	77
Figura N° 48: Aguas residuales antes de iniciar la prueba N°02 de 30 min.77	77
Figura N° 49: Aguas residuales durante el tratamiento en prueba N°02 de 30 min.	78

Figura N° 50: Aguas residuales finalizado el tratamiento de la prueba N°02 de 30 min.....	78
Figura N° 51: Aguas residuales al iniciar el tratamiento de la prueba N°03 de 45 min.....	79
Figura N° 52: Agua residual durante el tratamiento de la prueba N°03 de 45 min.	79
Figura N° 53: Agua residual finalizado el tratamiento de la prueba N°03 de 45 min.	80
Figura N° 54: Comparación de resultados de prueba N°01, N°02 y N°03.	80
Figura N° 55: Resultado muestra inicial	81
Figura N° 56: Resultado muestra inicial	82
Figura N° 57: Resultado muestra inicial	83
Figura N° 58: Resultado de la prueba N°01 de 15 min.	84
Figura N° 59: Resultado muestra prueba N°01	85
Figura N° 60: Resultado de muestra de prueba N° 01.....	86
Figura N° 61: Resultado de la prueba N°02 de 30 min.	87
Figura N° 62: Resultado de prueba N° 02 de 30 min.....	88
Figura N° 63: Resultado de prueba N°02 de 30 min.....	89
Figura N° 64: Resultado de prueba N°03 de 45 min.....	90
Figura N° 65: Resultado de prueba N°03 de 45 min.....	92
Figura N° 66: Resultado de prueba N° 03 de 45 min.....	93
Figura N° 67: Certificado de calibración de multiparametro WTW.....	95
Figura N° 68: Certificado de calibracion de multiparametro WTW	96
Figura N° 69: Certificado de medidor pH HANNA.	97
Figura N° 70: Certificado de medidor de pH HANNA.....	98
Figura N° 71: Ficha Tecnica del GPS GARMIN.....	99
Figura N° 72: Constancia de turnitin.....	100
Figura N° 73: Ficha 01 Registro de datos de monitoreo de agua residual de curtiembre.....	101
Figura N° 74: Ficha 02 Pruebas de laboratorio de electrocoagulacion con placas de aluminio	102
Figura N° 75: Ficha 03 Concentración de cromo hexavalente pre y post tratamiento de electrocoagulación	103

Figura N° 76: Ficha N° 01 registro de datos de monitoreo validada.	104
Figura N° 77: Ficha N°02 pruebas de laboratorio de electrocoagulación con placas de aluminio validada.	105
Figura N° 78: Ficha N°03 prueba N°01 de 15 minutos validada	106
Figura N° 79: Ficha N°03 prueba N°02 de 30 minutos validada	107
Figura N° 80: Ficha N°03 prueba N°03 de 45 minutos validada.	108
Figura N° 81: Ficha de validación N°01.....	109
Figura N° 82: Ficha de validación N°02.....	110
Figura N° 83: Ficha de validación N°03.....	111
Figura N° 84: Ficha de validación N° 01.....	112
Figura N° 85: Ficha de validación N° 02.....	113
Figura N° 86: Ficha de validación N° 03.....	114
Figura N° 87: Ficha de validación N° 01.....	115
Figura N° 88: Ficha de validación N° 02.....	116
Figura N° 89: Ficha de validación N° 03.....	117
Figura N° 90: Certificado de laboratorio	118

RESUMEN

La investigación tiene como punto de inicio la observación del problema que se da con la presencia del Cr^{+6} en el medio ambiente el cual se detecta en las aguas residuales de una curtiembre ubicada en Arequipa, por lo que se propone el método electrocoagulación para la reducción de las concentraciones del Cr^{+6} , que sea eficiente y rentable. El método de electrocoagulación para la reducción de Cr^{+6} en las aguas de curtiembre, es una investigación aplicada, su enfoque de estudio es cuantitativo, tiene un diseño experimental y su nivel de investigación es de tipo explicativo.

Para ello se diseñan cuatro etapas, que van desde el diseño hasta los resultados finales; primero, se logra la detección de la concentración del Cr^{+6} que fue de 0.87 mg/L y que luego de tres tratamientos por electrocoagulación, en tiempos de 15, 30 y 45 minutos, para un voltaje constante de 40 V se llega a menos del 0.010 de mg/L de Cr^{+6} . Lo que permite concluir que el tratamiento de electrocoagulación es eficiente y rentable, por tal motivo se propone que se dé la aplicación al equipo de tratamiento de electrocoagulación empleado, cuyo valor es de S/ 350.00 para una recuperación del mismo con un Valor Actual Neto (VAN) de S/3,217.55 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 628%.

Palabras claves: eficiencia, rentabilidad, electrocoagulación, Cr^{+6} , curtiembre.

ABSTRACT

The work appreciates the problem that occurs with the presence of Cr^{+6} in the environment and this is detected in the wastewater of a Tannery located in Arequipa, for which it proposes the electrocoagulation method to reduce the concentrations of hexavalent chromium make it efficient and profitable. The electrocoagulation method for the reduction of Cr^{+6} in tannery waters is applied research, its study approach is quantitative, it has an experimental design and its level of research is explanatory. For this, four stages are designed, ranging from the design to the final results, which were given, first, the detection of the concentration of Cr^{+6} was achieved, which was 0.87 mg / L and that after three treatments, in times of 15, 30 and 45, for a constant voltage of 40 V less than 0.010 mg / L is reached. This allows us to conclude that the method is efficient and profitable, since it proposes that the equipment used remains, whose value is S / 350.00 for its recovery with a NPV of S / 3,217.55 and an IRR of 628%.

Keywords: efficiency, profitability, electrocoagulation, Cr^{+6} , tannery.

I. INTRODUCCIÓN

Los residuos generados por la industria de curtiembre, representan una problemática ambiental a nivel mundial. Europa es uno de los principales continentes productores de cuero en el mundo, a pesar del creciente aumento que se ha dado en Asia y América Latina. Italia es el mayor país en producción de cueros en Europa, debido a que a nivel mundial posee el 15% de producción de cuero y la Unión Europea lo menciona como el principal productor con un 65%. Debido a estos resultados, es que Italia maneja estándares de alta calidad para evitar la contaminación ambiental que pudiera producir las industrias de curtiembre, como sustitución de sustancias nocivas o tóxicas para el ambiente, adhesión de procesos, tratamiento de aguas residuales y una correcta disposición final de los lodos. Mencionar que en Europa uno de los procesos más comunes es el de reciclaje de Sulfato de Cromo, en el cual se recicla y sustituye en un porcentaje entre 20% - 35 % del Cromo nuevo que ingresa al proceso, este proceso en mención es capaz de reciclar hasta el 100 % del Cromo que queda como residuo, lo que da como resultado un ahorro en el consumo de agua (Buitrago, Sandra Yulier Martínez; COCA, Jonathan Alexander Romero, 2018, p. 113-124).

En América Latina, la industria de curtiembre ha presentado problemas ambientales, un claro ejemplo es Argentina, las curtiembres se localizan en la Cuenca del Matanza – Riachuelo, en el cual se sitúan alrededor de 24 000 establecimientos entre comerciales e industriales, de los cuales como mayores contaminantes son las curtiembres que agrupan un aproximado de 170 empresas, que han sido señaladas como responsables del 50% de degradación ambiental. La mayor preocupación es la recuperación del Cromo, ya que actualmente se utiliza 85 % para curtir los cueros y la falta de un manejo adecuado para la disposición final de las aguas residuales de las curtiembres (Buitrago, Sandra Yulier Martínez; COCA, Jonathan Alexander Romero, 2018, p. 113-124).

El Perú ocupa el quinto lugar como exportador de calzado de cuero a nivel de Latinoamérica, la mayor concentración de industrias de curtiembre se concentra en los departamentos de La Libertad, Lima y Arequipa.

En el departamento de La libertad una de las principales actividades económicas es el sector de curtiembres, cuentan con 85 curtiembres entre formales e

informales, pero solamente 20 de ellas se encuentran en el parque industrial, sin embargo, el parque industrial de curtiembres no cuenta con una adecuada disposición de las aguas residuales de curtiembres.

La ciudad de Arequipa se encuentra en tercer lugar a nivel nacional con un aproximado de 1149 empresas entre micro empresas, pequeñas empresas, medianas y grandes empresas. En el distrito de Cerro Colorado existen 157 curtiembres formales ubicadas en el Parque Industrial de río seco. Los efluentes de las curtiembres generan altos índices de contaminación.

El Cromo es un elemento que se encuentra en la naturaleza en rocas, en los suelos, el cromo encontrándose en diferentes estructuras como: Cr^{+3} y Cr^{+6} . Cabe recalcar que el Cr^{+3} es bueno para la salud y el Cr^{+6} afecta a la salud debido a su toxicología que puede afectar las vías respiratorias, cáncer, dermatitis y úlceras. Además, el Cromo es utilizado mayormente en los diferentes procesos de industrias de galvanoplastia, curtiembres, producción textil y en la fabricación de productos hechos de cromo (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012).

Por otro lado, tomando en cuenta que la Norma Técnica de Salud N° 111-2014-MINSA / DGV V. 01 establece la vigilancia epidemiológica en salud pública de factores de riesgo por exposición e intoxicación por metales pesados y metaloides y que tiene como finalidad brindar acciones preventivas y de control cuando la población peruana se encuentra expuesta o está intoxicada por metales pesados y metaloides, es que se identifica la posibilidad de riesgo en la que se encuentran las personas frente al cromo, además de otros metales (Ministerio de Salud del Perú, 2014).

Por lo expuesto, es que se motiva el desarrollo del presente trabajo de investigación, pues permitirá plantear una alternativa que sea medible en sus resultados, tanto en tiempo y también en dinero, para que pueda ser considerada, no solo en el sector privado, sino también en el sector público, puesto que es una prioridad garantizar la salud pública y prevención, tal como se mencionó al inicio de la investigación, a su misma vez se puede lograr la intervención del Ministerio del Ambiente y los gobiernos, tanto regional, provincial como locales. Logrando así activar cada una de las medidas de prevención que están normadas para el beneficio de la población actual y futura, pues se tiene como sustento la Ley N° 28611, Ley General del Medio Ambiente en Perú, que plantea como finalidad la

protección y desarrollo de las zonas en las cuales se encuentran la flora y la fauna del Perú.

Según lo planteado se formula como problema general: ¿Cuál será la eficiencia y rentabilidad de la aplicación del método de electrocoagulación, en la reducción del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre? Por lo tanto, el problema específico 1: ¿Cuál es el nivel concentración del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre pre y post tratamiento por el método electrocoagulación?, problema específico 2: ¿Cuáles son los parámetros de operación para implementar el método de electrocoagulación en la reducción del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre?, problema específico 3: ¿Cuál es la eficiencia de remoción de Cr^{+6} presente en las aguas residuales de curtiembre empleando el método de electrocoagulación?, problema específico 4: ¿Cuál es la rentabilidad económica para implementar el método de electrocoagulación en la reducción del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre?.

El desarrollo del trabajo de investigación, tiene la justificación teórica en brindar información que permitirá la ampliación de la teoría del conocimiento, con lo cual se pueda tomar en los futuros estados del arte, consideraciones para su continuidad y/o ampliación, pues es un método que se plantea en la ciudad de Arequipa, cuyas características pueden ser similares en otras zonas geográficas. Además, se tiene la viabilidad técnica para el desarrollo del presente trabajo de investigación, pues el equipamiento que se requiere es alcanzable por la investigación. Por el lado social, la justificación del presente trabajo de investigación se da por ser de beneficio para la población que se encuentra en la zona, buscando así el cumplimiento preventivo de salud, medio ambiente y por lo tanto de desarrollo territorial.

Entonces, la investigación tiene la siguiente justificación ambiental que es a causa de la contaminación ambiental causada por las curtiembres del Parque Industrial de río Seco en la ciudad de Arequipa, se ha desarrollado por varios años, como consecuencia son las curtiembres las que ocasionan contaminación en las aguas superficiales en Arequipa, al superar la concentración de metales como el Cr según los VMA (Valores Máximos Admisibles), es por eso que se optó por el método de

la electrocoagulación que utiliza los procesos de coagulación – floculación en un reactor electrolítico y una fuente de energía de corriente eléctrica y electrodos que pueden ser de Aluminio o Hierro, los electrodos interactúan con la solución acuosa. Las partículas coloidales de la solución se desestabilizan con las adiciones de los iones multivalentes, provocando su floculación, también se produce una solución con iones negativos, se liberan elementos que al reaccionar con otros elementos presentes en los contaminantes en la solución tienden a precipitarse. En las láminas que hacen la función de electrodos se producen burbujas de tamaño reducido que se anexan a los flóculos transportándose hacia la superficie donde se produce una espuma que puede ser retirada en un proceso posterior.

Además, desde una perspectiva social se considera importante la indagación de tratamientos alternativos como la electrodeposición y electrocoagulación para aguas residuales con concentraciones de Cr^{+6} provenientes en su mayoría de curtiembres del PIRS (Parque Industrial de Río Seco).

Los contaminantes inorgánicos como el Cr^{+6} , pueden provocar afecciones al sistema digestivo (irritación en el estómago y úlceras) y a la sangre (anemia), además se ha determinado que puede provocar cáncer.

Se tiene el siguiente objetivo general: Evaluar la eficiencia y rentabilidad de la aplicación del método de electrocoagulación, en la reducción del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre. Por lo tanto, se tiene como objetivo específico 1: Determinar el nivel de la concentración del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre, objetivo específico 2: Determinar los parámetros de operación para el método de electrocoagulación en la reducción del Cr^{+6} en las residuales de curtiembre, objetivo específico 3: Determinar cuál es la eficiencia de remoción de Cr^{+6} presente en las aguas residuales de curtiembre empleando el método de electrocoagulación, Objetivo específico 4: Determinar la rentabilidad económica para implementar el método de electrocoagulación en la reducción del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre?

También se toma en cuenta la hipótesis general: La eficiencia y rentabilidad de la aplicación del método de electrocoagulación en la reducción del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre será favorable. Se tiene como hipótesis específica 1: El nivel de concentración del Cr^{+6} es de 0.87 mg/L, hipótesis específica 2: Los

parámetros de operación serán accesibles para implementar el método de electrocoagulación en la reducción del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre, hipótesis específica 3: La eficiencia de remoción de Cr^{+6} presente en las aguas residuales de curtiembre empleando el método de electrocoagulación será favorable con una remoción del 75 % de Cr^{+6} e hipótesis específica 4 : El bajo costo económico del método de electrocoagulación en la reducción del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre

II. MARCO TEÓRICO

Actualmente existen considerables estudios que demuestran la viabilidad y la importancia de los métodos alternativos para el tratamiento de aguas con presencia de metales pesados como el Cr^{+6} . A continuación, se citan algunos trabajos previos presentados como antecedentes de la investigación.

Mendocilla (2018), en la investigación “Influencia del pH y el tiempo en la remoción de Cr^{+6} presente en soluciones acuosas utilizando la electrocoagulación”, estudió la influencia del pH y el tiempo en la remoción de Cr^{+6} de una solución acuosa, presentando diferentes alternativas para lograrlo, es que emplea el método de electrocoagulación. El autor preparó un reactor con una capacidad efectiva de 900 cm^3 , conteniendo un total de 8 placas de aluminio con 75.6 cm^2 de superficie de contacto cada una (4 de ánodos y 4 de cátodos), alimentado por una fuente de energía continua de 4 amperios y 5 voltios, al cual se le agregó 900 cm^3 de solución de Cr^{+6} a 20, 5917 ppm; dicha solución tuvo también 0.05 M de cloruro de sodio. Las variaciones que se dieron en la solución, se presentaron en los niveles de pH, siendo estas tres: 3, 5.5 y 8. También en la metodología empleada, el autor consideró una distribución de tiempos, para poder ejecutar el muestro, siendo estos: 5, 10 y 15 minutos, empleando un tamaño de muestra en cada una de ellas de 10 cm^3 . Luego del desarrollo de pruebas, se dieron los resultados con el cual señala el autor que el proceso se convierte en óptimo para un pH 3, siendo el tiempo de 15 minutos el que consigue estos resultados, se observa una remoción de 20.0652 ppm o 97.44% del Cr^{+6} El autor concluye, sustentado en sus resultados, que el método de electrocoagulación con electrodos de aluminio, presenta una influencia en la remoción de Cr^{+6} con soluciones acuosas.

El método del autor, permite observar muestras, tiempos y categorización de los materiales a emplear, demostrando que se pueden presentar otras variantes, sin embargo, la ya comprobada, da una línea base para el planteamiento de campo a desarrollar en el presente trabajo de investigación.

Perales (2020), en su investigación “Influencia del proceso de electrocoagulación en la remoción de Cr^{+6} en soluciones acuosas a nivel de laboratorio en la Universidad Continental, 2019”, plantea como objetivo analizar cómo se da la

influencia de la variación del tiempo de electrocoagulación y del voltaje eléctrico sobre la remoción del Cr^{+6} en un nivel de laboratorio. Fue necesario, como señala el autor, emplear un reactor tipo Batch, y también preparar el Cr^{+6} en una solución con dicromato de potasio, y a partir de ello se dieron otras soluciones más para hallar sus absorbancias y presentar así la curva de calibración, con esto se plasma una ecuación para hallar las concentraciones de Cr^{+6} en diferentes soluciones. Dentro del laboratorio, se ejecutó cuatro tratamientos, dados en 10, 20, 30 y 40 minutos cada uno de ellos, con 10, 15, 20 y 30 voltios, respectivamente. Los resultados obtenidos en cada tratamiento fueron de una remoción de 2,516 ppm de Cr^{+6} a 10 voltios, en el segundo tratamiento se logró una remoción de 4,467 ppm de Cr^{+6} a 20 voltios, mientras que en el tercer tratamiento a 30 voltios la remoción fue de 4,753 ppm de Cr^{+6} y el último tratamiento se presentó a 40 voltios una remoción de 5,233 ppm de Cr^{+6} .

Se aprecia que, en el último registro, se da una remoción de Cr^{+6} en un 100 %. El reactor discontinuo, que se empleó, tenía una capacidad de hasta 1936 mililitros. Considera como material de los electrodos al hierro y/o al aluminio, ubicándolos en tres posiciones: a 5mm, a 10mm y a 15mm, tomando en cuenta que se daría una variación de 4, 6 y 8 de pH inicial. Para las pruebas de laboratorio, empleó 60 minutos de sedimentación con una agitación de 390 rpm. Por los resultados obtenidos, se concluye que el cuarto tratamiento, que tomó 40 minutos, alcanza una eficiencia del 100 % logrando remover 5,233 ppm de Cr^{+6} con 30 voltios.

Por el tratamiento en laboratorio, bajo estas consideraciones, se aprecia que la electrocoagulación es eficiente, en la remoción de Cr^{+6} , los tiempos establecidos indican que su influencia es mayor, por lo que se considera en el desarrollo de la investigación, ir hacia los tiempos mayores, siendo la línea base, el que 30 minutos. Arboleda (2015), en la investigación denominada "Evaluación de un proceso de electrocoagulación en un reactor tipo Batch para la remoción de Cr^{+6} con electrodos de aluminio–aluminio y de hierro–aluminio en condiciones de laboratorio", permite demostrar que el sistema de electrocoagulación es una alternativa con la cual se lograría la remoción de contaminantes, pues el paso de la corriente eléctrica y la adición electrolítica de iones metálicos coagulantes generados por electro-oxidación directamente del ánodo de sacrificio, accedan que este se disuelva, dada la aplicación de una diferencia de potencial, con lo que se produce iones que

permitan la aglomeración del contaminante de la misma forma que si se adiciona un producto químico, para permitir su remoción. Empleó como unidad de estudio los Laboratorios de Ingeniería Ambiental de la Universidad Autónoma de Colombia, en el cual se encuentra un reactor discontinuo, con capacidad de hasta 1936 mililitros. Una vez desarrolladas las pruebas, es que el autor concluye que el proceso de electrocoagulación de la disolución preparada, se da el 99% de remoción de Cr^{+6} , alcanzando este porcentaje con la aplicación de electrodos de aluminio ubicado a una distancia de 5mm entre cada electrodo, tomando 8 de pH y dentro de un tiempo de 40 minutos de residencia, también, se debe de indicar como característica, que este porcentaje de remoción emplea una agitación constante de 390 rpm.

La electrocoagulación permite una remoción de Cr^{+6} , como el autor lo demuestra, de igual forma el tiempo, el material y las distancias, son caracterizaciones de campo que dan diferenciación de resultados y se consideran también como línea base en el trabajo de investigación.

Posada (2010), en la investigación titulada "Sistema de electrocoagulación como tratamiento de aguas residuales galvánicas", plantean como objetivo general el llegar a conocer cuánto se remueve de metales tratados con electrocoagulación, emplea para ello los mismos tratamientos, pero para diferentes metales. Se ejecutó en campo. Para lograr el objetivo, emplea 10 litros de agua residual, considerando que se daría un análisis confrontaciones entre los parámetros antes y después de la electrocoagulación para los metales como: Cu, Cr, Cr^{+6} , Ni, Pb y Zn. Luego de las pruebas hechas en laboratorio, obtiene una reducción de 51.65% para el Cr, mientras que el Ni obtuvo una reducción del 18.09%, es el Pb que resulta con un 50% de reducción, el Zn alcanza el 47.37%. Se aprecia un aumento de 519.48% para el caso del Cu debido a la placa usada en el laboratorio para el tratamiento. Dentro de los resultados plasmados, se considera que el pH: 3.18 fue el promedio de los mismos, la conductividad en promedio fue de 21.83 ms/m y la temperatura promedio fue de 48.5 °C. Se concluye que la electrocoagulación permite una reducción relevante de los metales pesados analizados.

Es necesario indicar que este método tiene la capacidad de reducir la concentración de diversos metales pesados y que se da una relación directa con la búsqueda de

su reducción, para una posible reutilización de las aguas, como elemento importante para el desarrollo de la vida humana.

Niño y otros (2013), la investigación denominada “La electrocoagulación como un tratamiento eficiente para la remoción de metales pesados presentes en aguas residuales” , tiene como objetivo principal el poder determinar cuál es el nivel de rentabilidad al emplear la electrocoagulación en aguas residuales, los autores buscan analizar los posibles costos beneficios al emplear este método como alternativa ambiental, en especial, se centran en el hecho de que las autoridades ambientales desean reducir costos en cuidado del medio ambiente, en especial en el proceso de retirar metales pesados en aguas. Los autores brindan una recopilación bibliográfica de los últimos años mostrando que el uso de la electrocoagulación en la remoción metales como: hierro, níquel, cobre, zinc, plomo, cadmio, mercurio y Cr⁺⁶, presentes en aguas residuales, es rentable y así se logra proteger la salud de las poblaciones que se encuentran frente a estos metales, en sus actividades, siendo esta su conclusión, la electrocoagulación es un método atractivo para el tratamiento de diversos tipos de aguas residuales contaminadas con metales pesados, pues permite reducir el impacto que se presenta en el medio ambiente, así como también es muy versátil en su aplicación, del impacto ambiental, versatilidad y muestra, por los resultados obtenidos una eficiencia energética y es viable por la rentabilidad que muestra entre los requerimientos que se dan y lo que se obtiene.

No solo se trata de plantear efectividad en el tratamiento que se pueda hacer en laboratorio o en campo, tomando muestras pequeñas, sino en plantear cuál sería el costo de trasladar este método, considerando un grado de madurez del proyecto de 8, a la vida cotidiana, o como se indica al uso de este método para su consolidación en las personas, por eso es que al tomar los resultados favorables en la relación beneficio/costo, siendo la principal variable la disminución de daño al medio ambiente, es lo que se tiene que presentar en los trabajos similares, para ayudar a las autoridades a tomar decisiones en relación a la implementación de estos en las zonas geográficas de sus jurisdicciones.

Ruiz (2005), quien en su investigación titulada “La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales”, busca calcular los costos de operación por tratamiento de electrocoagulación en aguas residuales. La

humanidad debe de cuidar y ver la forma de mejorar siempre el agua que tiene en el Planeta, por lo que se deben hacer trabajos que permitan este hecho, sea de prevención, remediación e inclusive producción, por indicarlo de alguna manera el efecto de plantar árboles como medio de promoción del ciclo del agua. El auto indica que la electrocoagulación se presenta desde principios del siglo XX y se ha logrado grandes resultados que pueden aplicarse en los desechos que proviene en especial de actividades como la minería y la industria de metales pesados, demuestra que hay un mayor beneficio social que un costo de inversión, por lo que concluye que si se logra trasladar los métodos de la electrocoagulación de laboratorio a grandes extensiones geográficas, esto será rentable, pues los costos de aplicación, si son menores en pequeña escala, serán menores en la transferencia hacia las comunidades y/o poblaciones.

La preocupación del cálculo beneficio/costo siempre es uno de los indicadores más empleados por las autoridades, tomando en cuenta los valores o precios sociales que se involucran dentro de estos, pues lo que la propia naturaleza se ha demorado siglos en alcanzar, puede ser determinado, cortado o desaparecido por la intervención del hombre, siendo esto muchas veces irreparable o de grandes costos para su reparación, es decir, es mejor considerar métodos como electrocoagulación que inversiones mayores para alcanzar la reparación de daños que se dan en el medio ambiente.

Cuba Tello (2020), en su investigación titulada "Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales-Ate Vitarte", plantea como objetivo, evaluar el método de electrocoagulación aplicado como tratamiento de las aguas residuales procedentes de lavadoras, siendo también un trabajo experimental. En su investigación analiza cuatro factores, los que son las caracterizaciones propias de la investigación al aplicar el método de electrocoagulación (EC): intensidad, tiempo, distancia y pH. Toma en cuenta tres niveles para cada factor. El autor, dentro de todos los métodos que se dan, emplea el de Taguchi. Una vez aplicados los tratamientos, se pudo apreciar una remoción de 99.02% en turbiedad, considerando los parámetros fisicoquímicos a niveles de intensidad 5 Amperios, en un tiempo de 15 minutos, a una distancia de 2 centímetros y a un pH 7.5, 90.83% en demanda química de

oxígeno y 95.93% en sólidos suspendidos totales. Concluye que la EC tiene una viabilidad de uso.

Se aprecia en otras aplicaciones que el método también da resultados favorables para la protección del medio ambiente.

Aguilar Ascón (2015), en la investigación denominada “Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua”, busca demostrar que el tratamiento de aguas residuales industriales con electrocoagulación es efectivo para la remoción de contaminantes. Construye un reactor y así evalúa la eficiencia en la remoción de la DQO (demanda química de oxígeno) de aguas residuales provenientes de la industria de pintura. Se logra resultados con una eficiencia promedio del 87 % en la remoción de la DQO, bajo las consideraciones de una intensidad de corriente $I = 5$ amperios, con el pH natural del efluente de 7,12 y 15 minutos de tratamiento de 15 minutos, todo ello dentro de la normativa del país. Concluye que el tratamiento de aguas residuales industriales con electrocoagulación es efectivo en la remoción de contaminantes, por lo que se recomienda el uso del mismo en forma de protección del medio ambiente.

Se aprecia que la electrocoagulación, también tiene efectos en otros componentes, tomando menor tiempo y alcanzando porcentaje superiores a la mediana en la remoción de los mismos, entonces, se consideró un método que puede ser empleado en varios beneficios, pero estudiado con determinadas caracterizaciones, pues pueden ser diversos factores los que intervienen en los resultados a obtener.

Bani-Melhem y otros (2012) de la investigación publicada como “Grey water treatment by a continuous process of an electrocoagulation unit and a submerged membrane bioreactor system”, lo que se plantea como objetivo, es analizar como un paso previo al tratamiento de aguas grises con tecnología de biorreactor de membrana sumergida SMBR puede ser más eficiente. Los resultados demostraron que el desempeño del proceso que contempla una unidad de electrocoagulación y una tecnología de biorreactor de membrana sumergida (SMBR) para el tratamiento de aguas grises es eficiente. Se mantuvo en paralelo los dos procesos durante 24 horas por lo que se pudo comprobar que la combinación del proceso EC con SMBR (EC-SMBR) es un método eficaz para el tratamiento de aguas grises, pero también permite un mejor rendimiento en el proceso de filtración por membrana. El proceso

EC-SMBR logra reducir en 13% el ensuciamiento de la membrana en comparación con SMBR sin electrocoagulación.

La combinación de procesos en un método, puede ser más eficiente, sin embargo, se debería de tener siempre mayor presupuestos y estados del arte, que ahora no los hay, para poder apreciar cuáles serían esas sinergias a establecer entre los procesos conocidos y los que serían resultantes.

Barişçı y otros (2016), la investigación titulada “Domestic greywater treatment by electrocoagulation using hybrid electrode combinations”, analiza las aguas grises (GW) por medio de la electrocoagulación. Emplearon ocho combinaciones de electrodos diferentes. Investigaron parámetros como densidad de corriente, el pH inicial (pH i) y la concentración de electrolitos de soporte (SEC) en el tratamiento GW por EC. La mayor remoción de DQO se obtuvo con la combinación híbrida Al-Fe-Fe-Al. La densidad de corriente de 1 mA / cm² proporcionó la mayor eficiencia. Cuando elevaron la densidad de corriente, esta no dio resultados de mejor rendimiento, estadísticamente hablando 9,46 kWh / m³ fue el consumo de energía, con un 7.62 de pH inicial.

Se tomará en cuenta que la combinación puede ser una alternativa en la metodología empleada, sin embargo, tomar esta sería mayor tiempo, que se puede tener, ya que es una línea de investigación, y mayor presupuesto, que es el que se alcanzaría con el pasar del tiempo, por eso es parte del presente estado del arte, o antecedentes, los que se plasman con estos autores.

Díaz (2014), el autor del libro “Aplicaciones electro-químicas al tratamiento de aguas residuales”, muestra los métodos electro-químicos aplicados al tratamiento de aguas residuales y concluyen que todos son viables y factibles.

Nanseu-Njiki, y otros (2009) en su investigación “Mercury (II) removal from water by electrocoagulation using aluminium and iron electrodes”, busca eliminar el mercurio de aguas residuales mediante el uso de cloruro de sodio como electrolito utilizando un ánodo de aluminio de sacrificio por lotes mediante una celda de electrocoagulación, logrando en un 98,5% en condiciones con un 4.5 pH en la solución empleada, aplicando 9 V, en una solución inicial de 50 ppm, con la concentración de electrolitos 1,333 g/l. y con 400 rpm de velocidad de agitación.

Se plantea el método de electrocoagulación, como uno de los más eficientes en esta remoción de metal pesado, es relevante en los antecedentes su citación, pues

se deberá de considerar combinaciones de materiales y características diferentes en el campo, cuando se desarrollen y puede que se tenga en cuenta algunas características de tiempos y materiales que resultaron en uno metales para ser probados en el Cr^{+6} .

Ghaitidak, y otros (2013) en su investigación de “Characteristics and treatment of greywater—a review” señalan que los hogares mantienen un flujo de 65% de aguas grises o aguas residuales. Emplean 22 sistemas de tratamiento, contemplando que la electrocoagulación es una potencialidad de aplicación para que se pueda tener agua nuevamente de uso en las personas, por la posible escasez del mismo. Los resultados permitieron identificar a la electrocoagulación como una posible alternativa para minimizar el impacto ambiental, por lo que se continuaría en dicha línea de investigación.

Nuevamente, se aprecia que la electrocoagulación, no solo se puede llevar a niveles de industria y minería, sino que el daño que se da por el uso de las familias en sus domicilios, puede ser también tratados.

Hu, Lo & Kuan (2003), en su investigación denominada “Effects of co-existing anions on fluoride removal in electrocoagulation (EC) process using aluminum electrodes”, experimentaron con electrodos de aluminio bipolar y pruebas de polarización potencio dinámica con sistemas monopolares para investigar los efectos del tipo y concentración de aniones coexistentes sobre la defluoración en el proceso de electrocoagulación. Se logra demostrar que el tipo de anión dominante dirige la reacción de defluoración de CE. La eficacia de la defluoración fue casi del 100% y la mayor parte de la reacción de eliminación de fluoruro se produjo en la superficie del ánodo en la solución sin los aniones coexistentes, debido al efecto de electro condensación. Se concluye que el flujo de derivación ocasiona una disminución en la eficiencia de la corriente, mientras que la proporción del flujo de derivación de la corriente se va incrementando, sucediendo esto por el incremento de la cinética sobre el potencial y la conductividad de la solución empleada.

Las pruebas que permiten consolidar a la EC como alternativa en metales, dentro de los procesos que se pueden apreciar, como el que se plasma en los autores de Ho, Lo y Kuan.

Kotut, Ngángá & Kariuki (2011), en su investigación de “The potential of a low cost technology for the greywater treatment”, plantean como objetivo el analizar cómo se puede potenciar un sistema de tratamiento de aguas grises de bajo costo (GWT) con el fin que pueda ser empleado, en forma segura para el medio ambiente y las personas, no solo de Kenia, sino del Mundo. Señalan que la costumbre de usar las aguas grises de las casas en sus jardines, sin ningún tratamiento previo es un atentado contra las personas mismo que lo hacen. Por eso experimentaron y obtuvieron resultados al emplear barriles para la filtración, floculación, sedimentación y desinfección, logrando con ello un agua con pH y conductividad eléctrica apta para riego de acuerdo, como lo recomienda la OMS. Concluyen que la reutilización de aguas grises en el riego de jardines, permitirá la reducción del consumo de agua de las personas.

Se puede ver cómo es que lo que se da en laboratorio puede ser traslado al uso común, no siendo sus costos elevados, pero igual de eficientes, esto muestra que se debe tener en cuenta, para las recomendaciones, posibilidades de rentabilidad, empleando criterios que sean no solo accesibles, sino también sostenibles en el tiempo.

Además, el proyecto de investigación presenta los siguientes conceptos relacionados a la investigación.

Contaminación del agua por metales pesados, se llama así cuando se observa materias extrañas que deterioran la calidad del agua, se da en forma líquida en el medio ambiente, en especial en los océanos, lagos, arroyos, ríos, aguas subterráneas y bahías, en áreas cortas que contienen líquidos. Se considerará la presencia de sustancias tóxicas, gérmenes patógenos, que demandan bastante oxígeno para alcanzar la descomposición, que sean solubles, etc. se depositan en los fondos de las aguas e interfieren directamente con lo que se presentan en los sistemas acuáticos (Rivera, N. y Célica, P. 2011). Se considerará dentro de las mayores actividades contaminantes la construcción y la industria, pues contemplan metales pesados en sus componentes y son acumulados en aguas y suelos (Rivera, N. y Célica, P. 2011). La presencia de los metales pesados, exponen a diferentes potencialidades daños en los seres humanos, pero también en la flora y fauna, siendo el tiempo de exposición y la cantidad de estos los que someten a mayores probabilidades de riesgos de daño (Toral, I., 2006). Las actividades de

sectores económicos como industrias, agricultura, procesos mineros y metalúrgicos, conducen a la liberación aguas residuales, siendo el crecimiento poblacional el que se presente como uno de los factores para la mayor presencia de estos contaminantes en el medio ambiente. (Hassaine, F. y Sadoun, L. s.l., 2005) Se tiene como marco conceptual:

Cr^{+6} se le identifica como un contaminante tóxico, incluso se le ha dado la denominación de carcinógeno humano. Representa un peligro para la salud por la cantidad que se presenta y el estado de oxidación del mismo, siendo esto lo que le da una calificación de baja toxicidad hacia la alta toxicidad de la forma hexavalente (Sadoun, L. y Fassaine, S.,2007).

Usos del Cromo, es empleado en la industria, de calzado, petroquímica, cementera, entre otros, por lo que su contaminación se presenta en varios sistemas ambientales. (Chávez, A.,2010).

La Electrocoagulación, la coagulación química es un método que está determinado por las especies hidrolizadas de los coagulantes inorgánicos en diferentes condiciones de agua cruda y condiciones de coagulación. También se debe de anotar que la eliminación de metales pesados se puede presentar por la adsorción, la complejación y la coprecipitación (Mollah, M., y otros, 2004). La electrocoagulación es aplicar corriente eléctrica a un ánodo de sacrificio, como puede ser el Al o Fe. Esto dará la electrodisolución de los ánodos, ocasionando un coágulo formado por una amplia variedad de hidróxidos, oxi hidróxidos e hidróxidos poliméricos de Fe o Al. Por eso se aprecian partículas suspendidas, así como desestabilizar y adsorber contaminantes disueltos o emulsionados (Írdmez, S., Demircioglu, N. y Yildiz, Y., 2007). También se identifica la oxidación directa o indirecta de la materia orgánica y la generación de burbujas de hidrógeno en el cátodo que ayuda a la flotación de los flóculos formados. (Barton, G. y Mitchell, C.,2005) (Rajechwar, K. y Ibanes, J.,1997).

Entonces, se indica que la operación coagulación – floculación radica en que las partículas que se hallan en suspensión en el agua, cuando son sometidas a una

corriente eléctrica que permitirá la recolección de iones de carga opuesta, lo que en grupos pueden ser más grandes y se les llamará “flocs”. Se requieren iones de sulfato de aluminio o el cloruro férrico, para que hagan una disociación en solución, provocando la coalescencia de las partículas. La electrocoagulación permite que las partículas suspendidas en el agua tengan un grado elevado de estabilidad, su carga negativa, que generalmente se consigue en estas, por la aplicación de la corriente eléctrica, (Morante G. G., 2002).

Se tienen los siguientes mecanismos y reacciones del proceso de electrocoagulación que se explicaran a continuación:

Proceso de electrocoagulación, es el proceso de desestabilización de contaminantes suspendidos, emulsionados o disueltos en un medio análogo mediante la introducción de una corriente eléctrica en el medio. Se puede utilizar para el tratamiento de aguas residuales donde se aplica voltaje a los electrodos, generalmente de hierro o de aluminio, y el electrolito es agua o aguas residuales (Didar-UI, S. M., 2017).

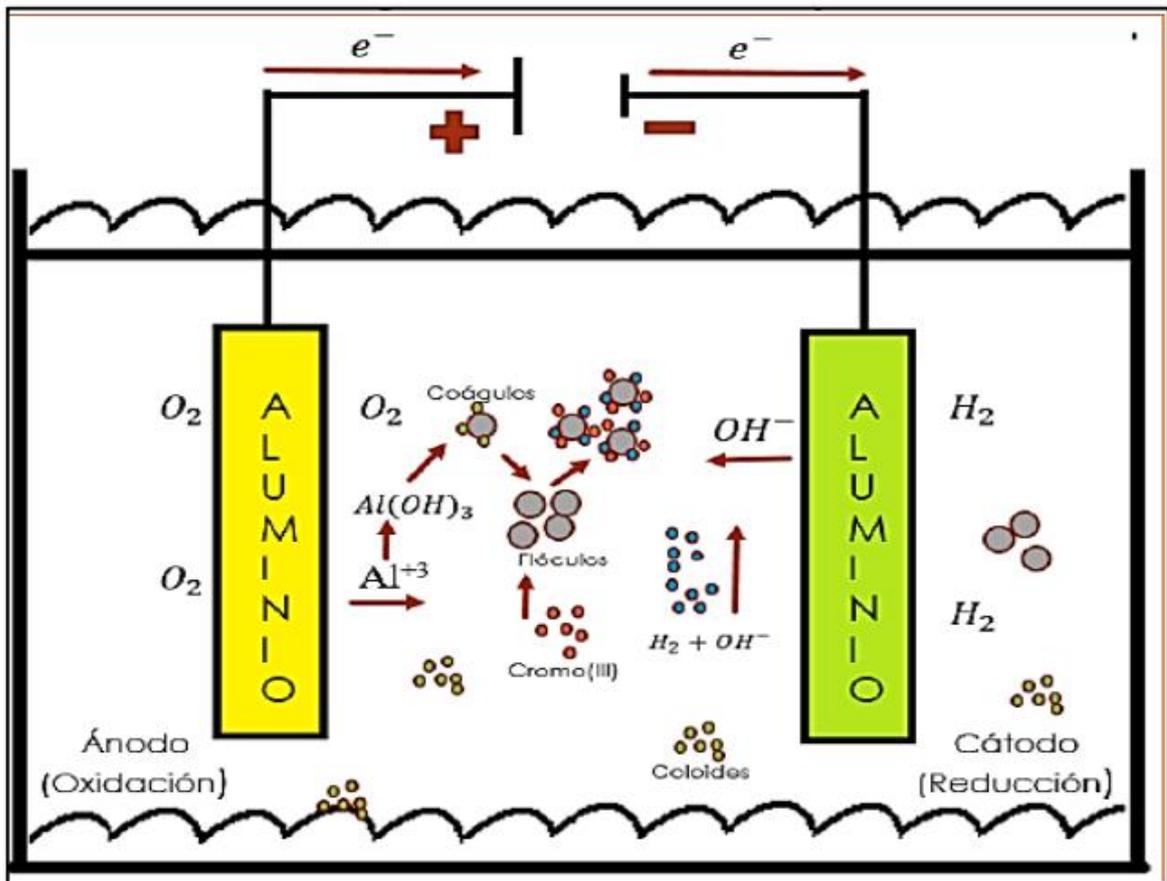


Figura N° 1: Sistema de electrocoagulación con ánodo y cátodo de aluminio

La electrocoagulación tiene etapas consecutivas: a. Generación de coagulantes in situ: se genera el coagulante en el momento de la disolución del metal del ánodo con la formación simultánea de iones hidroxilo y gas hidrógeno en el catódico, como se muestra en la Figura N° 01. Las placas metálicas conductoras pueden estar hechas del mismo o de diferentes materiales como el electrodo de Fe y Al/Fe” (Arroyo, M. Valencia, 2011).

Desestabilización de los contaminantes, suspensión de partículas y rompimiento de las emulsiones: Las placas de metal de Fe o Al, generalmente se usan como electrodos de sacrificio para producir continuamente iones en el agua (Didar-UI, S. M., 2017), como se muestra en la Figura N° 02.

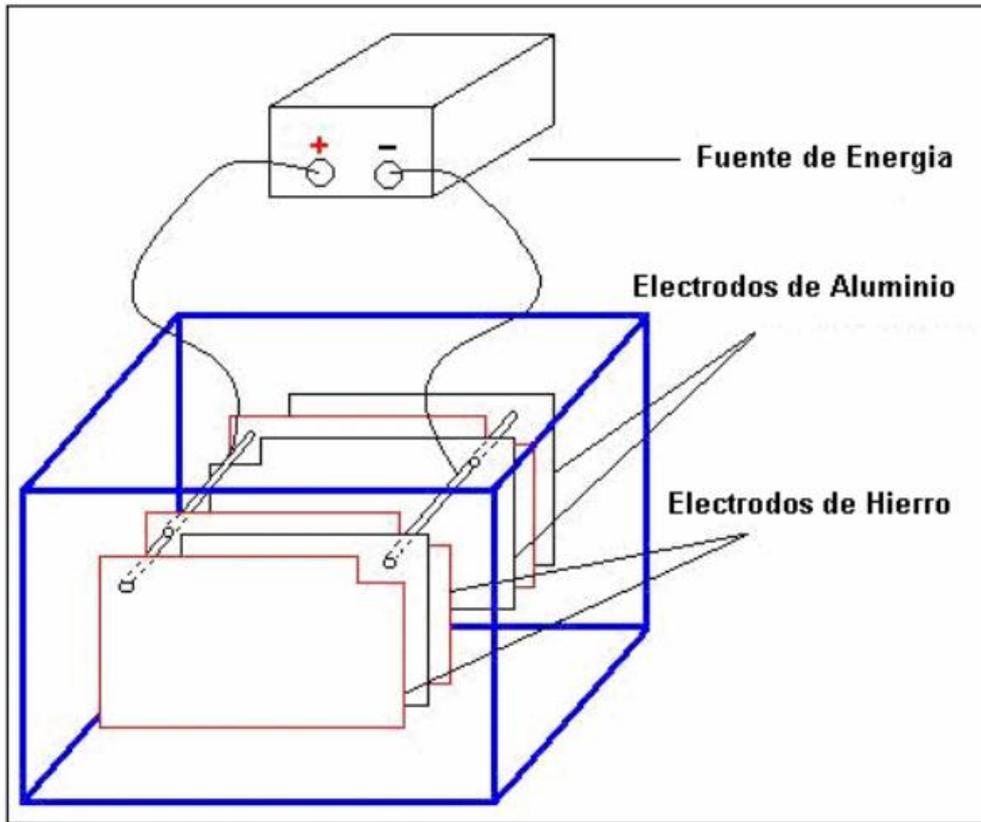


Figura N° 2: Reactor electrolítico

Eficiencia, con el desarrollo del modelo INPUT-MEDIADOR-OUTPUT-INPUT- (IMOI) de los autores (Ilgen, Hollenbeck, Johnson & Jundt, 2005), contemplaron un modelo de eficacia que se muestra en la figura 3 (Rojas, M., Jaimes, L., & Valencia, M., 2018).

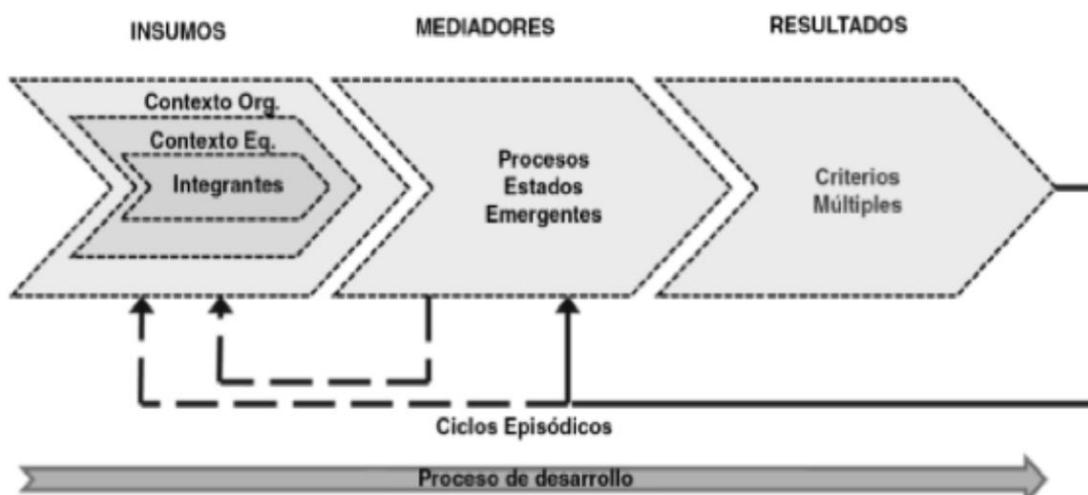


Figura N° 3: INPUT - MEDIADOR - OUTPUT - IMPUT (IMOI)

La eficiencia es considerada como la medición que se da a la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado, logrando una minimización de todos los recursos que puedan involucrarse.

La eficacia proviene de latín *efficientia*, que significa acción, fuerza, virtud de producir. Otros autores la consideran como un criterio económico que muestra la capacidad de gestión que se dio para lograr un resultado máximo, pero empleando para ello un mínimo de recurso, energía y tiempo.

Rentabilidad, considerado como el resultado de un activo en la generación de utilidad. Se logra su cálculo por medio de la relación que se da entre lo invertido y los beneficios obtenidos, luego de deducir comisiones e impuestos, expresándose dicha relación en términos relativos (Banco Central de Reserva del Perú, 2020).

La evaluación privada, contempla que se puede lograr la misma, gracias al análisis de la rentabilidad del proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2020).

Como Marco Legal, se consideran las siguientes normas:

- Ley N° 28611 - Ley General del Medio Ambiente en Perú
- Norma Técnica Peruana FERROALEACIONES. Ferrocromo NTP 341.039:1970 (Revisada el 2011)
- Norma Técnica Peruana FERROALEACIONES. Método de ensayo para determinación de cromo en ferro-cromo (método de fusión por peróxido de sodio) NTP 341.104:1975 (Revisada el 2011)
- Norma Técnica Peruana FERROALEACIONES. Método de ensayo para la determinación de silicio en ferro-cromo y cromo metálico (método de ácido sulfúrico) NTP 341.119:1975 (Revisada el 2011)
- Norma Técnica Peruana FERROALEACIONES. Ferrocromo silicio. NTP 341.051:1970 (Revisada el 2011)
- Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario Decreto Supremo N° 010 - 2019
- VIVIENDA

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada porque consiste en que mediante las teorías se pueden resolver problemas, los cuales se describen en el objetivo del estudio. (Arias, 2020).

El método de electrocoagulación para la reducción de Cr^{+6} en las aguas de curtiembre, usaran la aplicación de este tratamiento para remover el metal cromo de las aguas residuales.

Diseño de investigación

El diseño es experimental, consiste en la manipulación intencional de la variable independiente, para analizar los posibles resultados, en un contexto donde el investigador controle la situación, (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

La variable independiente es el tratamiento de aguas residuales de curtiembre por electrocoagulación y las dimensiones son eficiencia y rentabilidad de la remoción del Cr^{+6} , usando este método.

Además, el enfoque del estudio es cuantitativo, debido a que engloba un conjunto de procesos, que deben seguirse de forma secuencial. En cada una de las fases del proceso surgen objetivos que permiten establecer hipótesis y determinar variables. Que posteriormente serán medidas para lograr resultados y definir conclusiones. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

El nivel de investigación es explicativo, posee la característica de definir causa – efecto entre sus variables, las cuales son variable independiente y dependiente (Arias, 2020). Permiten explicar la ocurrencia de un fenómeno y bajo qué condiciones este se manifiesta u ocurre y la relación que existe entre las variables, (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.2. Variables y operacionalización.

Variable dependiente

- Eficiencia y rentabilidad de la remoción del Cr^{+6} .

Variable independiente

- Tratamiento de aguas residuales de curtiembre por electrocoagulación.

En la Tabla N° 01, se muestra la matriz de operacionalización de variables.

Tabla N° 01: Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	TIPOS DE VARIABLES
Dependiente: Eficiencia y rentabilidad	EFICIENCIA: “la eficiencia permite establecer, una relación entre recursos utilizados y resultados obtenidos en un lapso de tiempo específico” Cegarra (2015, p. 243) RENTABILIDAD: La rentabilidad es la interrelación existente entre la utilidad y la inversión necesaria para lograr un determinado producto o resultado (América Ivonne Zamora Torres 2008)	Los resultados obtenidos se medirán en función a los intervalos de tiempo asignado y establecidos, determinando la eficiencia y rentabilidad se tendrá en cuenta la intervención de los recursos económicos invertidos en el proceso de ejecución para realizar la valorización y determinar la recuperación monetaria de estos recursos y estos datos serán medidos y procesados por el uso de hojas de cálculo y un software estadístico SPSS V 25.0.	Eficiencia	Resultado alcanzado	Calificación	Nominal
				Costo real	Soles	Razón
				Tiempo invertido	Horas	Razón
				Resultado previsto	Calificación	Razón
				Costo previsto	Soles	Razón
				Tiempo previsto	horas	Razón
				Inversión total	Soles	Razón
			Rentabilidad	Presupuesto de ingreso	Soles	Razón
				Presupuesto de egreso	Soles	Razón
				Flujo de caída	Soles	Razón
Valor actual neto	> 1 Ejecutable	Nominal				
Tasa interna de retorno	> 1 Ejecutable	Nominal				
Independiente: Tratamiento de aguas residuales de curtiembre por electrocoagulación	Es un método que utiliza los procesos de coagulación – floculación en un reactor electrolítico, y una fuente de energía de corriente eléctrica y electrodos que pueden ser de Aluminio o Hierro, los electrodos interactúan con la solución acuosa. Las partículas coloidales de la solución se desestabilizan con las adiciones de los iones multivalentes, provocando su floculación, también se produce una solución con iones negativos, se liberan elementos	El tratamiento de aguas residuales de curtiembre por electrocoagulación se llevara a cabo siguiendo una secuencia de pasos que iniciaran con la toma de muestras procedentes de aguas residuales de curtiembre haciendo registro de parámetros como pH, temperatura y conductividad eléctrica posteriormente se analizará las muestras en laboratorio para determinar el Cr ⁺⁶ inicial y Cr ⁺⁶ final , luego se procederá a aplicar el método de electrocoagulación y una vez concluido se analizará sus	Cromo Hexavalente	Cromo Inicial	mg/L	Razón
				Cromo Final	mg/L	Razón
			Parámetros de operación	pH del agua	pH	Razón
				Temperatura	°C	Razón
				Tiempo del tratamiento	Minutos	Razón
				Tensión Eléctrica	Voltios	Razón
				Intensidad Eléctrica	Amperios	Razón
				pH de la celda	pH	Razón

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	TIPOS DE VARIABLES
	que al reaccionar con otros elementos presentes en los contaminantes en la solución tienden a precipitarse. En las láminas que hacen la función de electrodos se producen burbujas de tamaño reducido que se anexan a los flóculos transportándose hacia la superficie donde se produce una espuma que puede ser retirada en un proceso posterior. (Morante G. G., 2002).	resultados y se realizara una comparación de concentración de Cr ⁺⁶ pre y post tratamiento .		Conductividad	mS/cm	Razón
Cantidad de energía consumida				Kw/h	Razón	

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La siguiente investigación tiene como población, el agua residual de curtiembre, ubicada en el distrito de Cerro Colorado, teniendo como coordenadas UTM: Zona 19 K, Norte: 8190023 y Este: 0222938. La ubicación de la curtiembre podemos visualizar en la Figura N°4

Se observa que la curtiembre genera un volumen de agua residual, el cual se visualiza en la Tabla N°02

Tabla N° 02: Volumen de agua residual generado por la curtiembre.

	Mensual	Semanal	Diario
Volumen de agua residual	18m ³	4.5 m ³	0.7 m ³



Figura N° 4: Ubicación del punto de muestreo de agua residual de curtiembre

Muestra

Se recopilará 12,5 litros de agua residual provenientes del proceso de curtido de pieles, debido a que la muestra representa a toda el agua residual del proceso que se realiza en la curtiembre.

Muestreo

El tipo de muestreo es no probabilístico ya que es por conveniencia sin reposición y Ministerial N° 273 – 2013 – VIVIENDA, que establece los requisitos y procedimientos adecuados para realizar la toma de muestra de aguas residuales. Los requisitos que se debe tomar en cuenta es la ubicación del recojo de la muestra, implementos de seguridad, los equipos, rotulado y la cadena de custodia para el llenado de los datos. Para la ejecución del muestreo en la curtiembre, se realizó las coordinaciones previas, para solicitar la autorización de la extracción de la muestra.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

La técnica, que se desarrollo es la de la observación, se registró datos que fueron validados y confiables en situaciones percibidas por el investigador. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), empleando juicio de experto, es que muestras ello en el Anexo N°11, a pesar de ser una ficha documental. Para ello se da la utilización de fichas documentales, que registran el conjunto de datos que determinaran los resultados.

Instrumentos de recolección de datos

A continuación, se detalla en la Tabla N° 03 los instrumentos de recolección de datos:

Tabla N° 03: Instrumentos de recolección de datos.

Técnica	Instrumentos de recolección de datos
Observación	Ficha N°1: Registro de datos del monitoreo y muestra de cromo hexavalente en agua residual. Anexo N°12.
	Ficha N° 2: Registro de datos de las pruebas de laboratorio de electrocoagulación con placas de aluminio. Anexo N°12.
	Ficha N° 3: Registro de la concentración de cromo hexavalente pre y post tratamiento de electrocoagulación. Anexo N°12.

Ficha N°01: Registro de datos de monitoreo que tuvo como función básica la recolección de datos, como la ubicación geográfica en coordenadas UTM, así mismo de parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, conductividad eléctrica y concentración inicial de Cr⁺⁶.

Ficha N°02: Se hizo un registro de datos del proceso de aplicación del método de electrocoagulación y el agua a tratar.

Ficha N°03: Se hizo un registro de datos de la concentración final e inicial y el resultado final de diferencia de concentraciones de Cr⁺⁶, del agua residual que ha sido tratada por el método de electrocoagulación.

3.5 Validez

La validez fue realizada por expertos en la materia de investigación, se verifico la coherencia y claridad y confiabilidad de acuerdo a los objetivos y metodología planteados en la investigación. Los instrumentos deben medir la variable de interés para tener una validez, (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Se puede visualizar el promedio de validez en la Tabla N°04.

Tabla N° 04: Validación de los instrumentos de recojo de datos.

Apellidos y Nombres	CIP	I1	I2	I3	% de Validez	Promedio de Validez
Acosta Suasnabar Eusterio Horacio Alfaro	25450	80%	80%	80%	80%	90%
Rodríguez Carlos Humberto	37913	95%	95%	95%	95%	
Aliaga Martínez María Paulina	59443	90%	95%	95%	94%	

3.6. Confiabilidad

La confiabilidad permite que los instrumentos sean de fiabilidad en cuanto a la recolección de datos que se obtendrán al realizar los estudios de la eficiencia y rentabilidad del tratamiento de electrocoagulación en aguas residuales de curtiembre, Arequipa. Los datos recolectados pre y post tratamientos fueron analizados en el laboratorio ALAB E.I.R.L , siendo este un laboratorio acreditado por INACAL lo cual garantiza que los resultados obtenidos son consistentes, coherentes y confiables.

3.7. Procedimiento

La unidad de estudio es Cr⁺⁶ en las aguas residuales de curtiembre, proveniente del curtido de pieles.

Primera Etapa

La primera etapa consistió en la adquisición de los materiales necesarios para la elaboración de la celda electrolítica de electrocoagulación y los componentes adicionales relacionados a la funcionalidad de la celda se pueden ver en la Tabla N° 05.

Tabla N° 05: Listado de materiales y equipos.

Número de Etapa	Materiales	Equipos
Primera Etapa y Segunda Etapa.	<ul style="list-style-type: none">● 8 placas de aluminio de 12x12cm● 1 pecera de 30x20x20● 1 válvula de paso de plástico de ¾● 1 niple de ¾● 1 tubo de silicona multiusos● 8 pinzas tipo cocodrilos● 1 cinta teflón● 1 cinta aislante● 9.6m de cable n°8	<ul style="list-style-type: none">● 1 transformador de 40 Voltios y 14 Amperios
Tercera Etapa Monitoreo y toma de muestras.	<ul style="list-style-type: none">● 1 envase estéril de 10 litros de capacidad.● 1 Frasco de 0.5lt para toma de muestra● 1 cooler● preservantes (NaOH y Buffer de Cr)● 1 jarra de 1lt● Guantes de nitrilo● Cascos de seguridad● Lentes de seguridad● Zapatos de seguridad● Chalecos de seguridad	<ul style="list-style-type: none">● 1 medidor de pH metro HANNA● 1 GPS GARMIN● 1 multiparametro WTW

Cuarta Etapa	<ul style="list-style-type: none"> ● 2 frascos para muestra de 0.5lt ● Celda electrocoagulación ● 1 transformador de 40v y 14 ● 1 jarra de 1lt ● Extensión con supresor de picos 	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 medidor de pH metro HANNA ● 1 GPS GARMIN ● 1 multiparametro WTW
---------------------	---	---

Segunda Etapa

La segunda etapa consistió en la preparación de los materiales para la elaboración de la celda electrolítica de electrocoagulación. Se realizó el seccionamiento de las placas de aluminio que cuentan con las siguientes dimensiones de 12 x 12 cm con un espesor de 3 mm siendo un total de 8 placas, posteriormente realizó la instalación y conexión de las pinzas cocodrilo a las placas siendo alimentadas por el transformador de 40 voltios y 15 amperios. Cabe resaltar que en esta etapa se da una liberación de iones (Camaño y Maestre, 2004), por lo que el pH se reduce.

Tercera Etapa

La tercera etapa consistió en la obtención de muestras de aguas residuales de curtiembre ubicada en el distrito de Cerro Colorado-Arequipa, se recolectó 0.5 L de agua residual siendo esta nuestra muestra inicial y 12 litros que fueron destinados y usados en nuestro proceso de electrocoagulación, teniendo en cuenta la medición de parámetros de campo como pH, temperatura y conductividad, la muestra inicial fue rotulada, preservada y posteriormente transportada a laboratorio para su análisis. Mientras que la muestra representativa fue almacenada a temperatura ambiente, hasta una vez conocidos los resultados de laboratorio de la muestra inicial se procedió a dar inicio con las pruebas de piloto en la celda electrolítica

Cuarta Etapa

La cuarta etapa consistió con el inicio de las pruebas en la celda electrolítica, las cuales siguieron la presente secuencia, se procedió a una primera prueba que tuvo como volumen 4 litros de agua residual de curtiembre que se introdujeron a la celda de electrocoagulación y sometidas al proceso de electrocoagulación por un lapso de tiempo de 15 minutos, la fuente de alimentación del transformador se mantuvo constante a 40 voltios y 15 amperios. La segunda prueba tuvo un volumen de agua

de 4 litros de agua residual de curtiembre que se introdujeron a la celda electrolítica, sometidas al proceso de electrocoagulación por un lapso de tiempo de 30 minutos la fuente de alimentación se mantuvo con 40 voltios y 15 amperios. La tercera prueba tuvo un volumen de agua de 4 litros de agua residual de curtiembre que se introdujeron a la celda electrolítica, sometidas al proceso de electrocoagulación por un lapso de tiempo de 45 minutos, la fuente de alimentación se mantuvo con 40 voltios y 15 amperios. Finalizando el proceso de aplicación del método de electrocoagulación de agua residuales se obtuvo tres muestras cada una de 0.5 L, la primera pertenece al tratamiento de 15 minutos, la segunda al tratamiento de 30 minutos y la tercera al tratamiento de 45 minutos. Para verificar la rentabilidad y eficiencia en la reducción de Cr^{+6} , se analizará el parámetro inorgánico de Cr^{+6} en la primera, segunda muestra y tercera muestra, además de registrar parámetros físicos y consumo energético en las tres pruebas.

Se puede observar en la Figura N° 05 de forma ordenada cada una de las etapas realizadas y en la Figura N°06 la celda de electrocoagulación ya terminada.

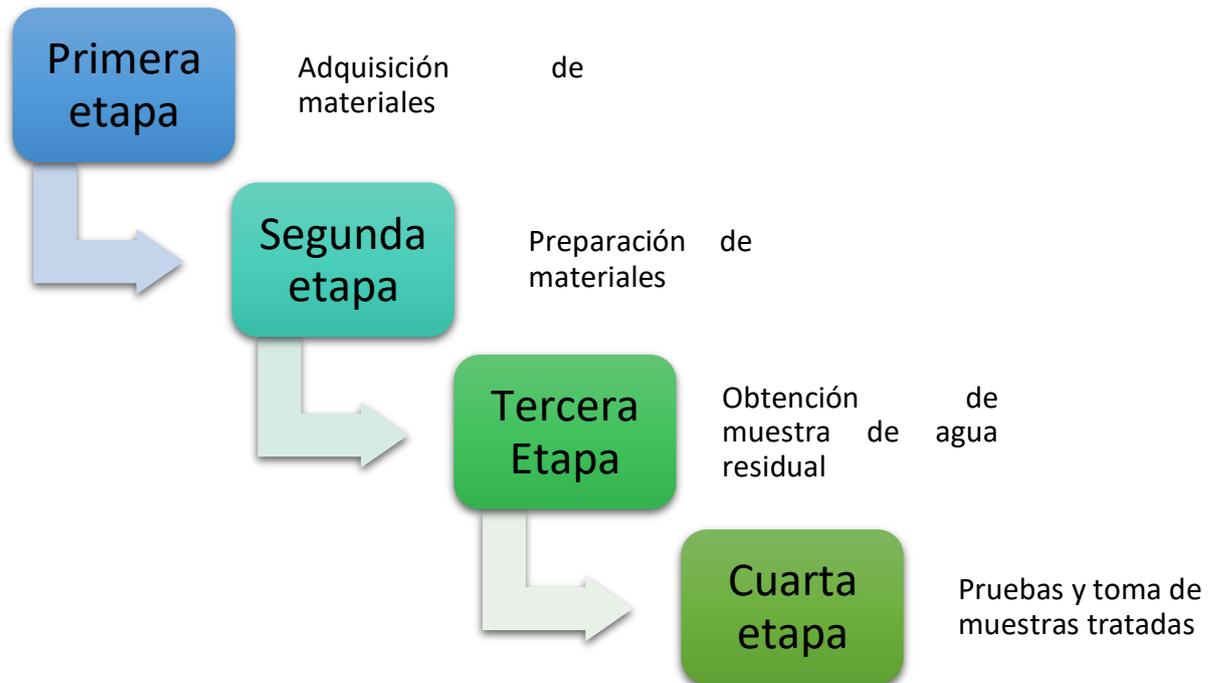


Figura N° 5: Diagrama de proceso de tratamiento de electrocoagulación aplicado a aguas residuales de curtiembre.

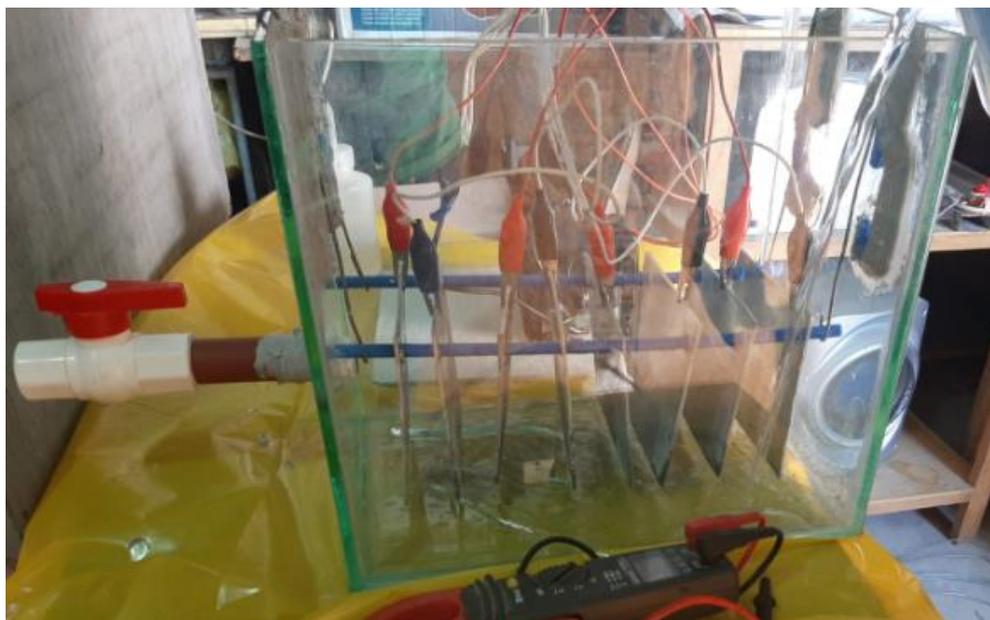


Figura N° 6: Celda de electrocoagulación

3.8. Método de análisis de datos

El análisis se llevará a cabo con los siguientes equipos: un pH metro HANNA, multiparámetro con sonda de conductividad WTW. Y se determinará el uso de hojas de cálculo y un software estadístico SPSS V 25.0 para la comprobación de las hipótesis, por medio del estadístico ANOVA.

3.9. Aspectos éticos

Se contempla lo establecido en el reglamento de la Universidad, utilizando el formato correspondiente ISO 690 (Organización Internacional de Normalización). Además de la revisión por el programa Turnitin para la verificación y comprobación de la no existencia de plagio del proyecto de investigación. Se consideró también el código de ética en investigación de la Universidad Cesar Vallejo, que se sustenta en el código internacional de conducta y buenas prácticas del Committee on Publication Ethics, COPE, basadas en la rigurosidad y transparencia de la investigación científica, dada por resolución de consejo universitario N°0126-2017/UCV, que señala el código de ética y en el artículo 15, de la política anti plagio. Toda la información se da para los fines académicos exigidos por ley.

La presente investigación tiene como fin primordial la reducción de la concentración de metales como el Cr^{+6} en efluentes industriales relacionados con la industria de

curtido de pieles, haciendo uso de métodos alternativos que a lo largo de su aplicación lograron demostrar su eficiencia, siendo un claro ejemplo el método de electrocoagulación. Que permite mantener el recurso hídrico en condiciones favorables para el beneficio de la población y el medio ambiente.

El uso del recurso hídrico en los procesos industriales del curtido de pieles, es de carácter indispensable y esto conlleva al uso de grandes volúmenes de agua sean modificados en sus características físicas y químicas por la presencia de agentes químicos como es el Cr^{+6} , sin embargo, se debe tener en cuenta que la concentración de metales como el Cr^{+6} en las aguas residuales de los efluentes industriales puede estar ligado a la contaminación si no se cumplen los estándares establecidos. Por lo tanto, la aplicación del método de electrocoagulación, podría prevenir enfermedades relacionadas a la presencia del Cr^{+6} en cuerpos de agua.

IV. RESULTADOS

A partir de los objetivos planteados se presentan los siguientes resultados.

4.1 Concentración de Cr⁺⁶ presente en las aguas residuales de curtiembre pre y post tratamientos de electrocoagulación.

Tabla N° 06: Resultado de Cr⁺⁶ en las aguas residuales de curtiembre pre y post tratamiento.

Parámetro	Unidad de medida	Pretratamiento	Post tratamiento		
		Inicio	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Cromo Hexavalente	mg/L	0.87	0.56	0.16	<0.010
Tensión eléctrica	V	0	40	40	40
Intensidad eléctrica	A	0	14	14	14
Densidad eléctrica	A/m2	10.42	10.42	10.42	10.42
Tiempo	Min	0	15	30	45
Horario de inicio	-5 GMT/UTC	08:00	08:10	08:05	08:00

Los resultados mostrados en Tabla N°06 que se relacionan con el objetivo específico primero, que es la determinación del nivel de la concentración del Cr⁺⁶ en las aguas residuales de curtiembre, se muestran que en el pre - tratamiento se cuenta con 0.87 mg/L de Cr⁺⁶, sin embargo, en las etapas de post tratamiento va disminuyendo la concentración del Cr⁺⁶ hasta llegar al tratamiento N°03, con menos del 0.010 de mg/L de Cr⁺⁶ presente en la muestra. Se logra interpretar por los resultados que, si hay una disminución en el tratamiento N°03, en comparación con los anteriores. Las diferenciaciones, se presentan en las figuras N°07, N°08, N°09, N°10 y N°11.

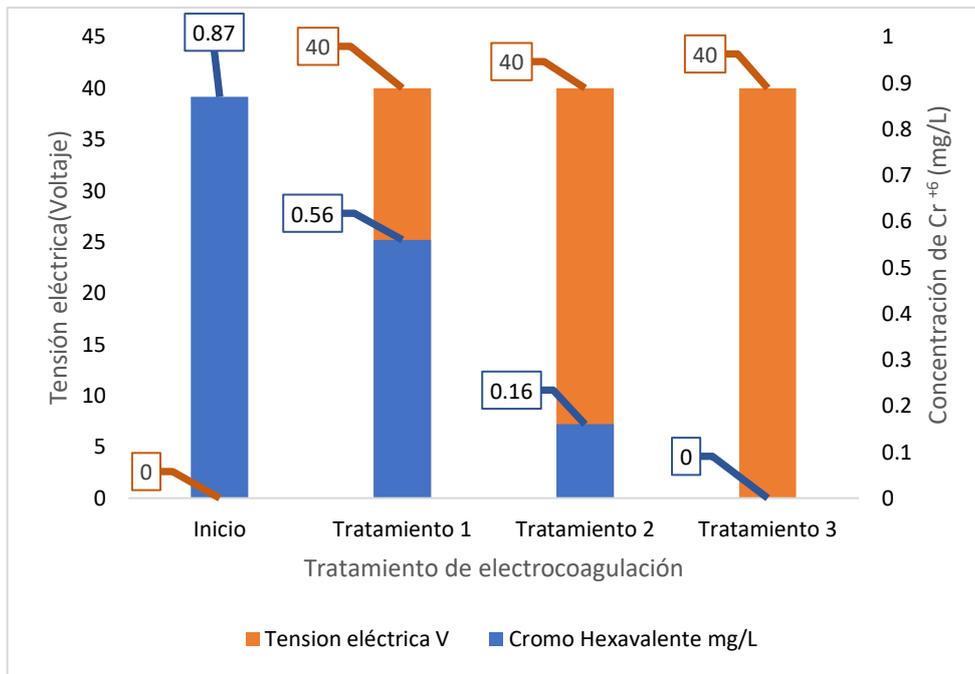


Figura N° 7: Variación de la concentración de Cr +6 en función de la tensión eléctrica desde el inicio hasta el tratamiento N°03

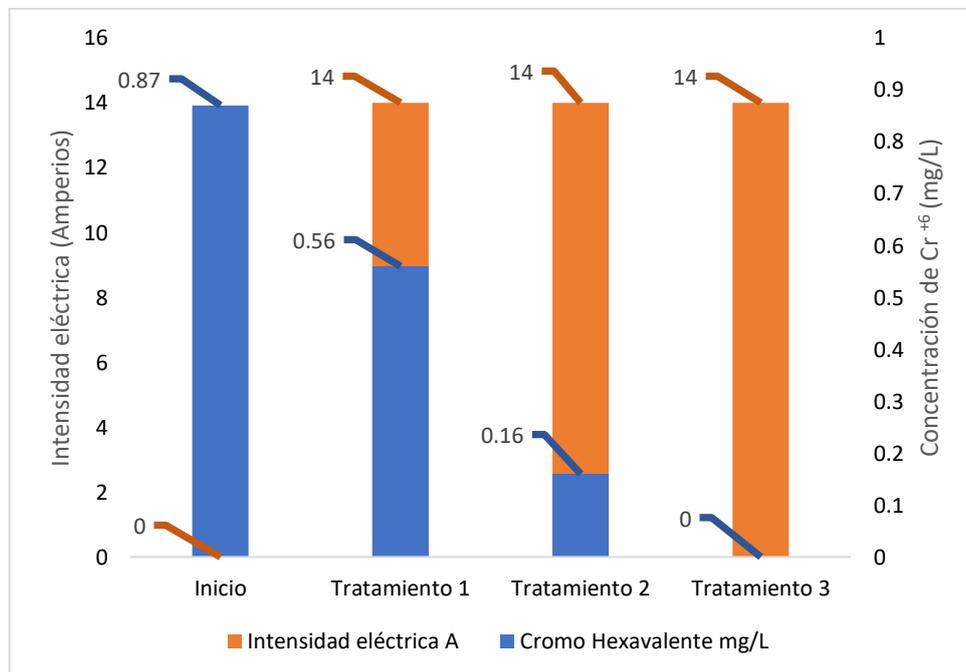


Figura N° 8: Variación de la concentración de Cr+6 en función de la intensidad eléctrica desde el inicio hasta el tratamiento N°03.

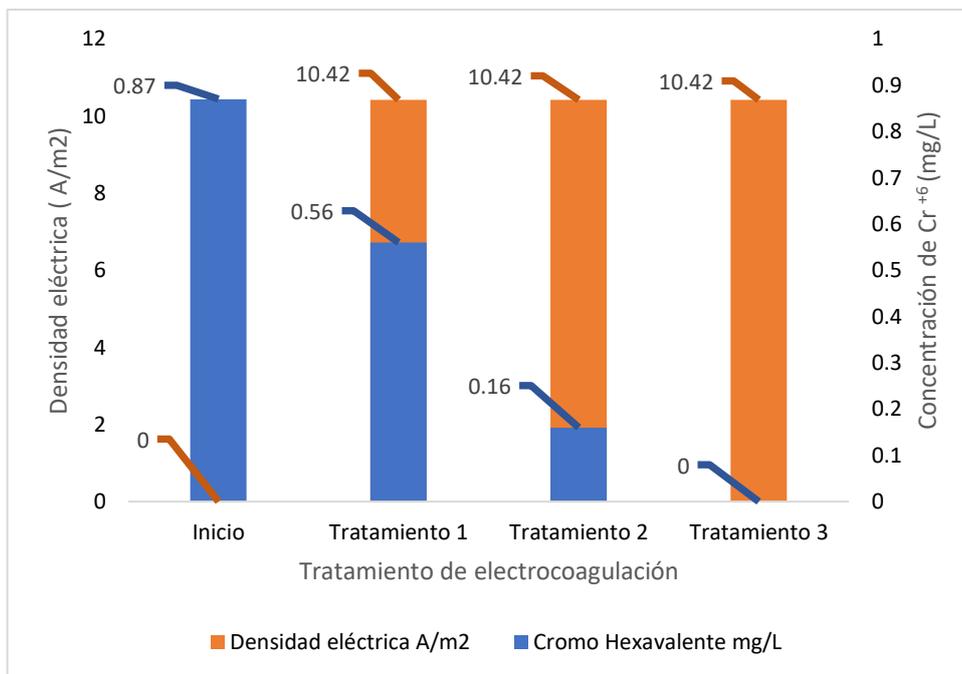


Figura N° 9: Variación de la concentración de Cr⁺⁶ en función de la densidad eléctrica desde el inicio hasta el tratamiento N°03.

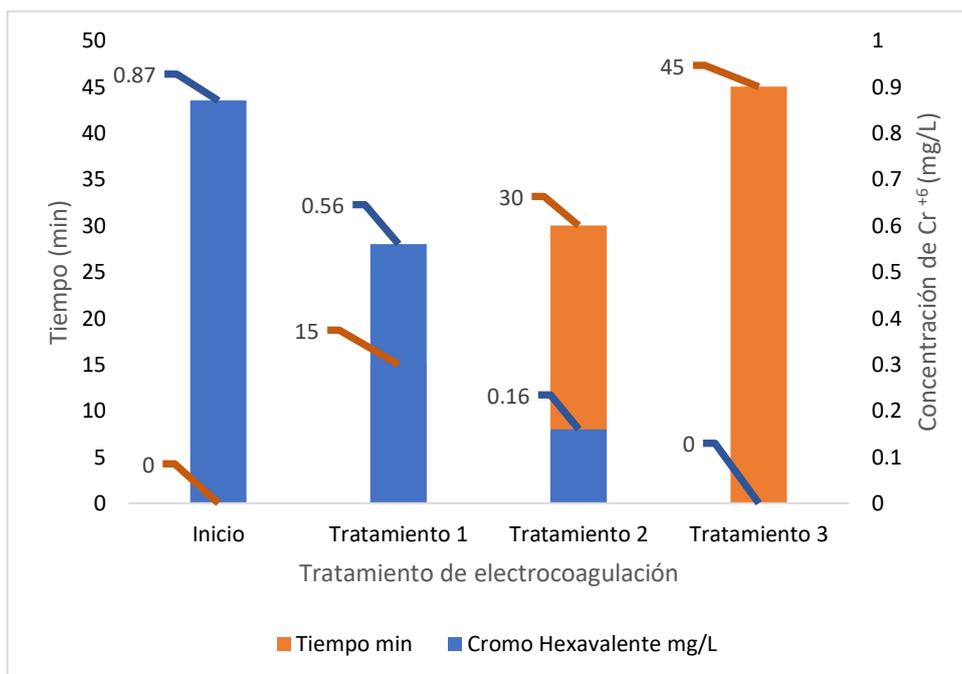


Figura N° 10: Variación de la concentración de Cr⁺⁶ en función del tiempo desde el inicio hasta el tratamiento N°03

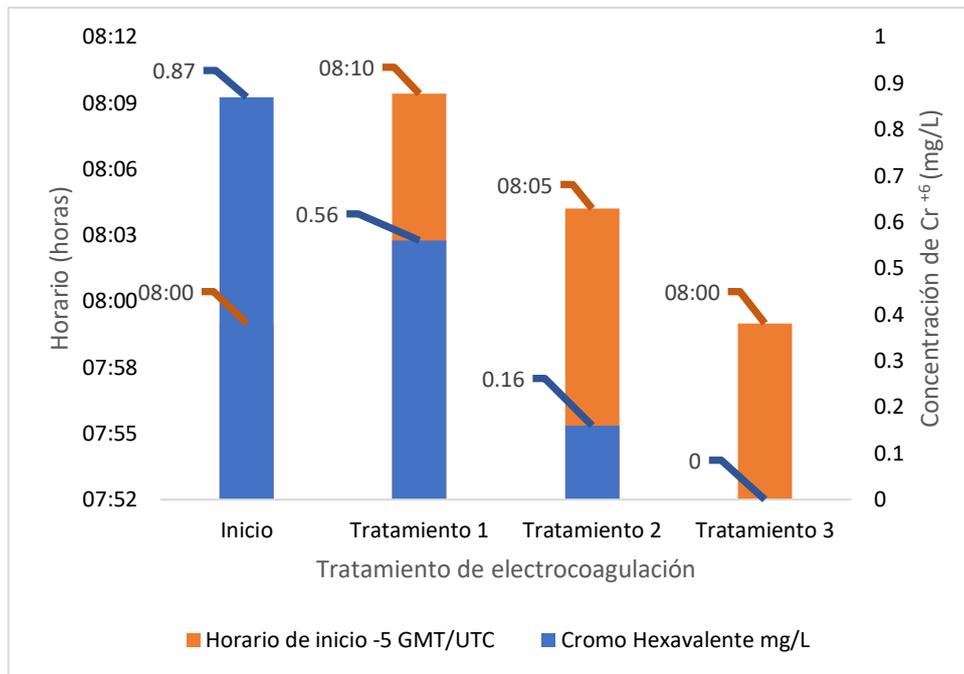


Figura N° 11: Variación de la concentración de Cr⁺⁶ en función del horario desde el inicio hasta el tratamiento N°03.

4.2 Parámetros de operación de tratamiento de aguas residuales de curtiembre con el método de electrocoagulación.

Tabla N° 07: Comparación de resultados entre VMA de agua residual no domestica pospruebas.

Parámetro	Unidad de medida	VMA agua residuales no domesticas D.S.- N.º 010-2019-VIVIENDA	Post – prueba 1	Post prueba - 2	Post prueba - 3
Cromo Hexavalente	mg/L	0.5	0.54	0.16	<0.010

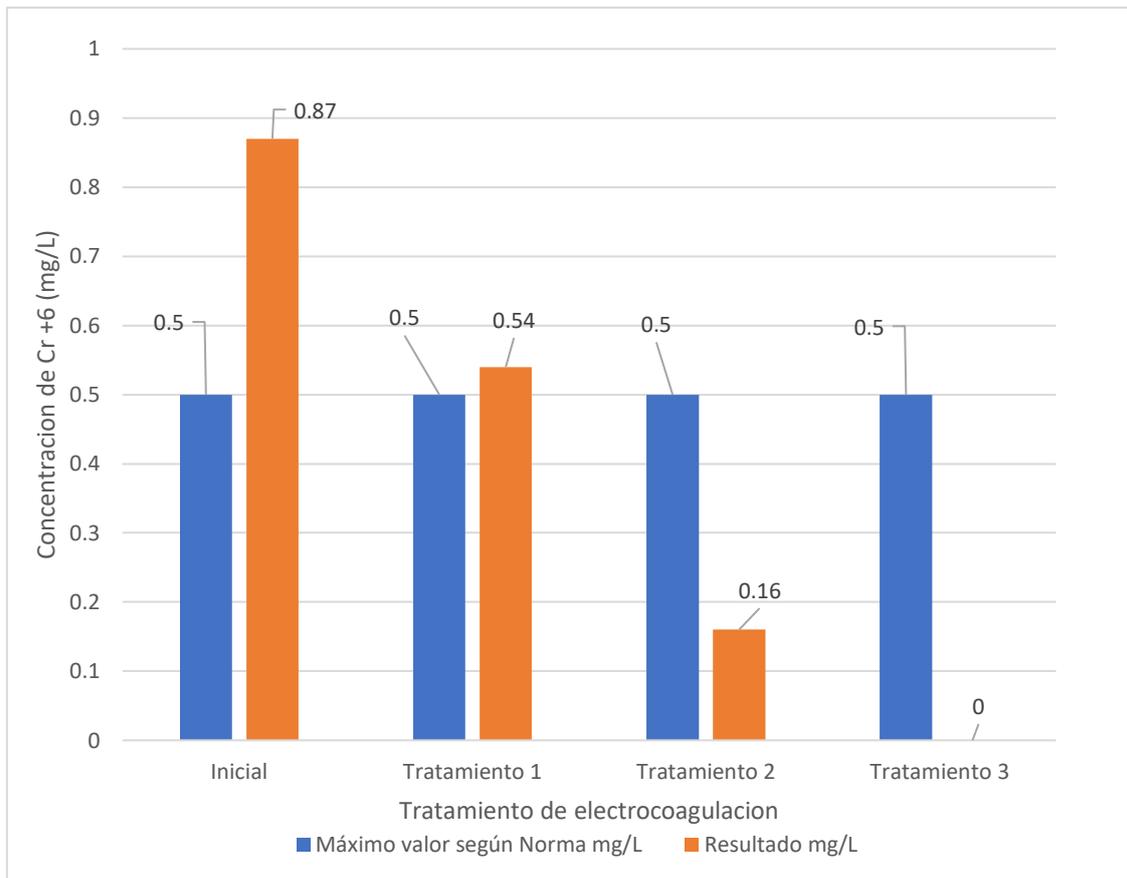


Figura N° 12: Comparación de resultados entre VMA agua residual no doméstica y post pruebas

En la Tabla N° 07, se muestran los resultados relacionados con el objetivo específico segundo, con el cual se determinan los parámetros de operación para el método de electrocoagulación en la reducción del Cr^{+6} en las residuales de curtiembre, donde se aprecia, en la tercera prueba, registros de 0.010 de mg/L de Cr^{+6} . En el tratamiento N°2 y N°3, la concentración, se presenta por debajo de la norma D.S.- N.º 010-2019-VIVIENDA.

Con los resultados, se deja evidencia que si se presenta una reducción del cromo hexavalente. Corresponde revisar la situación económica, para interpretar su posible implementación.

Tabla N° 08: Parámetros de control del método de electrocoagulación.

Pruebas	Tiempo (min)	Tensión eléctrica V	Intensidad eléctrica A	Densidad Eléctrica A/m ²	Cantidad de energía consumida Kw/h
Tratamiento 1	15min	40V	14A	10.42	0.014
Tratamiento 2	30min	40V	14A	10.42	0.028
Tratamiento 3	45min	40V	14A	10.42	0.042

En la Tabla N° 08, se aprecian los resultados del consumo de energía que se presenta por cada una de los tratamientos que se desarrolló, estas conllevan a un registro mayor, que es equivalente según tiempos, como se muestra en la figura N°13.

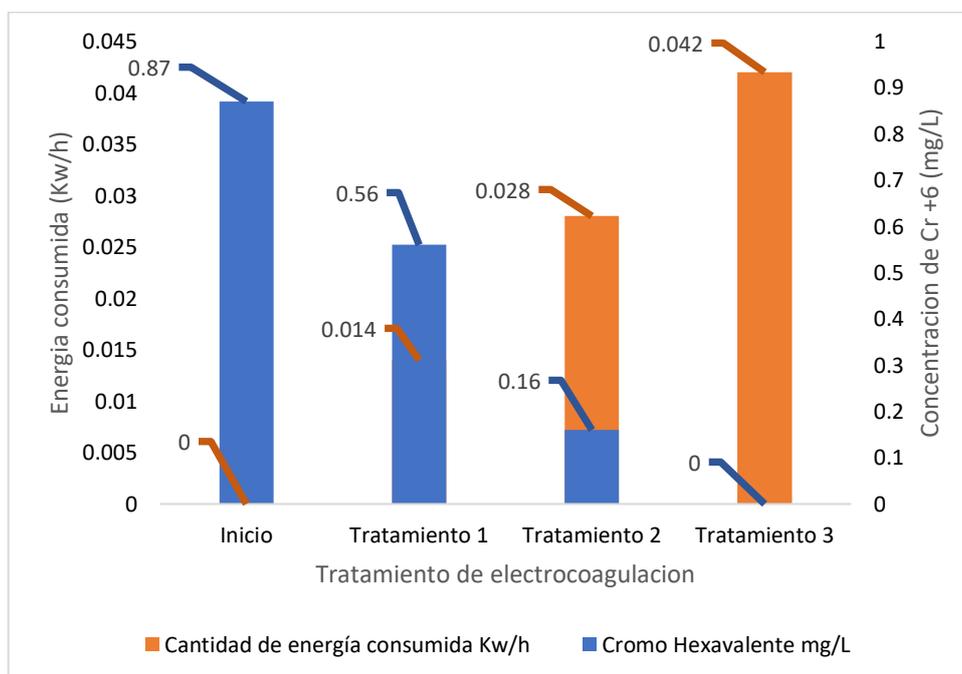


Figura N° 13: Concentración de Cr +6 y la cantidad de energía consumida por tratamiento.

4.3 Eficiencia de remoción de Cr^{+6} presente en las aguas residuales de curtiembre.

En la Figura N° 14, se muestran los resultados relacionados con el objetivo específico cuarto con el cual se determina eficiencia de remoción de Cr^{+6} presente en las aguas residuales de curtiembre donde se aprecia que empleando el método de electrocoagulación se logra la remoción de Cr^{+6} en un 86% siendo este porcentaje el valor más alto de remoción en comparación con las pruebas N° 1 y N° 2 que se obtuvieron 31 %y 71% respectivamente , lo que evidencia que la eficiencia del método de electrocoagulación en la reducción de Cr^{+6} presente en las aguas residuales de curtiembre es alta , a continuación se muestran los resultados obtenidos:

- 15 minutos redujo en 31% la presencia de Cr^{+6} , cada minuto se reduce en un 2.067%.
- 30 minutos redujo en 71%, la presencia de Cr^{+6} cada minuto se reduce en un 2.367%.
- 45 minutos redujo en 86%, la presencia de Cr^{+6} cada minuto se reduce en un 1.911%.

Por ello en la Figura N° 14, se muestra cómo es que se ha reducido la Concentración Cr^{+6} .

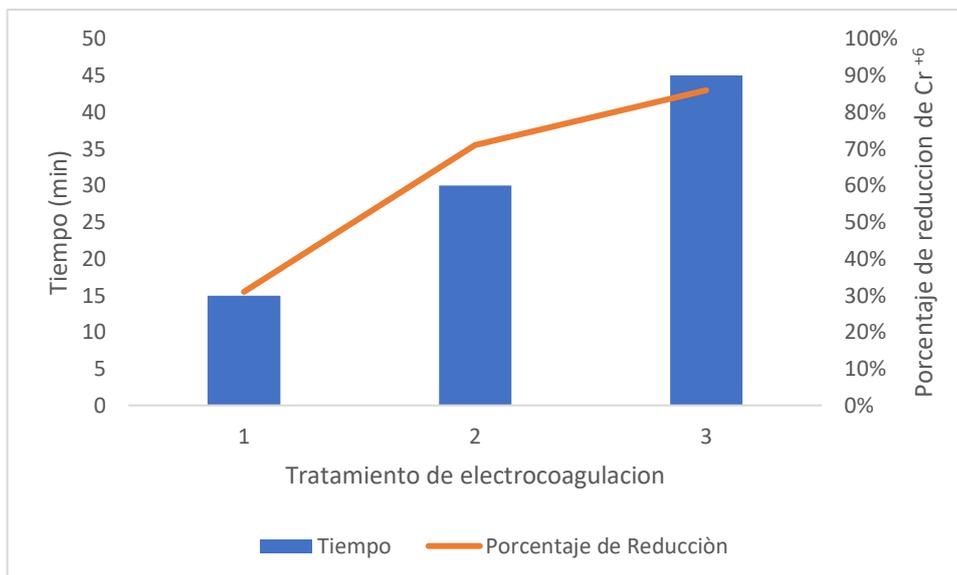


Figura N° 14: Tiempo y reducción de concentración

El porcentaje en que se reduce la concentración, es la muestra de una rentabilidad, pues es mucho menor el recurso económico para la reducción del Cromo Hexavalente, que la recuperación del valor de terreno que se puede ver afectado por la penetración del cromo.

La eficiencia de las variables (pH, temperatura y conductividad) va disminuyendo a medida que el tiempo en el proceso de electrocoagulación del cromo hexavalente disminuye, sin embargo, en toda la mayoría del porcentaje de eficiencia supera el 50% lo cual indica que se mantiene dentro del margen óptimo de eficiencia.

El porcentaje de variación del pH, la temperatura y la conductividad se presenta en la Tabla N° 09

Tabla N°09: Variación de los recursos

TRATAMIENTO	VARIACIÓN pH	VARIACIÓN TEMPERATURA °C	VARIACIÓN CONDUCTIVIDAD mS/cm
1° Prueba	3.9	14	-3.07
2° Prueba	5.2	27	-3.13
3° Prueba	5.9	28	-3.22

Al momento de realizar el proceso de electrocoagulación del cromo hexavalente se vieron involucradas algunas variables como el pH, la temperatura, la conductividad, la variación de las variables se puede visualizar en la Tabla N°09; las mismas que fueron parte fundamental del pre tratamiento y post tratamiento de la electrocoagulación del cromo hexavalente. Entonces es necesario un análisis de la variación de cada uno de estos recursos.

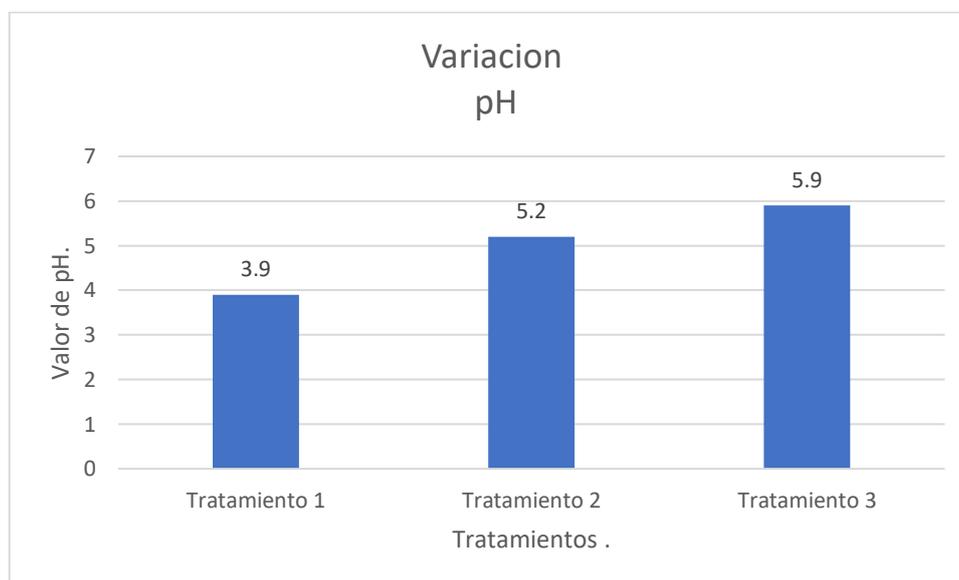


Figura N° 15: Variación de pH por tratamiento

En la Figura N°15 se observa que la variación del pH va cambiando de tratamiento a tratamiento en el proceso de electrocoagulación del cromo hexavalente, lo que indica que mientras más tiempo se someta al proceso de electrocoagulación mayor será el porcentaje de pH.

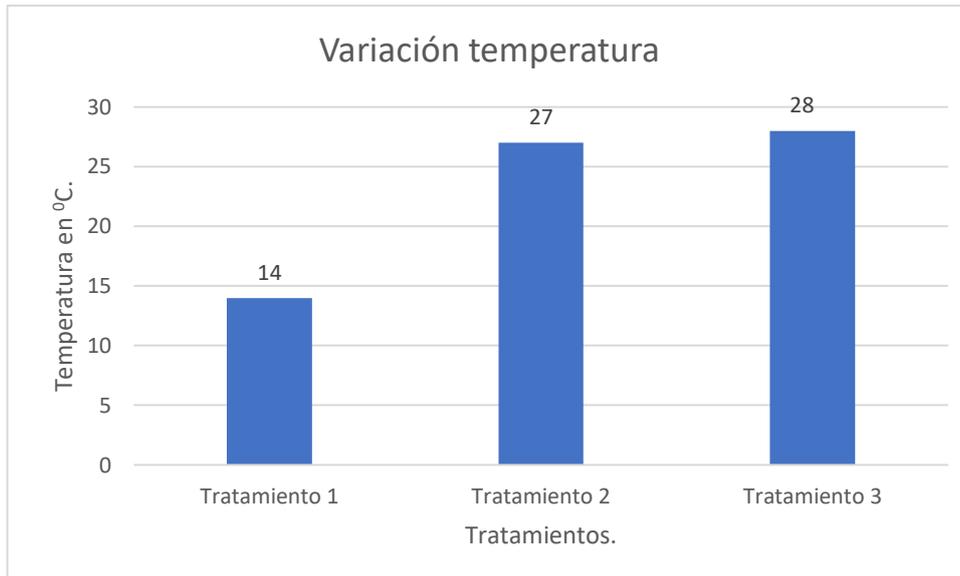


Figura N° 16: Variación de temperatura por tratamiento

En el proceso de la reducción del cromo hexavalente mediante la electrocoagulación se analiza la variación de la temperatura pues es un recurso clave para alcanzar la eficiencia en este proceso y como se observa en la Figura N° 16 del tratamiento N°01 al tratamiento N°02 se ve un aumento considerable, sin embargo, del tratamiento N°2 al tratamiento N°03 se ve la variación de un grado en la temperatura.

4.4 Rentabilidad económica del tratamiento de electrocoagulación.

Para lograr el tercer objetivo específico, que es determinar la rentabilidad económica para implementar el método de electrocoagulación en las aguas residuales de curtiembre, se tomará el mayor valor según la Tabla N°10 a calificación de la empresa generadora de energía eléctrica:

Tabla N° 10: BT5B Medición simple de energía activa

Límite de consumo	Período	Valor Kw/h
Hasta 30 Kw/h	Mes	S/0.47
Hasta 100 Kw/h	Mes	S/0.63
Más de 100 Kw/h	Mes	S/0.66
Valor de lectura	Mes	S/3.46
Valor de alumbrado público	Mes	S/3.70
Valor de alumbrado público adicionado por cada 100 Kw/h superado	Mes	S/ 3.70 + 0.6475

INDICE DE RENTABILIDAD

$$IR= VAC/VAR$$

Tabla N° 11: Índice de rentabilidad

Pruebas	Cantidad de energía consumida Kw/h	Costo	Concentración Cromo Hexavalente mg/L	Tasa de crecimiento	Índice de rentabilidad
			0.87		
Tratamiento 1	0.014	0.006643	0.56	-0.866369379	0.395911038
Tratamiento 2	0.028	0.013286	0.16		
Tratamiento 3	0.042	0.019929	0.01		

En la Tabla N° 11 se muestran los costos por cada tratamiento N° 01, N° 02 y N° 03 son: S/ 0.006643, S/ 0.013286 y S/ 0.019929, respectivamente, pues el consumo de energía está dado por los tiempos que se emplean, reconociendo que se da una rentabilidad, como indicador de 0.3959, es decir, permite la reducción del Cromo Hexavalente en este valor, por lo que es menor gastar en la electrocoagulación que en la recuperación de terreno, como se verá en el punto de propuesta.

Para determinar si hay diferencia estadística entre los resultados obtenidos, se procede a las siguientes pruebas estadísticas.

Tabla N° 12: Prueba de normalidad Shapiro - Wilk

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cantidad de energía consumida Kw/h	,175	3	.	1,000	3	1,000
Costo	,175	3	.	1,000	3	1,000
Concentración Cromo Hexavalente	,282	3	.	,936	3	,510

a. Corrección de significación de Lilliefors

Con un Nivel de confianza del 95%

En la Tabla N°12, se muestra, la prueba de normalidad Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% indica que se cumple el supuesto de normalidad con un estadístico de 1,000 la cantidad de energía consumida Para la concentración de Cr⁺⁶ y el costo generado en el proceso, además un estadístico de 0,510 para la medición después; $p > 0,05$.

PRUEBA T DE STUDENT.

Tabla N° 13: T de student

	Prueba de muestras emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Diferencias emparejadas				Inferior	Superior			
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
Par 1 Concentración Cromo Hexavalente - Cantidad de energía consumida Kw/h	,2153333	,2978747	,1719780		-,5246284	,9552951	1,252	2	,337

En la Tabla N°13, se realizó la prueba T de Student con un P valor de 0,037 que concluye en que no existe una diferencia significativa entre la concentración del Cr⁺⁶ y la cantidad de energía disponible que indica que existen algunas diferencias en las cuales el índice de rentabilidad se vio reflejado.

V. DISCUSIÓN

Tomando en cuenta los antecedentes recolectados de los proyectos de investigación, el método de electrocoagulación ha sido utilizado para la reducción de Cr^{+6} en soluciones de dicromato de potasio preparada y controlada en un laboratorio. La investigación fue realizada utilizando aguas residuales cuya procedencia es de un proceso industrial de curtido de pieles.

Para con el autor Mendocilla (2018), se llega a considerar que el pH se vuelve básico y se da una remoción del Cr^{+6} . Así también con el trabajo de Perales (2020), en los cuatro tratamientos se presentan resultados similares, a los desarrollados en la investigación actual, comprobando que, a mayor cantidad de tiempo, en la misma capacidad de voltaje se da una reducción de la concentración del Cr^{+6} . Con el autor Arboleda (2015), se presentan resultados donde la electrocoagulación si permite la remoción de Cr^{+6} , siendo el tiempo el mejor indicador para lograr la disminución de esta. Es Posada (2010), que en el caso de los metales pesados empleados en su trabajo, se muestra que la electrocoagulación tiene efectos en el Cr^{+6} . Para Niño y otros (2013), se llega a estar de acuerdo con ellos pues los resultados muestran también que la electrocoagulación si es un tratamiento eficiente para la remoción de metales pesados, al igual que Ruiz (2005), quien plantea que las aguas residuales, por medio de la electrocoagulación, tiene una alternativa óptima para que puedan ser empleadas como alternativa en las actividades de las personas, haciéndose énfasis en el cuidado que se le debe de dar al agua, como se plantea en la propuesta, no solo es demostrar la capacidad de remoción sino que es un método que permitirá no contaminar la tierra, cuyo costo de recuperación puede ser muy alto, entonces, no es solo la valorización del agua, sino el valor de la vida a este y el cuidado del medio ambiente, siendo una tecnología que se puede desarrollar y lograr rápidamente. También se debe señalar que la posición de Cuba Tello (2020), es aceptada por los resultados obtenidos, pues es la electrocoagulación la que permite la recuperación de aguas, al ser tratadas. Se tiene los resultados similares con Aguilar Ascón (2015), quien concluye que el tratamiento de aguas residuales industriales con electrocoagulación es efectivo en la remoción de contaminantes, por lo que se recomienda el uso del mismo en forma de protección del medio ambiente. En los trabajos de Bani-Melhem y otros (2012)

se aceptan sus resultados, pues la electrocoagulación, es efectiva en el tratamiento de aguas residuales. Para Barişçi y otros (2016), emplean 8 combinaciones para lograr resultados que concuerdan con todos los autores plasmados hasta el momento. Se comprueba los resultados plasmados con Díaz (2014), en su libro, donde presenta diferentes métodos electroquímicos empleados en el tratamiento del agua residual. En la revisión sistemática de Ghaitidak y otros (2013) se puede ver que las aguas se pueden reutilizar con diferentes métodos, siendo uno de estos la electrocoagulación. Se tiene una total aceptación de los autores Kotut, Ngángá & Kariuki (2011), quienes proponen que los costos de tratamiento de aguas grises pueden ser bajos.

VI. CONCLUSIONES

- Por los resultados obtenidos, antes de la aplicación de los tratamientos, es que se pudo determinar el nivel de concentración inicial del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre, siendo esta de 0.87 mg/L. Este valor es el que se muestra en las figuras como el inicio, antes de los tratamientos diferenciados en el tiempo que fueron sometidos, con una misma tensión eléctrica, intensidad eléctrica, y densidad eléctrica, dando como resultados una cantidad de energía consumida diferente para cada uno de los tres tratamientos aplicados.
- Se logra comprobar que al emplear igual cantidad de 40 V, 14 A y 10.42 A/m² en los tres tratamientos, se tiene una mejor reducción de la concentración del cromo hexavalente en un tiempo de 45 minutos, en este tiempo se obtiene un valor con los parámetros de operación que se reduce hasta en un 86% de lo que se presentó al inicio, es decir, antes de los tratamientos, entonces se concluye que a mayor tiempos menor concentración siendo este tiempo el de 45 minutos en el que se obtuvo el mejor resultado.
- Considerar que el prototipo empleado puede tratar alrededor de 12 m³ de agua por mes y que la curtiembre gasta alrededor de 20 m³ por mes, es que su uso e implementación no es elevada y debe de dejarse como un método ya implementado, pues los indicadores de evaluación económica son favorables, como es el caso de la tasa interna de retorno TIR, con un 628%
- La electrocoagulación para la reducción del Cr^{+6} en las aguas residuales de curtiembre, es un método favorable, desde la eficiencia, que se obtiene en 45 minutos, es decir, si se vertiera estos residuos a superficie, sería mayor el tiempo en recuperar y/o reparar el daño que se da, por eso, implementar este método es más rentable, si se compara con el valor de pérdida de una parte de la superficie que se diera; este tratamiento es alcanzable y sostenible, no solo por lo técnico, es decir, que se cuenta con el acceso a todo lo que se requiere para su implementación, sino que también por los

costos que se dan y se evitan, en caso de no cumplir con lo establecido en la legislación peruana, para el tratamiento de residuos, es más de menor costo la implementación que las multas por no desechar adecuadamente estos residuos.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda indagar la influencia de la tensión eléctrica y la intensidad eléctrica en el tratamiento de electrocoagulación.
- Se recomienda evaluar si el tratamiento de electrocoagulación es eficiente en efluentes industriales y domésticos.
- Se recomienda evaluar la eficiencia de electrodos de diferentes metales, para la aplicación del tratamiento de electrocoagulación en la remoción de diferentes parámetros de agua.
- Se recomienda evaluar los costos de la implementación del tratamiento de electrocoagulación a escala industrial.

VIII. PROPUESTAS

Para el desarrollo de una propuesta, con los resultados obtenidos, se toman en cuenta los valores de la Tabla N°14, en esta se puede simular el prototipo desarrollado en el trabajo, para que sea empleado en la industria, no solo por la recuperación o reutilización del agua, que es un producto vital, sino también la valorización de US\$ 10 por cada metro cuadrado que se evita contaminar, haciendo un cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Para evaluar la viabilidad económica del proyecto de inversión se procede a elaborar un flujo de caja, para el cual se consideró un horizonte de evaluación de dos años. Primero se colocan los ingresos y los egresos:

Tabla N° 14: Ingresos y egresos

Periodo	0	1	2
Ingresos Totales		S/. 4,584	S/. 4,584
Costos Totales		S/. 102	S/. 112

Luego de ello se calcula la depreciación, con los datos que se pueden visualizar en la Tabla N°15, que equivale a la división de la inversión en maquinaria y equipo entre el total de años del horizonte de evaluación como se aprecia en la ecuación:

Tabla N° 15: Depreciación

Periodo	0	1	2
Ingresos Totales		S/. 4,584	S/. 4,584
Costos Totales		S/. 102	S/. 112
Depreciación Maquinaria y Equipo		S/. 175	S/. 175

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Inversión maquinaria y equipo}}{\text{Horizonte de evaluación}}$$

$$\text{Depreciación} = \frac{350}{2} = 175$$

Luego se calcula el beneficio operativo o EBIT que consta de la resta de los ingresos totales menos los costos menos la depreciación de maquinaria y equipo

menos los gastos administrativos, los datos para calcular el beneficio operativo o EBIT se pueden visualizar en la Tabla N°16, así como se observa en la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{EBIT} &= \text{ingresos totales} - \text{Costos} - \text{depreciación de maquinaria y equipo} \\ &\quad - \text{los gastos administrativos} \\ \text{EBIT} &= 4584 - 102 - 175 = 4307 \end{aligned}$$

Tabla N° 16: Datos para el cálculo del beneficio operativo.

Periodo	0	1	2
Ingresos Totales		S/. 4,584	S/. 4,584
Costos Totales		S/. 102	S/. 112
Depreciación Maquinaria y Equipo		S/. 175	S/. 175
EBIT		S/. 4,307	S/. 4,297

Luego se hallan los impuestos que representan un egreso de efectivo. Ara este caso se calcula el impuesto a la renta con un monto del 29.5% que se aplica en el EBIT como se aprecia en la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Impuestos} &= \text{EBIT} * 29.5\% \\ \text{Impuestos} &= 4307 * 29.5\% = 1271 \end{aligned}$$

A continuación, se calcula el NOPAT (Net operating profit after taxes) o beneficio neto operativo después de impuestos que consta de la diferencia entre el EBIT y el impuesto como consta en la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{NOPAT} &= \text{EBIT} - \text{Impuesto} \\ \text{NOPAT} &= 4307 - 1271 = 3036 \end{aligned}$$

Se detalla en la Tabla N°17, el resultado del cálculo del NOPAT

Tabla N° 17: Beneficio neto operativo o NOPAT

Periodo	0	1	2
Ingresos Totales		S/. 4,584	S/. 4,584
Costos Totales		S/. 102	S/. 112
Depreciación Maquinaria y Equipo		S/. 175	S/. 175
EBIT		S/. 4,307	S/. 4,297
Impuesto		S/. 1,271	S/. 1,268
NOPAT		S/. 3,036	S/. 3,029

Luego se procede al cálculo del flujo de caja operativo que consta de la adición del NOPAT y la depreciación de la maquinaria y equipo como se aprecia a continuación:

$$\text{Flujo de caja operativo} = \text{NOPAT} + \text{Depreciación de maquinaria y equipo}$$

$$\text{Flujo de caja de operativo} = 3036 + 175$$

Finalmente se procede a elaborar el flujo de caja económico para lo cual se realiza la adición entre la inversión y el flujo de caja operativo como se ve a continuación:

$$\text{Flujo de caja económico} = \text{Inversión total} + \text{Flujo de caja operativo}$$

$$\text{Flujo de caja económico} = 0 + 3211$$

Teniendo los datos de la proyección de inversión, los cuales se pueden visualizar en la Tabla N°18, se realizan los cálculos para el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno.

Tabla N° 18: Proyección de inversión (S/).

Periodo	0	1	2
Ingresos Totales		S/. 4,584	S/. 4,584
Costos Totales		S/. 102	S/. 112
Depreciación Maquinaria y Equipo		S/. 175	S/. 175
EBIT		S/. 4,307	S/. 4,297
Impuesto		S/. 1,271	S/. 1,268
NOPAT		S/. 3,036	S/. 3,029
Flujo De Caja Operativo		S/. 3,211	S/. 3,204
I. Maquinaria y Equipo	S/. 350		
Flujo de Caja Económico	-S/. 350	S/. 3,211	S/. 3,204
Préstamo	S/.	-	
Cuota		S/.	S/.
Amortización de la Deuda		S/.	S/.
Interés		S/.	S/.
Escudo Fiscal		S/.	S/.
Flujo de Caja Financiero	-S/. 350	S/. 3,211	S/. 3,204

$$VAN = -I_0 + \frac{FC}{(1+K)^1} + \frac{FC}{(1+K)^2} + \frac{FC}{(1+K)^3} + \dots + \frac{FC}{(1+K)^n} > 0$$

$$VAN = -350 + \frac{3211}{(1 + 18\%)^1} + \frac{3204}{(1 + 18\%)^2}$$

$$VAN = 3217.55$$

Obtenido el Valor actual neto (VAN) se recomienda invertir pues se recuperará lo invertido y se generará un beneficio de 3217.55

Para el cálculo se aplica la siguiente fórmula:

$$TIR = \sum \frac{R}{(1+i)^t}$$

$$TIR = \sum \frac{3211 + 3204}{(1 + 18\%)^2}$$

$$TIR = 628\%$$

Luego de este resultado se recomienda invertir pues el TIR es mayor que el COK del proyecto.

Por los resultados obtenidos, se demuestra la viabilidad ambiental y económica de este método.

IX.REFERENCIAS

AGUILAR, Ascón, E. A. Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua. Revista peruana del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos [En línea] julio 2015 Vol. 18 Núm. 35. (fecha de consulta 14 de febrero del 2021)

Disponible:

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11843>

ISSN: 1682-3087

ARBOLEDA, Camacho, J. M., HERRERA López, P. J. y PEÑA Guzmán, C. A. Evaluación de un proceso de electrocoagulación en un reactor tipo Batch para la remoción de Cr^{+6} con electrodos de aluminio–aluminio y de hierro–aluminio en condiciones de laboratorio. Trabajo de Grado, Bogotá: Universidad Santo Tomás de Colombia, 2015.

Disponible:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/613/2015juanarboleda.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

ARROYO, M. Valencia. Tratamiento de disoluciones que contienen Cr^{+6} mediante electrocoagulación con ánodos de hierro. Universidad Politécnica de Valencia, 2011.

BARRERA Díaz, C. E. Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales (en línea). México: REVERTE, 2014 (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021)

Disponible:

http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/52617/Barrera%20D%c3%adaz_trip%C3%a1%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ISBN: 978-607-7815-13-6

BARIŞÇI, S. y TURKAY, O. Domestic greywater treatment by electrocoagulation using hybrid electrode combinations. [En línea] Journal of Water Process Engineering, 10, págs. 56-66. (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021)

Disponible:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714416300319>

doi.org/10.1016/j.jwpe.2016.01.015

BANI-Melhem, K. y SMITH, E. Grey water treatment by a continuous process of an electrocoagulation unit and a submerged membrane bioreactor system. [En línea] Journal Chemical Engineering Journal, 198, págs. 201-210 (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021)

Disponible:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894712006377>

doi.org/10.1016/j.cej.2012.05.065

BUITRAGO, Sandra Yulier Martinez; COCA, Jonathan Alexander Romero. Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión, 2018, vol. 26, no 1, p. 113-124.

CENSO poblacional. Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú. 2017.

Disponible: <http://censo2017.inei.gob.pe/>. [En línea] 2017.
<http://censo2017.inei.gob.pe/>.

CHÁVEZ, A. Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. [En línea]. Revista de ingenierías Universidad de Medellín, 2010, Vol. 9. (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021).

Disponible: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242010000200004

ISSN 2248-4094

CUBA Tello, M. V. Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales-Ate Vitarte. Tesis (Magíster en Gestión Integrada en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente) Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2020.

Disponible:

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11734/Cuba_tm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

DIDAR-UI, S. M. Electrocoagulation (EC) technology for wastewater treatment and pollutants removal. Bangladesh: Springer International Publishing, 2017.

GHAITIDAK, D. M y YADAV, K. D. Characteristics and treatment of greywater. Revista Estado Unidense Environmental Science and Pollution Research (en línea) 2013, nº 20 (5) (págs. 2795-2809).

Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23397178/>

HASSAINE, F. y SADOON, L. s.l. Treatment of industrial wastes containing toxic metals (chromium), purification by liquid membranes.: [En línea]. Desalination, 2005, Vol. 185. (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021).

Disponible:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916405006363>

doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.042

HU, C. Y., LO, S. L. y KUAN, W. H. Effects of co-existing anions on fluoride removal in electrocoagulation (EC) process using aluminum electrodes. [En línea] Water research, 37(18), págs. 4513-4523 (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021)

Disponible:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135403003786>

[doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00378-6](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00378-6)

ÍRDMEZ, S., DEMIRCIOGLU, N. y YILDIZ, Y. The effects of pH on phosphate removal from wastewater by electrocoagulation with iron plate electrodes. [En línea]. Journal of Hazardous Materials, 2007, Vol. 46. (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021).

Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16707216/>

DOI: [10.1016/j.jhazmat.2006.04.019](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.04.019)

KOBYA, M., y otros. Removal of arsenic from drinking water by batch and continuous electrocoagulation processes using hybrid Al-Fe plate electrodes. [En línea] Environmental Progress & Sustainable Energy, 33(1), págs. 131-140,2013 (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021).

Disponible: <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ep.11765>

doi.org/10.1002/ep.11765

MANRIQUE Tejada, Rodrigo. Propuesta de una plataforma de tecnologías de información y comunicaciones como metodología para estandarizar los esquemas de planes de tesis y tesis de pregrado y posgrado en las Universidades del Perú. Tesis (Maestro en Investigación científica e innovación) Tacna: Universidad Privada de Tacna, 2018.

MENDOCILLA Murillos, C. E. Influencia del pH y el tiempo en la remoción de Cr⁺⁶ presente en soluciones acuosas utilizando la electrocoagulación. Tesis (Título profesional de Ingeniero Ambiental) Trujillo: Universidad César Vallejo, 2018.

Disponible:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25059/mendocilla_m c.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MOLLAH, M., y otros. Fundamentals, present and future perspectives od electrocoagulation. [En línea]. Journal of Hazardous Materials, 2004, Vol. 114. (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021).

Disponible:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389404004170>
doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.08.009

MORANTE, Gonzalo. Electrocoagulación de aguas residuales. Revista colombiana de física, 2002, vol. 34, no 2, p. 484-487.

NANSEU-Njiki, C. P., y otros. Mercury (II) removal from water by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes. [En línea] Journal of Hazardous Materials, 168(2-3), págs. 1430-1436, 2009. (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021)

Disponible:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389409004270#:~:text=Conclusion,good%20removal%20was%203%20cm.>
doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.03.042

NIÑO, G. E. A., y otros. La electrocoagulación como un tratamiento eficiente para la remoción de metales pesados presentes en aguas residuales. Revista Facultad de Ciencias Básicas, 9(2), págs. 306-317 [En línea] (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021)

Disponible: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/389/168>
ISSN: 1900-4699.

NORMA técnica de metal pesado. Ministerio de Salud del Perú. 2014. Disponible <http://bvs.minsa.gob.pe/>. Norma Técnica de Salud N° 111-2014-MINSA / DGV V. 01.

NORMA Técnica Peruana 341.039:1970 (Revisada el 2011). Instituto Nacional de la Calidad. 2011.

Disponible:

<https://www.inacal.gob.pe/principal/categoria/vnt>

PERALES Vílchez, J. C. 2020. Influencia del proceso de electrocoagulación en la remoción de Cr⁺⁶ en soluciones acuosas a nivel de laboratorio en la Universidad

Continental, 2019. Tesis (el Título Profesional de Ingeniero Ambiental) Huancayo: Universidad Continental, 2020.

Disponible:

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7711/4/IV_FIN_107_TE_Perales_Vilchez_2019.pdf

POSADA, N. B. M. y Niño, G. E. A. Sistema de electrocoagulación como tratamiento de aguas residuales galvánicas. [En línea]. Ciencia e ingeniería Neogranadina, 20(1), Vol. 20, págs. 33-44, 2010. Bogotá (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021).

Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v20n1/v20n1a03.pdf>

ISSN 0124-8170

RAJECHWAR, K. y IBANES, J. Environmental electrochemistry: Fundamentals and applications in pollution abatement. Academis Press Limited, 1997.

RIVERA, N. y CÉLIKA, P. Implementación de reservorios como una propuesta de tecnología apropiada para mejorar la calidad sanitaria de agua para riego en Nievería. Callao: Universidad Nacional de Callao, 2011.

ROJAS, M., JAIMES, L., & Valencia, M. (2018). Efectividad, eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. Revista espacios, 39(06).

RUIZ, Á. A. La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. [En línea] Revista Lasallista de investigación, 2(1), págs. 49-56. (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021)

Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520109.pdf>

ISSN: 1794-4449

SADOUN, L. y FASSAINE, S. s.l. Purification - concentration process. Studies on the transport mechanism of a chromium (VI) - sulfuric acid-tri-n-octylamine (TOA) - ammonium carbonate system. [En línea]. Desalination 2004, Vol. 167. (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021).

Disponible:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916404003674>

doi.org/10.1016/j.desal.2004.06.125

SIBEL Barisci y otros. The potential of a low cost technology for the greywater treatment. 2011. [En línea]. The Open Environmental Engineering Journal 4(1), 2015 (Fecha de consulta: 20 de febrero del 2021).

Disponible: <https://benthamopen.com/ABSTRACT/TOENVIEJ-4-32>

DOI: 10.2174/1874829501104010032

SUSTANCIAS tóxicas. Agency for Toxic Substances and Disease 12 de octubre del 2012. Disponible https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs7.html.

Anexo N° 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
General	General	General	Dependiente: Eficiencia y rentabilidad	Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo. Método: Deductivo Enfoque: Cuantitativo Diseño: Experimental Población: Aguas residuales de curtiembre Muestra: 12,5 litros de agua residual de curtiembre Unidad de análisis: Es el Cromo VI en las aguas residuales de curtiembre. Muestreo: El muestreo será realizado en el punto de descarga de aguas residuales con contenido de cromo hexavalente.
¿Cuál será la eficiencia y rentabilidad de la aplicación del método de electrocoagulación, en la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de curtiembre?	Evaluar la eficiencia y rentabilidad de la aplicación del método de electrocoagulación, en la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de curtiembre	La eficiencia y rentabilidad de la aplicación del método de electrocoagulación en la reducción del Cr ⁺⁶ en las aguas residuales de curtiembre será favorable en una y sostenible para su continuidad.		
Específicos	Específicos	Específicos	Independiente: Tratamiento de las aguas residuales por la electrocoagulación	
¿Cuál es el nivel de concentración del cromo hexavalente en las aguas residuales de curtiembre?	Determinar el nivel de concentración del cromo hexavalente pre y post tratamiento en las aguas residuales de curtiembre	El nivel de concentración del Cr ⁺⁶ será de 0.87mg/L		
¿Cuáles son los parámetros de operación que se dan para implementar el método de electrocoagulación en la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de curtiembre?	Determinar los parámetros de operación para el método de electrocoagulación en la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de curtiembre.	Los parámetros de operación serán óptimos para implementar el método de electrocoagulación en la reducción del Cr ⁺⁶ en las aguas de curtiembre.		
¿Cuál es la eficiencia de remoción de Cr+6 presente en las aguas residuales de curtiembre empleando el método de electrocoagulación?	Determinar eficiencia de remoción de Cr+6 presente en las aguas residuales de curtiembre empleando el método de electrocoagulación	La eficiencia de remoción de Cr+6 presente en las aguas residuales de curtiembre empleando el método de electrocoagulación será favorable con una remoción del 75 % de Cr+6		
¿Cuál es la rentabilidad económica para implementar el método de electrocoagulación en la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de curtiembre?	Determinar la rentabilidad económica para implementar el método de electrocoagulación en la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de curtiembre.	La aplicación del método de electrocoagulación para la reducción de Cr ⁺⁶ en las aguas residuales de curtiembre tendrá un bajo costo económico.		

Anexo N° 02: Cálculo de consumo energético y costo total

El siguiente cálculo permite determinar la cantidad de energía utilizada por 4L de agua residual tratada a 0,87 mg/L. En un periodo de tiempo de 15 minutos y 30 minutos.

Se utilizaron las siguientes formulas, las cuales se pueden visualizar en la Tabla N°04:

Tabla N°04. Fórmulas utilizadas.

Nombre	Formula	Definición de variables
Potencia empleada	$P = T * I$	P: Potencia T: Tiempo I: Intensidad
Energía consumida	$EC = P * T$	EC: energía consumida P: potencia T: tiempo
Consumo especifico	$Ce = (Ec / V)$	Ce: consumo especifico Ec: energía consumida V: volumen

- Periodo de 15 minutos:

Potencia empleada:

$$P = T * I$$

$$P = 40V * 14A$$

$$P = 56W$$

Energía consumida:

$$EC = P * T$$

$$EC = 56W * 15m * \frac{1h * 1kW}{60m * 1000W}$$

$$EC = 0,014 kWh$$

Consumo específico:

$$Ce = \frac{0,014kWh}{4L} * \frac{1000L}{1m^3}$$

$$Ce = 35kWh/m^3$$

- Periodo de 30 minutos:

Potencia empleada:

$$P = T * I$$

$$P = 40V * 14A$$

$$P = 56W$$

Energía consumida:

$$EC = P * T$$

$$EC = 56W * 30m * \frac{1h * 1kW}{60m * 1000W}$$

$$EC = 0,028 kWh$$

Consumo específico:

$$Ce = \frac{0,028kWh}{4L} * \frac{1000L}{1m^3}$$

$$Ce = 70kWh/m^3$$

- Periodo de 45 minutos:

Potencia empleada:

- $P = T * I$

- $P = 40V * 14A$

- $P = 56W$

Energía consumida:

- $EC = P * T$

- $EC = 56W * 45m * \frac{1h*1kW}{60m*1000W}$

- $EC = 0,042 kWh$

Consumo específico:

- $Ce = \frac{0,042kWh}{4L} * \frac{1000L}{1m^3}$

- $Ce = 105kWh/m^3$

Anexo N°04: Primera etapa, adquisición de materiales.



Figura N° 17: Pecera



Figura N° 18: Placa de aluminio de 12 cm x 12 cm x 3 mm



Figura N° 19: Cinta teflón



Figura N° 20: Niple de $\frac{3}{4}$.



Figura N° 21: Llave de paso de $\frac{3}{4}$

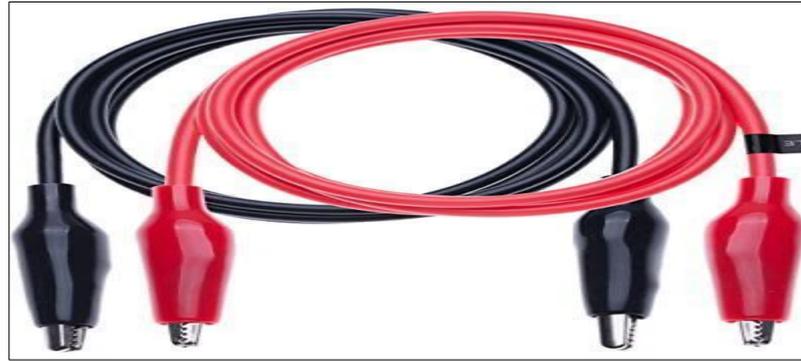


Figura N° 22: Pinzas tipo cocodrilo



Figura N° 23: Silicona SICAFLEX

Figura N° 24: Tubo de silicona.



Figura N° 25: Interruptor



Figura N° 26: Enchufe



Figura N° 27: Cable eléctrico N°8



Figura N° 28: Cinta aislante



Figura N° 29: Extensión eléctrica con supresor de picos

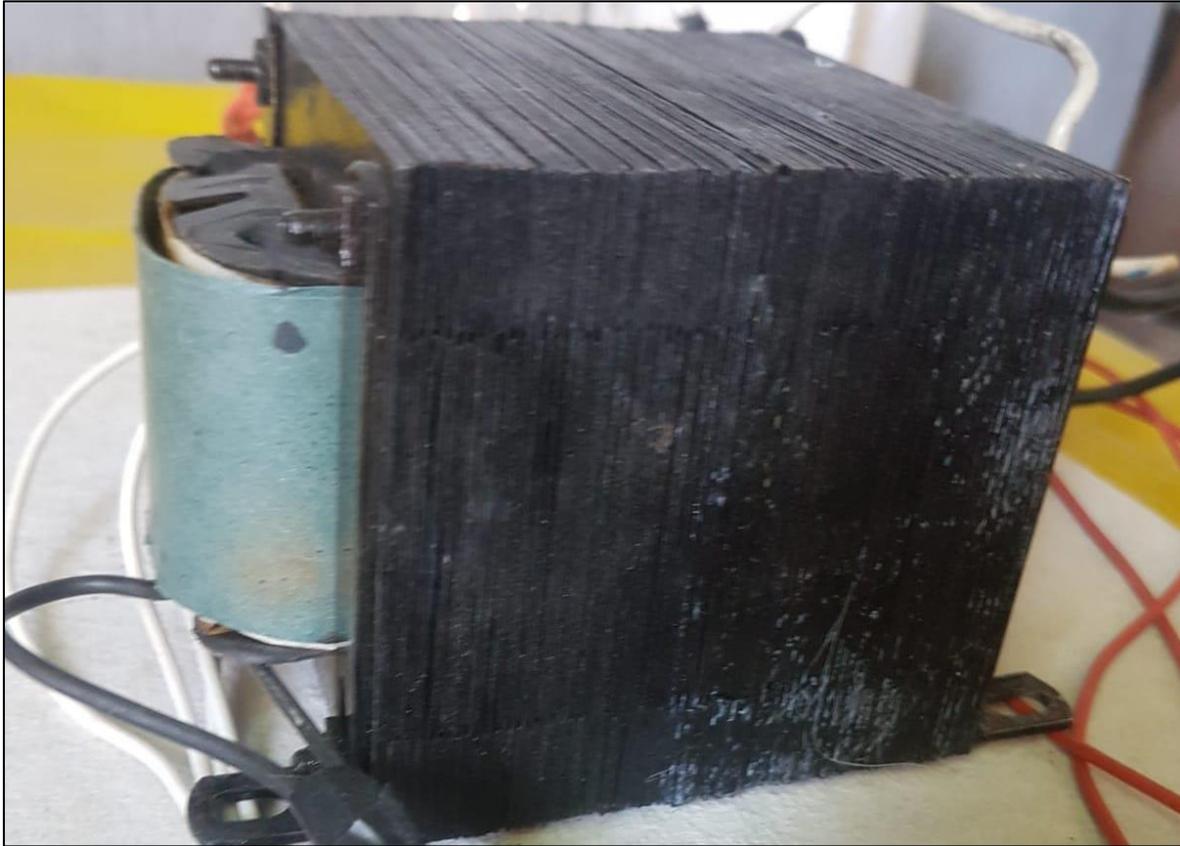


Figura N° 30: Transformador eléctrico de 40V y 14 A

Anexo N°05: Segunda etapa, Preparación de materiales.



Figura N° 31: Colocación de placas con una separación de 4 cm.

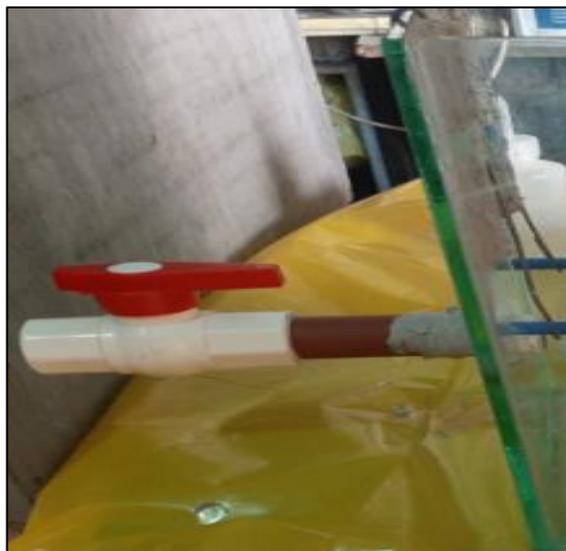


Figura N° 32: Instalación de llave de toma de muestras.



Figura N° 33: Instalación de pinzas tipo cocodrilo



Figura N° 34: Conexión de pinzas tipo de cocodrilo.



Figura N° 35: Conexión de pinza tipo cocodrilo a la fuente de alimentación eléctrica.

Anexo N°06: Tercera etapa, Recolección de muestras.

Figura N° 36: Lugar del punto de muestreo



Figura N° 37: Medición de parámetros de campo



Figura N° 38: Toma de muestras



Figura N° 39: Toma de muestras de ARCU1.



Figura N° 40: Inoculación de preservantes muestra ARCU1 (muestra 1)

Figura N° 41: Almacenamiento de la muestra ARCU1 (muestra 1)



Figura N° 42: Recolección de aguas residuales de curtiembre para realizar las pruebas del tratamiento de electrocoagulación.

Anexo N°07: Etapa de Pruebas (Cuarta Etapa)



Figura N° 43: Celda con agua residual de curtiembre antes de ser tratada

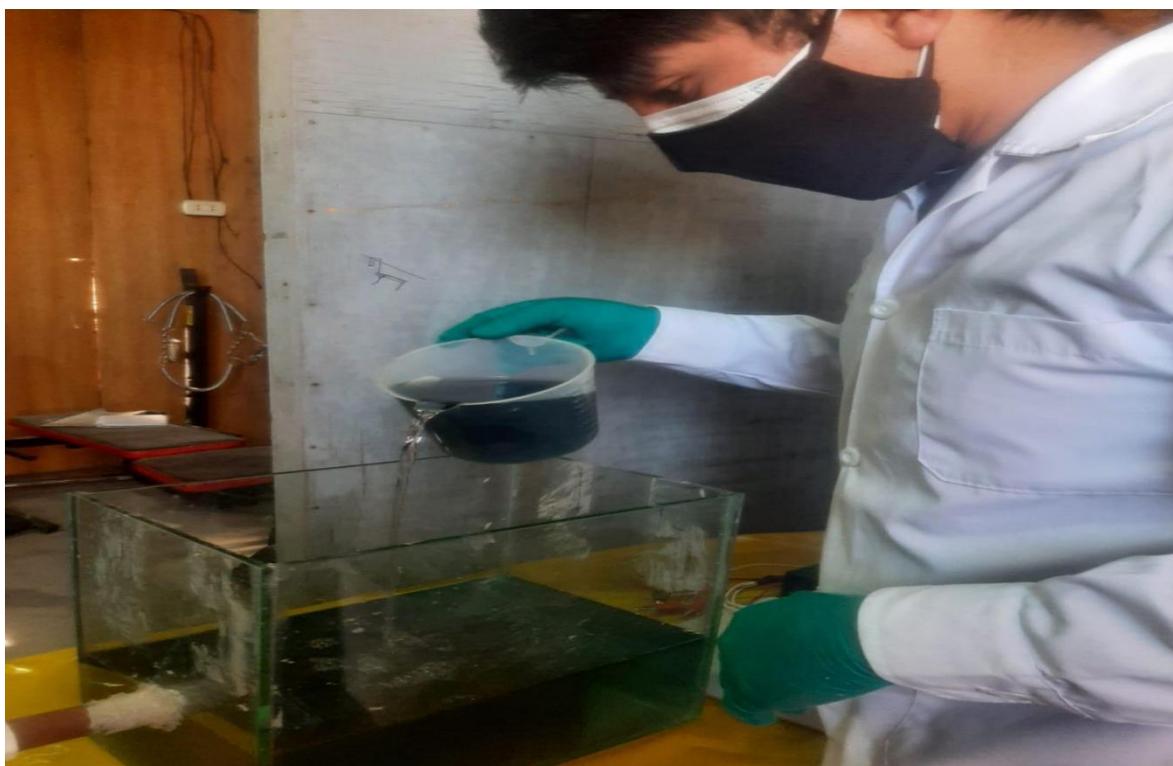


Figura N° 44: Inserción de agua residual de curtiembre en celda

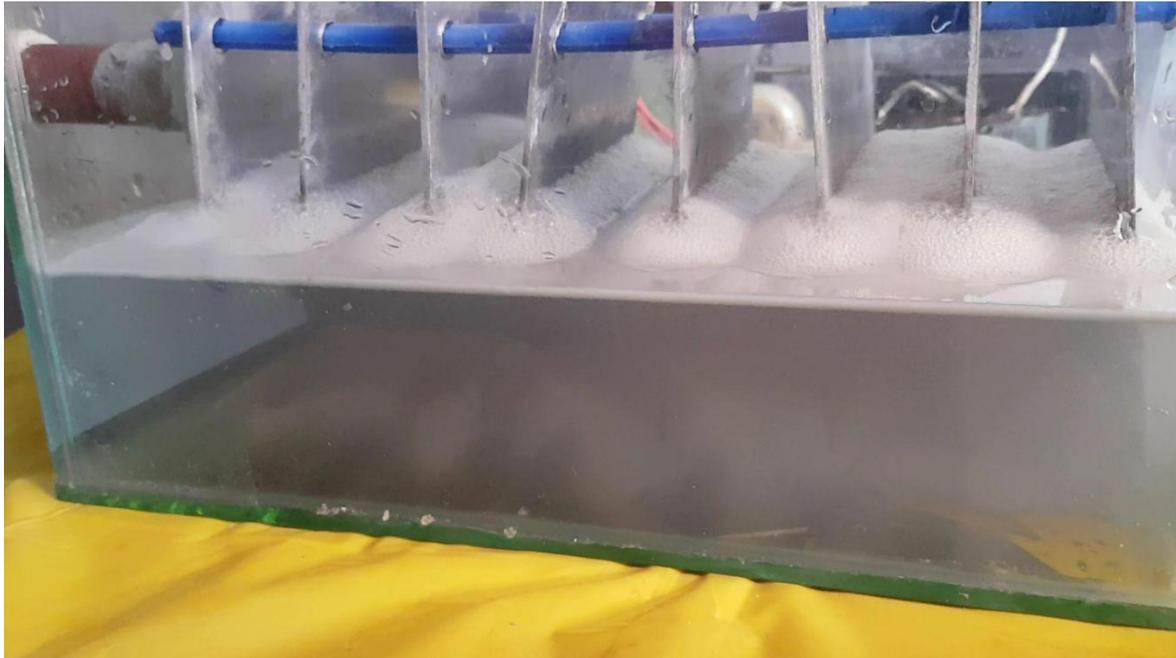


Figura N° 45: Aguas residuales durante la prueba N° 01 de 15 min.

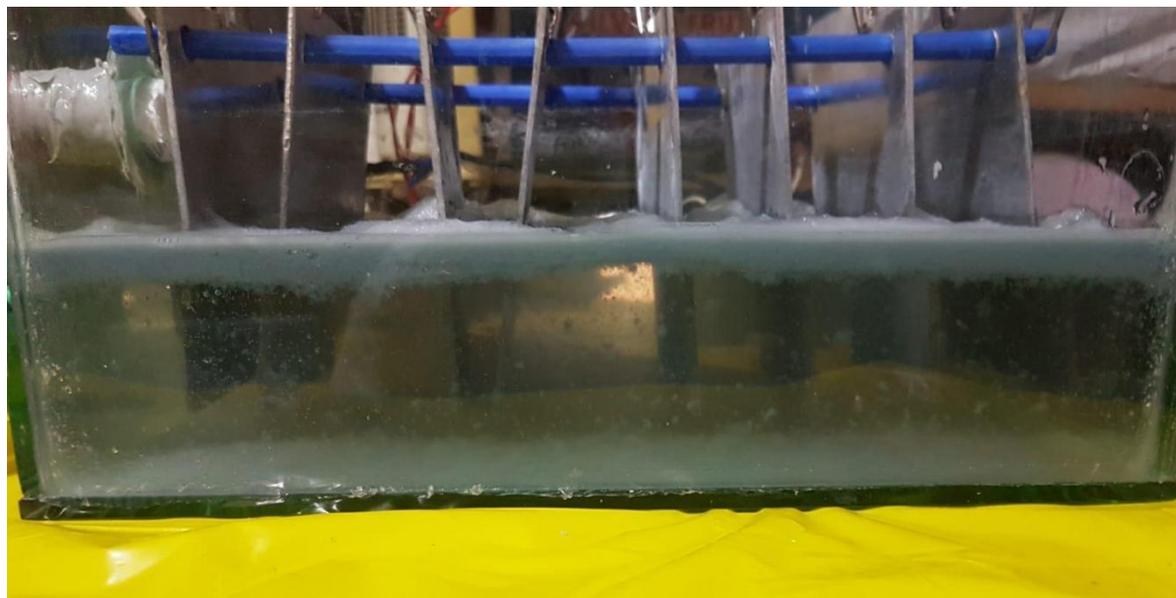


Figura N° 46: Aguas residuales tratadas culminada la prueba N°01 de 15 min

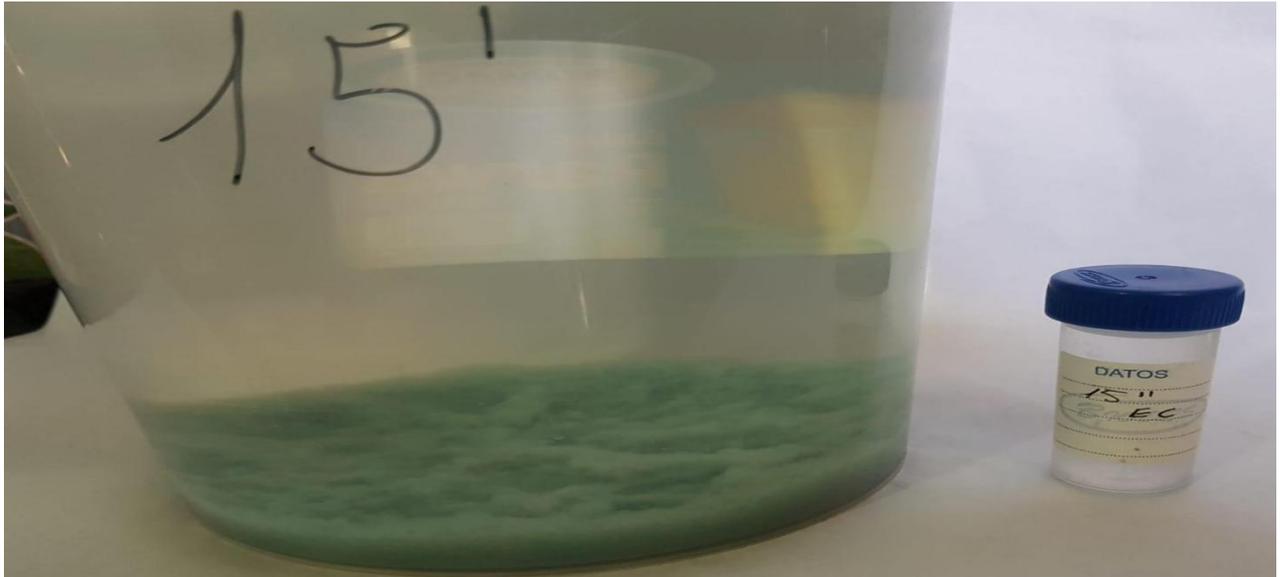


Figura N° 47: Resultado de agua residual procesada en recipiente de almacenaje post prueba N° 01 de 15 min.



Figura N° 48: Aguas residuales antes de iniciar la prueba N°02 de 30 min.

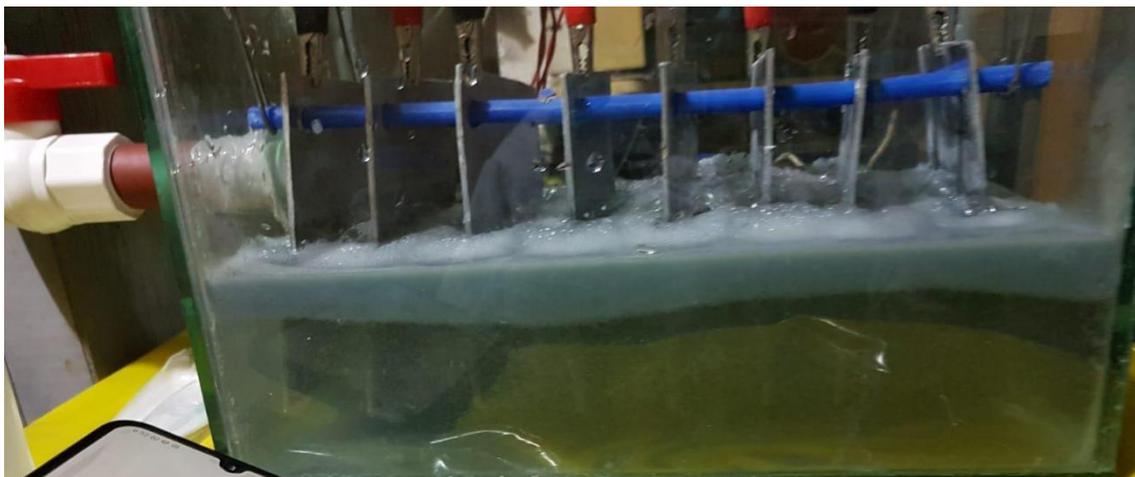


Figura N° 49: Aguas residuales durante el tratamiento en prueba N°02 de 30 min.

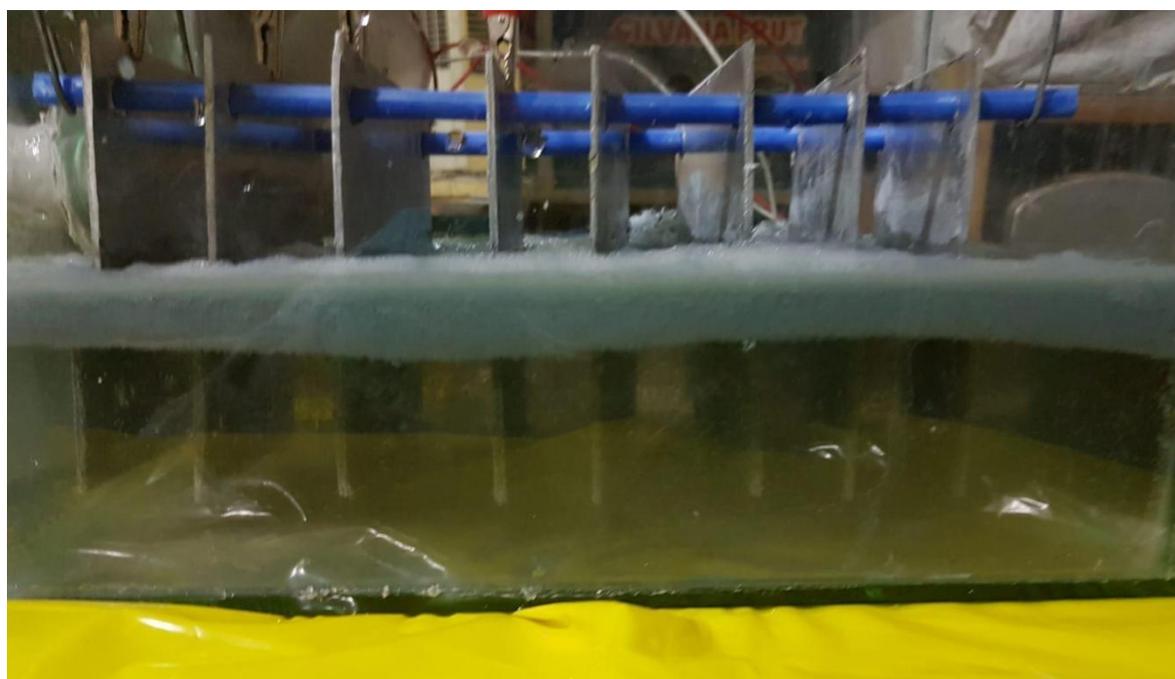


Figura N° 50: Aguas residuales finalizado el tratamiento de la prueba N°02 de 30 min.

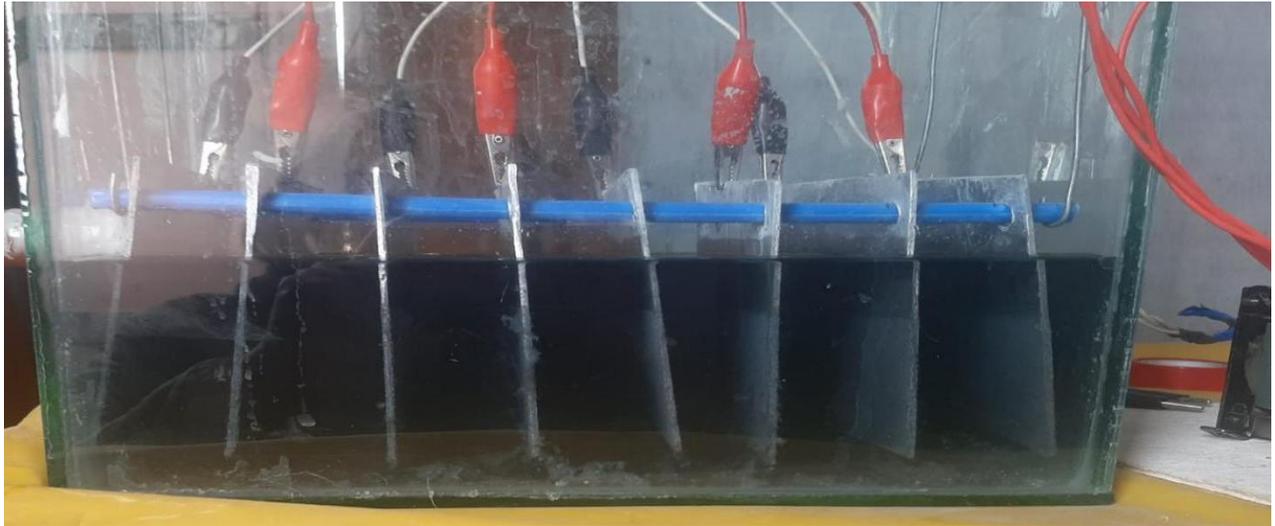


Figura N° 51: Aguas residuales al iniciar el tratamiento de la prueba N°03 de 45 min.



Figura N° 52: Agua residual durante el tratamiento de la prueba N°03 de 45 min.



Figura N° 53: Agua residual finalizado el tratamiento de la prueba N°03 de 45 min.



Figura N° 54: Comparación de resultados de prueba N°01, N°02 y N°03.

Anexo N° 08: Resultados de análisis de muestras de agua.

Resultado de la muestra inicial



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

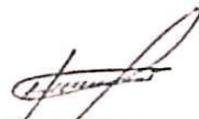
INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4078

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : ALEJANDRA SOTO MIRANDA
2.-DIRECCIÓN : AV. ROOSEVELT 806 URB. GRAFICOS A S.A
3.-PROYECTO : MONITOREO DE AGUA RESIDUAL CURTIEMBRE
4.-PROCEDENCIA : CURTIEMBRE PIELS DEL SUR
5.-SOLICITANTE : ALEJANDRA SOTO MIRANDA
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : OS-21-1810
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-05-06

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-04-23
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-04-23 al 2021-05-06

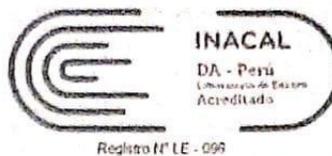

Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, 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.

Figura N° 55: Resultado muestra inicial



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4078

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Cromo Hexavalente ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr-B, 23 rd Ed 2017	Chromium. Colorimetric Method

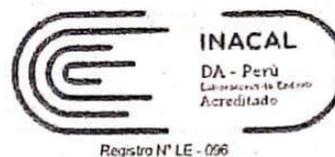
⁽¹⁾SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

Figura N° 56: Resultado muestra inicial



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4078

IV. RESULTADOS

ITEM	1			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M.21-14700			
CÓDIGO DEL CLIENTE	ARCU1			
COORDENADAS	E 0222938			
UTM WGS 84	N 8190023			
PRODUCTO	Agua Residual			
SUB PRODUCTO	Residual Industrial			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO	22-04-2021 08:45			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Cromo Hexavalente (*)	mg CV/L	0.004	0.010	0.87

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

..: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

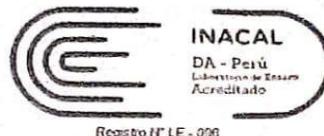
"FIN DE DOCUMENTO"

Figura N° 57: Resultado muestra inicial

Figura N° 58: Resultado de la prueba N°01 de 15 min.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



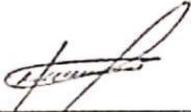
INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4320

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: ALEJANDRA SOTO MIRANDA
2.-DIRECCIÓN	: AV. ROOSEVELT 806 URB. GRAFICOS A S A
3.-PROYECTO	: PROCEDIMIENTO DE ELECTROREGULACION A AGUA RESIDUAL
4.-PROCEDENCIA	: AV ROOSEVELT 806 - A S A
5.-SOLICITANTE	: ALEJANDRA SOTO MIRANDA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-21-1857
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-05-10

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

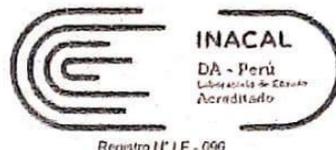
1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-04-30
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-04-30 al 2021-05-10


Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, 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.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4320

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

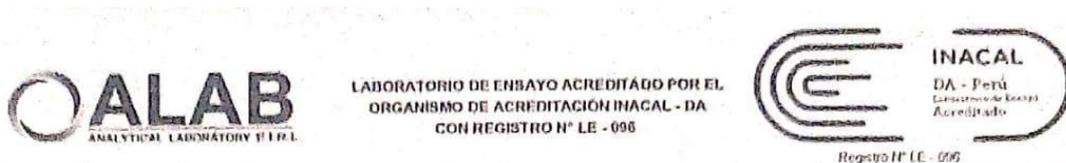
TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Cromo Hexavalente ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr-B, 23 rd Ed. 2017	Chromium. Colorimetric Method

⁽¹⁾ "SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

Figura N° 59: Resultado muestra prueba N°01

Resultado de la muestra trata por el método de electrocoagulación en el tiempo de 15 minutos.



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4320

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M 71-15530
CÓDIGO DEL CLIENTE				ARCUEC-A
COORDENADAS				E 0230470
D/TM WGS 84				N 0187002
PRODUCTO				Agua Residual
SUB PRODUCTO				Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO				N/O APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO				27-04-2021 11:11
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Cromo Hexavalente (*)	mg Cr(VI)	0,004	0,010	0,54

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<=" Menor que el L.D.M.

*: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

"FIN DE DOCUMENTO"

Figura N° 60: Resultado de muestra de prueba N° 01.

Resultado de la muestra tratada por el método de electrocoagulación en el tiempo de 30 minutos

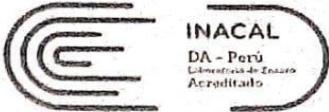
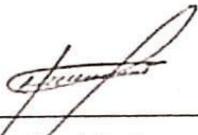
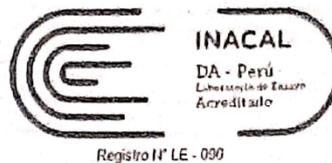
	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 096	
INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4321		
I. DATOS DEL SERVICIO		
1.-RAZON SOCIAL	: ALEJANDRA SOTO MIRANDA	
2.-DIRECCIÓN	: AV. ROOSEVELT 806 URB. GRAFICOS A S A	
3.-PROYECTO	: PROCEDIMIENTO DE ELECTROCOAGULACION A AGUA RESIDUAL	
4.-PROCEDENCIA	: LABORATORIO - AV. ROOSCELT 806 - A S A	
5.-SOLICITANTE	: ALEJANDRA SOTO MIRANDA	
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-21-1857	
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA	
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE	
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-05-10	
II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO		
1.-PRODUCTO	: Agua	
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1	
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-04-30	
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-04-30 al 2021-05-10	
 Marco Valencia Huerta Ingeniero Químico N° CIP 152207		
<p>Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos, 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.</p>		
Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao Telf. +51 7130636 / 453 1389 / 940 598 588 Email. ventas@alab.com.pe www.alab.com.pe		Página 1 de 3

Figura N° 61: Resultado de la prueba N°02 de 30 min.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4321

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

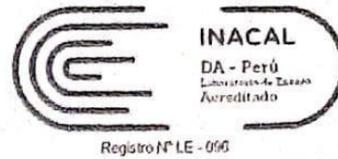
TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Cromo Hexavalente (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr-B, 23 rd Ed. 2017	Chromium. Colorimetric Method

*SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4321

IV. RESULTADOS

ITEM	1			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-21-15531			
CÓDIGO DEL CLIENTE	ARCUEC-B			
COORDENADAS	E 0230470			
UTM WGS 84	118187002			
PRODUCTO	Agua Residual			
SUB PRODUCTO	Residual Industrial			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO	27-04-2021 11:11			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Cromo Hexavalente (*)	mg CIVIL	0,004	0,010	0,15

*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq " Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq " Menor que el L.D.M.

*): No ensayado

NA: No Aplica

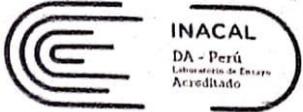
V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Figura N° 63: Resultado de prueba N°02 de 30 min.

Resultado de la muestra tratada por el método de electrocoagulación en el tiempo de 45 minutos

 ALAB ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 096	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 096
--	--	---

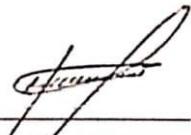
INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5053

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Alejandra Solo Miranda
2.-DIRECCIÓN	: Av. Roosevelt 806 Urb, Gráficos A.S.A
3.-PROYECTO	: PROCEDIMIENTO DE ELECTROCOAGULACIÓN AGUA RESIDUAL
4.-PROCEDENCIA	: AV. ROOSEVELT 806 - A.S.A.
5.-SOLICITANTE	: ALEJANDRA SOTO MIRANDA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-21-2268
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-06-01

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-05-20
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-05-20 al 2021-06-01



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
N° CIP 152207

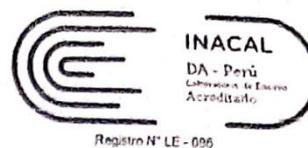
Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao Telf. +51 7130636 / 453 1389 / 940 598 588 Email, ventas@alab.com.pe www.alab.com.pe	Página 1 de 3
--	---------------

Figura N° 64: Resultado de prueba N°03 de 45 min.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° IE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5053

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Cromo Hexavalente ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr-B, 23 rd Ed, 2017	Chromium, Colorimetric Method

¹⁾SMEWW[®] : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

Figura N° 65: Resultado de prueba N°03 de 45 min.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5053

IV. RESULTADOS

ITEM	1		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-17975		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	ARCUEC-C		
COORDENADAS:	E.0230470		
UTM WGS 84:	N.8187002		
PRODUCTO:	Agua Residual		
SUB PRODUCTO:	Residual Industrial		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO :	20-05-2021 11:12		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.
Cromo Hexavalente (*)	(mg Cr VI/L)	0,004	0,010
			RESULTADOS
			<0,010

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

**Anexo N°09: Certificados y Ficha Técnica de los dispositivos de medición.
Multiparametro WTW con sonda de conductividad**



Página 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PL - AG145 - 20 - 8

1. SOLICITANTE:	E & L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.		
2. DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Calle Zela Nro. 603A (Cerca a Plaza de Yanahuara), Yanahuara - Arequipa		
3. INSTRUMENTO DE MEDIDA	: Conductímetro (Multiparámetro)	SENSOR DE:	Conductividad
MARCA	: WTW	TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	: -5 °C a 70 °C
MODELO	: Multi 3630 IDS	MARCA	: WTW
SERIE	: 19130603	MODELO	: TetraCon 925
IDENTIFICACIÓN	: EL/MUL/20	SERIE	: 18152056
INTERVALO DE MEDIDA	: 0 µS/cm a 2000 mS/cm	IDENTIFICACIÓN	: No indica
RESOLUCIÓN	: 0,1 / 1 µS/cm. 0,01 / 0,1 / 1 mS/cm.	INTERVALO DE MEDIDA	: 1 µS/cm a 2000 mS/cm
		PROF. DE INMERSIÓN	: 4,5 cm

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:	Lab. Metrología de Paz Laboratorios S.R.L.		
5. FECHA DE RECEPCIÓN	2020-08-17		
6. FECHA DE CALIBRACIÓN:	2020-08-18		
7. ETIQUETA DE CALIBRACIÓN:	00252		
8. EXPEDIENTE:	CAL-0172-2020-8		

9. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:

Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia del Instituto Nacional de Calidad -INACAL. Los resultados reportados en este certificado son válidos solo para el equipo de medición calibrado en las condiciones y momento en que se realizó la calibración.

El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, registros de mantenimiento, análisis de deriva y exactitud de medición.

La duplicación del presente certificado debe ser de forma completa, sin modificaciones y únicamente cuando se cuente con la aprobación y autorización de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Los certificados de calibración de PAZ LABORATORIOS S.R.L. son únicamente válidos si cuentan con el sello de agua y las firmas del Gerente General y el Jefe de Laboratorio de Metrología.

10. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

Procedimiento "PC-022, procedimiento para la calibración de conductímetros" del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Primera Edición - Setiembre 2014.

Arequipa, 18 de Agosto de 2020



Erwin Edgardo Paz Gonzales
GERENTE GENERAL
PAZ LABORATORIOS S. R. L.



Yessica Paz Gonzales
METROLOGO RESPONSABLE
PAZ LABORATORIOS S.R.L.

000245

Oficina: Calle Oscar Benavides N° 602, Yanahuara - Arequipa
 (054) 655069 RPC: 953766470 - 959010230
 web: www.pazlaboratorios.com Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com

Figura N° 67: Certificado de calibración de multiparametro WTW.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - AG145 - 20 - 8

11. PATRONES DE REFERENCIA UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO / MRC	Nº CERTIFICADO
Patrones de referencia de LO JUSTO S.A.C.	Termómetro ETI/PT100 U(k=2) = 0,027 °C	TE-1518-2020
Este producto es trazable al NIST SRM 999c Densidad = 0,998 g/mL (20 °C ± 4 °C)	Solución CE 84,7 µS/cm Inorganic Ventures U(k=2) = 0,8 µS/cm	P2-COND682561
Este producto es trazable al NIST SRM 999c Densidad = 0,999 g/mL (20 °C ± 4 °C)	Solución CE 1418 µS/cm Inorganic Ventures U(k=2) = 5 µS/cm	N2-COND671034
Este producto es trazable al NIST SRM 999c Densidad = 1,002 g/mL (20 °C ± 4 °C)	Solución CE 9,975 mS/cm Inorganic Ventures U(k=2) = 0,032 mS/cm	N2-COND674648

Para la estabilización de temperatura de los materiales de referencia certificados (MRC) se utilizó un baño de calibración con certificado. TE-158-2020

12. CONDICIONES AMBIENTALES:

Termohigrómetro con certificado	Temperatura	Humedad Relativa
TE-253-2020	Min. = 18,8 °C ; Max. = 21,8 °C	Min. = 48,4 % ; Max. = 48,8 %

13. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:

Valor certificado a 25 °C (µS/cm)	**Lectura del instrumento (µS/cm)	Corrección (µS/cm)	Incertidumbre (µS/cm)
84,70	84,35	0,35	0,81
1418,00	1413,64	4,36	5,23

Valor certificado a 25 °C (mS/cm)	**Lectura del instrumento (mS/cm)	Corrección (mS/cm)	Incertidumbre (mS/cm)
9,975	9,984	-0,009	0,034

**Valor promedio de tres lecturas no consecutivas a una temperatura estabilizada de 25 °C

14. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo las directrices de: Procedimiento "PC-022, procedimiento para la calibración de conductímetros" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.

Este Certificado cumple con los requisitos de la Norma NTP ISO/IEC 17025, Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo.

PAZ LABORATORIOS no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

El tiempo de estabilidad desde temperatura ambiente a 25 °C en las lecturas de conductividad tardó aproximadamente 6 minutos. Se colocó una etiqueta de calibración número: 00252.

Arequipa, 18 de Agosto de 2020

FIN DEL DOCUMENTO

000246

Figura N° 68: Certificado de calibración de multiparametro WTW

PH metro HANNA

Calibración en dos puntos

Lleve a cabo los pasos 1 a 3 en el modo de calibración en un único punto utilizando en primer lugar el tampón de pH 7.01. A continuación, siga los siguientes pasos:

- Se mostrará el mensaje "5H 4.0 USF".
- Coloque el electrodo en el segundo tampón de calibración (pH 4.01 o 10.01). Tasa acepte el segundo tampón, se mostrará el mensaje "Star" en el LCD durante 1 segundo y el medidor volverá al modo de medición normal.
- Se mostrará la palabra "CAL" en el modo de medición con los taponces calibrados.
- Si el tampón no se reconoce o la pendiente está fuera del rango aceptado, aparecerá el mensaje "Err". Cambie el tampón, limpie el electrodo o pulse cualquier tecla para salir del modo de calibración.

Se recomienda realizar siempre una calibración en dos puntos para mejorar la precisión.

Borrar la calibración

Pulse el botón CAL. El medidor entrará en el modo de calibración. Pulse el botón ON/OFF; aparecerá el mensaje "CL". El medidor tendrá ahora la calibración por defecto.

La palabra "CAL" desaparecerá en el modo de medición, indicando que es necesario realizar una calibración, hasta que se llene o cado una nueva calibración.

Mensajes de error

- Durante la calibración de usuario, si la lectura está fuera del rango aceptado, el medidor mostrará "Err".
- Por ejemplo, se parpadea pH 14.0 o 0.0, significa que el valor medido está fuera del rango. Compruebe que el electrodo está sumergido en la solución.
- Si la temperatura medida es superior a 50.0 °C o inferior a 0.0 °C, parpadeará el mensaje 50.0 °C o 0.0 °C.
- Si el tampón no se reconoce, aparecerá el mensaje "Err". Revise el tampón, limpie el electrodo o pulse el botón CAL para salir del modo de calibración.

Cuidado y mantenimiento

Para obtener mediciones 100 % precisas, es importante seguir estos consejos:

- La calibración será tan buena como la sean los taponces utilizados. Los valores de los taponces de pH varían con el tiempo y es necesario recalibrar. Conviene utilizar un tampón nuevo para cada calibración.
- Antes de introducir el electrodo en un tampón o en la muestra que desea analizar, lívelo con agua purificada.
- Si el medidor no se va a utilizar durante un cierto periodo de tiempo, es importante limpiarlo una vez por semana con solución de almacenamiento o una solución de limpieza de protección para mantener hidratado el electrodo. Si no dispone de solución de almacenamiento, puede usar solución tampón de pH 4.01 o pH 7.01.
- Para una mayor precisión, se recomienda realizar la calibración con dos taponces. Es importante que utilice taponces que calibren el valor de pH esperado de la muestra que se desea analizar. Por ejemplo, si el valor esperado es pH 8, el medidor debería calibrarse usando los taponces de pH 7.01 y pH 10.01.

Accesorios

Solución tampón de pH

Código	Descripción
H17004P	Solución tampón de pH 4.01, sobres de 20 ml (25 uds.)
H17007P	Solución tampón de pH 7.01, sobres de 20 ml (25 uds.)
H17010P	Solución tampón de pH 10.01, sobres de 20 ml (25 uds.)
H17400P	Solución tampón de pH 4.01 y 7.01, sobres de 20 ml (10 uds., 5 de cada uno)
H177010P	Solución tampón de pH 10.01 y 7.01, sobres de 20 ml (10 uds., 5 de cada uno)

Solución de limpieza de electrodos

Código	Descripción
H17061M	Solución de limpieza de uso general, frasco de 230 ml

Solución de almacenamiento de electrodos

Código	Descripción
H17030M	Solución de almacenamiento de electrodos, frasco de 230 ml

Garantía

Este medidor cuenta con un año de garantía que cubre los defectos de mano de obra y materiales, siempre que se utilice para los fines previstos y se mantenga según las instrucciones. El electrodo tiene seis meses de garantía. La garantía se limita a una reparación o sustitución gratuita y no cubre los daños provocados por accidentes, usos y manipulaciones indebidos ni por la omisión del mantenimiento obligatorio. Si necesita mantenimiento, póngase en contacto con su oficina local de HANNA Instrument. Si el instrumento está en garantía, indique el número de modelo, la fecha de compra, el número de serie y el tipo de problema. Si la reparación no está cubierta por la garantía, se le informará de los gastos incurridos. Para devolver el aparato a HANNA Instrument, debe obtener primero un número de Autorización para la Devolución de Productos (RCA) del departamento de servicio técnico, después envíelo con los gastos de envío pagados. Agregaré de un paquete bien cualquier instrumento que vaya a enviar para protegerlo debidamente.

Cambio de la pila

El medidor dispone de un indicador de pila o punto de agotarse. Cuando la pila se está agotando (menos del 10% de carga), este indicador parpadeará en el LCD. Cuando la batería se agota, aparecerá el mensaje "BAd bat" en el LCD durante dos segundos y el medidor se apagará.

Para cambiar la pila de botón CR2032, gire en sentido antihorario la tapa de la pila situada en la cara posterior del medidor para desbloquearla. Quite la tapa e inserte una pila nueva con el lado positivo + hacia arriba.

Nota: Cambie la pila en un lugar seguro y utilice una pila del tipo especificado en este manual de instrucciones. Las pilas viejas deben desecharse en el centro establecido las leyes locales.

MANUAL DE INSTRUCCIONES

pHep HI98107 Medidor de pH de bolsillo



Gracias

Gracias por elegir un producto HANNA Instrument. Los atendamos esta mañana antes de utilizar el instrumento.

Para más información sobre HANNA Instrument y nuestros productos, visite www.hanna.com o escríbanos un correo a sales@hanna.com.

Para recibir asistencia técnica, póngase en contacto con su oficina local de HANNA Instrument o escríbanos un correo a tech@hanna.com.

Busque su oficina local de HANNA Instrument en www.hanna.com.

Revisión previa

Extraiga el medidor del embalaje y realice cuidadosamente una comprobación que no haya sufrido daños durante el transporte. Si detecta daños evidentes, póngase en contacto con su oficina local de HANNA Instrument.

- Cada medidor se entrega con:
- Pila CR2032
 - Funda de protección o almacenamiento
 - Manual de instrucciones de pH 7.01 (2 uds.)
 - Certificado de calidad

Nota: conserve todo el material del embalaje hasta estar seguro de que el instrumento funciona correctamente. Si encuentra algún artículo defectuoso, deberá devolverlo en su embalaje original con los accesorios incluidos.

Preparación

El electrodo de pH se envía seco. Antes de utilizar el electrodo de pH, quite el tapón de protección y acondicione el electrodo sumergiéndolo en la solución de almacenamiento HI70300 o en solución tampón de pH 7.01 durante varias horas. A continuación, siga el procedimiento de calibración.

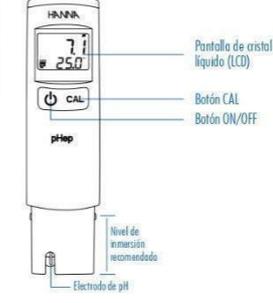
- No se permite su exposición a corrientes eléctricas ni a campos magnéticos.
- Encienda el electrodo de pH pulsando el botón ON/OFF.
- Quite el tapón de protección y sumerja el punto del electrodo en la muestra que desea analizar.
- Agite con suavidad y espere a que desaparezca el mensaje de estabilidad.
- Para obtener mejores resultados, calibre el aparato periódicamente.
- Tras el uso, lave el electrodo con agua y guárdelo en el tapón de protección con unas pocas gotas de solución de almacenamiento HI70300 o solución tampón de pH 4.01 o pH 7.01.
- Ponga siempre el tapón de protección cuando termine de utilizarlo.

NOTA: UTILICE AGUA DESTILADA O DESIONIZADA PARA ALIMENTAR LOS ELECTRODOS DE PH.

Si el electrodo no está calibrado o está seco, podrían observarse grandes diferencias en los lecturas de pH (±1.0 pH).

Nota: Antes y después de introducir la punta del electrodo en cualquier solución (tampón, solución de almacenamiento o muestra), debe lavarse con agua purificada (agua sometida a ósmosis inversa, destilada o desionizada).

Funcionamiento



Especificaciones

Rango	Entre pH 0.0 y 14.0 Entre 0.0 y 50.0 °C (entre 32.0 y 122.0 °F)
Resolución	0.1 pH / 0.1 °C / 0.1 °F
Precisión	±0.1 pH / ±0.5 °C / ±1.0 °F
Calibración	Automática, uno o dos puntos (pH 4.01, 7.01, 10.01)
Compensación de temperatura	Automática, entre 0 y 50 °C
Tipo de pila	Pila CR2032 de botón 3V (1 unidad)
Duración de la pila	Aproximadamente 800 horas de uso continuo
Condiciones de medida	Entre 0 y 50 °C (entre 32 y 122 °F); H.R. 100% máx.
Dimensiones	160 x 40 x 17 mm (6,3 x 1,6 x 0,7")
Peso (sin pila)	65 g

Guía de uso

Cómo encender el medidor

Pulse el botón ON/OFF para encender el medidor. Al iniciarse, mida los datos del LCD se muestran durante un segundo. A continuación, aparece el mensaje rectángulo de pila durante otro segundo. Después, el medidor entrará en el modo de medición normal.

Nota: Si mantiene pulsado el botón ON/OFF mientras se enciende el medidor, todos los datos del LCD se quedarán fijos mientras mantiene la pulsación.

Cómo entrar en el modo de calibración

Pulse el botón CAL. Se muestra el mensaje "CAL".

Cómo entrar en el modo de configuración

Este es el modo de medición, extraiga la tapa de la pila y pulse el botón situado en el compartimento de la pila.

Cómo configurar el medidor

Entre en el modo de medición y extraiga la tapa de la pila. Pulse el botón de configuración situado en el compartimento de la pila. El medidor entrará en el modo de configuración. Para moverse por los ajustes de configuración, pulse el botón ON/OFF. Pulse el botón CAL para cambiar la configuración.



La configuración por defecto es: escala de medición "Set F", °C, "OFF", 8 minutos. Tics realizar el tmo ajuste, sábdel modo de configuración.

Cómo seleccionar la escala de temperatura (°C/°F)

Para seleccionar la escala de medición, cuando aparezca "Set F" pulse el botón CAL y vea "C" o "F".

Cómo seleccionar el tiempo de apagado automático

Para configurar el apagado automático, cuando aparezca "OFF" pulse el botón CAL y elija entre 8 minutos, 60 minutos o — (desactivado).

Cómo volver al modo de medición

Pulse el botón ON/OFF para salir del menú.

Todos los derechos reservados. Se prohíbe la reproducción total o parcial sin permiso por escrito del titular de los derechos de autor.

Recomendaciones para los usuarios

Antes de utilizar los productos HANNA Instrument, asegúrese de que son totalmente aptos para su necesidades específicas y para el entorno en el que van a utilizarse. La utilización de este instrumento puede producir interferencias en otros equipos electrónicos. Tome las medidas necesarias para corregir dichos interferencias. Evitar tocar la zona del electrodo. Cualquier cambio que el usuario haga en el instrumento puede afectar la compatibilidad electromagnética del instrumento. No introduzca el instrumento en un horno microondas. No utilice ni almacene el instrumento en entornos peligrosos.

Medición y calibración de pH

- Asegúrese de haber calibrado el medidor antes de utilizarlo.
- Si el electrodo está seco, sumérjalo en solución de almacenamiento HI70300 durante 30 minutos para moxarlo.
- Sumerja el electrodo en la muestra que desea analizar mientras agita suavemente la solución. Espere hasta que el indicador de estabilidad del LCD desaparezca.
- La pantalla muestra el valor de pH (compensado automáticamente por la temperatura) en el LCD primario, mientras que el LCD secundario muestra la temperatura de la muestra.
- Si muestra varias lecturas seguidas en distintas muestras, veja que bien la punta del electrodo para evitar la contaminación cruzada. Tercer limpiez, enjuague la punta del electrodo con un poco de agua desionizada y un poco de la muestra que se va a analizar.

Calibración de pH

- Entre en el modo de calibración mientras está en el modo de medición de pH.
- Coloque el electrodo en el primer tampón de calibración. Si va a realizar una calibración en dos puntos, use primero el tampón de pH 7.01.
- El medidor entrará en el modo de calibración. En la pantalla se mostrará el mensaje "pH 01 USF".
- Coloque el electrodo en el tampón de pH 7.01, 4.01 o 10.01. El medidor reconocerá automáticamente el valor del tampón.
- Si se reconoce el tampón, aparecerá el mensaje "REC" hasta que la lectura se estabilice y se acepte la calibración.
- Si el tampón no se reconoce, el electrodo de pH no está sumergido en la solución o el valor está fuera del rango aceptado, aparecerá el mensaje "Err".
- Si usa el tampón de pH 7.01, tras la aceptación del tampón, pulse el botón CAL para salir. Aparecerá el mensaje "Star" y el medidor volverá al modo de medición de pH.
- Si usa el tampón de pH 4.01 o pH 10.01, aparecerá el mensaje "Star" y el medidor volverá al modo de medición de pH.
- Se mostrará la palabra "CAL" en el modo de medición junto al mensaje de tampón calibrado.

HANNA Instrument se reserva el derecho a modificar el diseño, la construcción y el aspecto de sus productos sin aviso previo.

Figura N° 69: Certificado de medidor de pH HANNA.



Instrument: HI98107

S/N: HA04442815

Software version: v1.01

Description: Pocket-sized pH meter

Made in: ROMANIA

Hanna Instruments certifies that this instrument has been produced, calibrated and tested to meet all applicable Hanna procedures, using standards and reference instruments, the accuracy of which is traceable to the National Institute of Standards (NIST) in the USA or to internationally acceptable national physical standards. The standards and reference instruments used in calibration and testing are supported by a calibration system which meets requirements of ISO9001.

The following tests have been performed according with the reference from the Quality Check Procedure of the meter.

The results are listed below: *

Calibration Points	Results
7.01 4.01 pH	Passed
7.01 10.01 pH	Passed

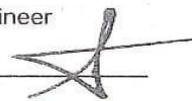
Testing Points	Measurement
7.0 pH	7.0 pH
10.0 pH	10.0 pH
24.1 °C	24.3 °C

** All the above measurements were done at 25°C with the current configuration.*

Calibration, functionality test, aesthetic control and packing have been met.

Date: 2021-01-13 Inspector: Corina Pop

Title: Engineer

Signature: 



QC_HI98107_rev.0.2. / 8

page 1 of 1

Hanna Instruments Inc. 584 Park East Drive
Woonsocket, RI 02895
www.hannainst.com

Figura N° 70: Certificado de medidor de pH HANNA.

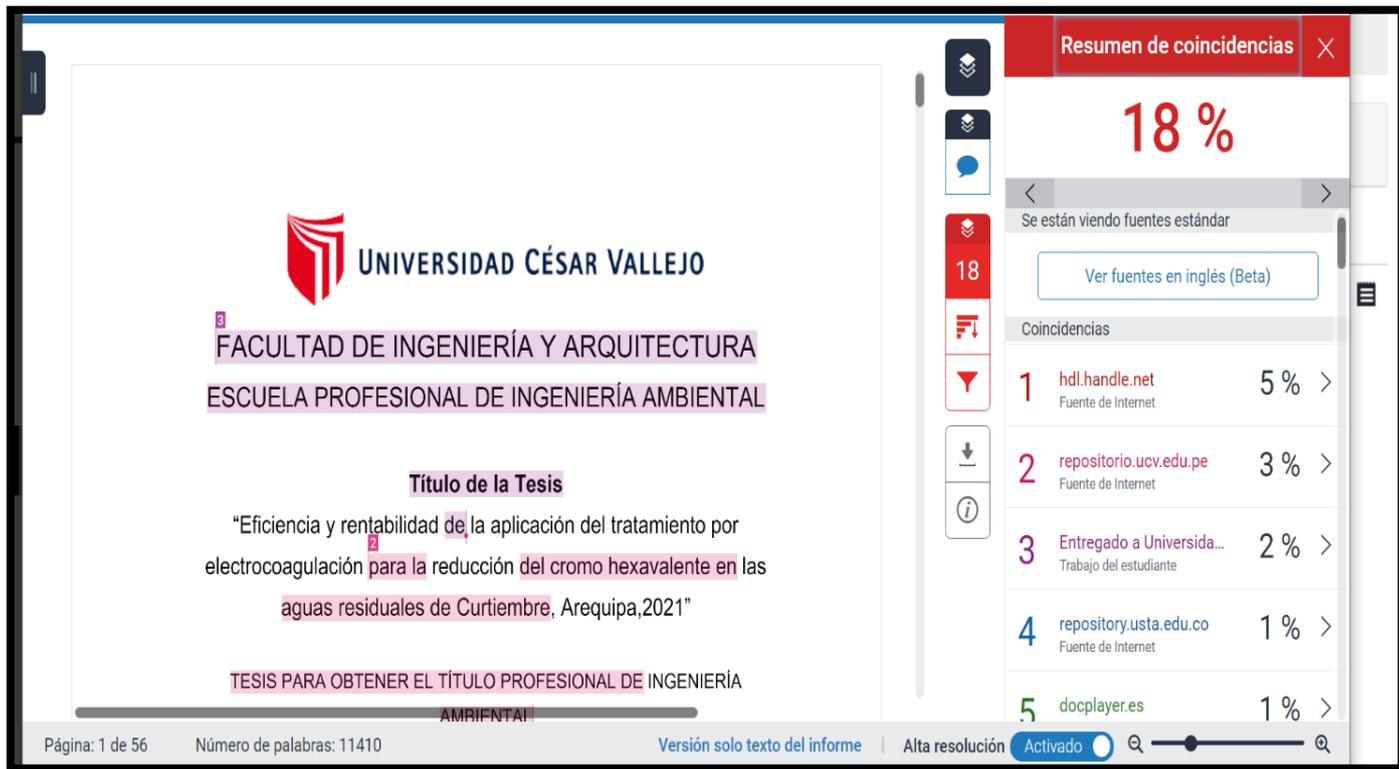


Specification GARMIN GPS Etrex-10

Physical & Performance:	
Unit dimensions, WxHxD:	2.1" x 4.0" x 1.3" (5.4 x 10.3 x 3.3 cm)
Display size, WxH:	1.4" x 1.7" (3.6 x 4.3 cm); 2.2" diag (5.6 cm)
Display resolution, WxH:	128 x 160 pixels
Display type:	transflective, monochrome
Weight:	5 oz (141.7 g) with batteries
Battery:	2 AA batteries (not included); NiMH or Lithium recommended
Battery life:	25 hours
Waterproof:	yes (IPX7)
Floats:	no
High-sensitivity receiver:	yes
Interface:	USB
Maps and Memory:	
Basemap:	yes
Waypoints/favorites/locations:	1000
Routes:	50
Track log:	10,000 points, 100 saved tracks
Features and Benefits:	
Camera:	no
Geocaching-friendly:	yes (paperless)
Custom maps compatible:	no
Photo navigation (navigate to geotagged photos):	no
Hunt/fish calendar:	yes
Sun and moon information:	yes

Figura N° 71: Ficha Técnica del GPS GARMIN

Anexo N°11: Constancia de Turnitin



The screenshot displays a Turnitin similarity report for a document. The document content includes the logo of Universidad César Vallejo, the faculty name 'FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA', the school name 'ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL', and the thesis title: 'Eficiencia y rentabilidad de la aplicación del tratamiento por electrocoagulación para la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de Curtiembre, Arequipa, 2021'. The thesis is for a professional engineering degree. The similarity score is 18%. The report lists five sources of similarity:

Rank	Source	Percentage
1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %
4	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	1 %
5	docplayer.es Fuente de Internet	1 %

At the bottom of the report, it shows 'Página: 1 de 56', 'Número de palabras: 11410', and options for 'Versión solo texto del informe', 'Alta resolución', and 'Activado'.

Figura N° 72: Constancia de turnitin

Anexo N°12: Validación de instrumentos de recolección de datos

Ficha01: Registro de datos de monitoreo de agua residual de curtiembre.	
TITULO	“Eficiencia y rentabilidad de la aplicación del tratamiento por electrocoagulación para la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de Curtiembre, Arequipa,2021”
LINEA DE INVESTIGACION	Tratamiento y Gestión de Residuos
FACULTAD	Ingeniería
REALIZADO POR	1. Alejandra Elva Soto Miranda 2. Brandon Aguilar Ruelas
ASESOR	Mg. María Paulina Aliaga Martínez

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA					
CODIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
TIPO DE AGUA					
NOMBRE DEL RESPONSABLE (S)					
FECHA DE MUESTREO				HORA DE MUESTREO	
UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO		COORDENADAS WGS 84		E	
				N	
ANALISIS DE LOS PARAMETROS (IN SITU)					
EQUIPO		MARCA		MODELO	
PARAMETROS	UNIDAD DE MEDIDA				
Ph	1-14				
Temperatura	C°				
Conductividad	mS/cm				
TOMA DE MUESTRA DE AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE					
Concentración de Cromo ⁺⁶ en agua residual de curtiembre	mg/L				



CARLOS HUMBERTO
ALVARO RODRIGUEZ
Ingeniero Químico
CIP N° 37813



Dr. HAROLD ROSTA S.
C.I.P. N° 25450



Nombre: Mg. María Paulina Aliaga Martínez
CIP:59443

Figura N° 73: Ficha 01 Registro de datos de monitoreo de agua residual de curtiembre

Ficha02: Pruebas de Laboratorio de electrocoagulación con placas de aluminio.	
TITULO	“Eficiencia y rentabilidad de la aplicación del tratamiento por electrocoagulación para la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de Curtiembre, Arequipa,2021”
LINEA DE INVESTIGACION	Tratamiento y Gestión de Residuos
FACULTAD	Ingeniería
REALIZADO POR	1. Alejandra Elva Soto Miranda 2. Brandon Aguilar Ruelas
ASESOR	Mg. María Paulina Aliaga Martínez

Pruebas	Electrocoagulación con placas de aluminio.					
	Tiempo (min)	Tensión Eléctrica V	Intensidad Eléctrica A	Temperatura °C	pH del agua residual de curtiembre	Cantidad de energía consumida Kw/h
P1						
P2						
P3						



CARLOS HUMBERTO
ALVARADO RODRIGUEZ
Ingeniero Químico
CIP N° 37815



Mg. MARÍA PAULINA ALIAGA MARTÍNEZ
CIP N° 25450



Nombre: Mg. María Paulina Aliaga Martínez
CIP:59443

Figura N° 74: Ficha 02 Pruebas de laboratorio de electrocoagulación con placas de aluminio

Ficha03: Concentración cromo hexavalente pre y post tratamiento de Electrocoagulación.	
TITULO	"Eficiencia y rentabilidad de la aplicación del tratamiento por electrocoagulación para la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de Curtiembre, Arequipa,2021"
LINEA DE INVESTIGACION	Tratamiento y Gestión de Residuos
FACULTAD	Ingeniería
REALIZADO POR	1. Alejandra Elva Soto Miranda 2. Brandon Aguilar Ruelas
ASESOR	Mg. María Paulina Aliaga Martínez

Parámetros	Unidad	VMA D.S. 010 – 2019 - Vivienda	Pre tratamiento de electrocoagulación.	Post tratamiento de electrocoagulación.	Cantidad reducida
Temperatura	°C				
Conductividad	mS/cm				
pH	-				
Cromo ⁺⁶	ppm				



ALVARO RODRIGUEZ
INGENIERO QUÍMICO
CIP N° 37813



Mg. María Paulina Aliaga Martínez
CIP N° 25450



Nombre: Mg. María Paulina Aliaga Martínez
CIP: 59443

Figura N° 75: Ficha 03 Concentración de cromo hexavalente pre y post tratamiento de electrocoagulación

Anexo N° 13: Validación de datos


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha01: Registro de datos de monitoreo de agua residual de curtiembre.

TITULO	"Eficiencia y rentabilidad de la aplicación del tratamiento por electrocoagulación para la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de Curtiembre, Arequipa, 2021"		
LINEA DE INVESTIGACION	Tratamiento y Gestión de Residuos		
FACULTAD	Ingeniería		
REALIZADO POR	1. Alejandra Elva Soto Miranda 2. Brandon Aguilar Ruelas		
ASESOR	Mg. María Paulina Aliaga Martínez		

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Curtiembre		
CODIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	ARCU1		
TIPO DE AGUA	Agua residual		
NOMBRE DEL RESPONSABLE (S)	Alejandra Elva Soto Miranda Brandon Aguilar Ruelas		
FECHA DE MUESTREO	22-04-21	HORA DE MUESTREO	08:45
UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS WGS 84	E	0222938
		N	8190023
ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS (IN SITU)			
EQUIPO	Ph metro Multiparametro	MARCA	HANNA WTW
		MODELO	HI9873630
PARAMETROS	UNIDAD DE MEDIDA		
pH	1-14	3,2	
Temperatura	°C	29,7	
Conductividad	mS/cm	5,32	
TOMA DE MUESTRA DE AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE			
Concentración de Cromo ^{VI} en agua residual de curtiembre	mg/L	0,87	



Dr. Heracio Alzatas
CIP N° 25450



CARLOS HUMBERTO ALFARO RODRIGUEZ
 Ingeniero Químico
 CIP N° 37913



Nombre: Mg. María Paulina Aliaga Martínez
CIP: 59443

Figura N° 76: Ficha N° 01 registro de datos de monitoreo validada.

Ficha02: Pruebas de Laboratorio de electrocoagulación con placas de aluminio.

TITULO	"Eficiencia y rentabilidad de la aplicación del tratamiento por electrocoagulación para la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de Curtiembre, Arequipa, 2021"
LINEA DE INVESTIGACION	Tratamiento y Gestión de Residuos
FACULTAD	Ingeniería
REALIZADO POR	1. Alejandra Elva Soto Miranda 2. Brandon Aguilar Ruelas
ASESOR	Dr. Acosta Suasnabar Eusterio Horacio.

Pruebas	Electrocoagulación con placas de aluminio.					
	Tiempo (min)	Tensión Eléctrica V	Intensidad Eléctrica A	Temperatura °C	pH del agua residual de curtiembre	Cantidad de energía consumida Kw/h
P1	15	40	.14	20°C	3,2	0,014
P2	30	40	.14	20°C	3,2	0,028
P3	45	40	.14	20°C	3,2	0,042



Dr. HORACIO ACOSTA S.
CIP N° 25450



CARLOS HUMBERTO
ALFARO RODRIGUEZ
Ingeniero Químico
CIP N° 37913



Nombre: Mg. María Paulina Allaga Martínez
CIP: 59443

Figura N° 77: Ficha N°02 pruebas de laboratorio de electrocoagulación con placas de aluminio validada.

Ficha03: Concentración cromo hexavalente pre y post tratamiento de Electrocoagulación.

TITULO	"Eficiencia y rentabilidad de la aplicación del tratamiento por electrocoagulación para la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de Curtiembre, Arequipa, 2021"
LINEA DE INVESTIGACION	Tratamiento y Gestión de Residuos
FACULTAD	Ingeniería
REALIZADO POR	1. Alejandra Elva Soto Miranda 2. Brandon Aguilar Ruelas
ASESOR	Dr. Acosta Suasnabar Eusterio Horacio.

Parámetros	Unidad	VMA D.S. 010 - 2019 - Vivienda	Pre tratamiento de electrocoagulación.	Post tratamiento de electrocoagulación.	Cantidad reducida
Temperatura	°C	< 35	20	34	+14
Conductividad	mS/cm	-	5,32	2,25	3,03
pH	-	6 - 9	3,2	7,1	3,9
Cromo ⁺⁶	ppm	0,5	0,87	0,54	0,33


Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450


**CARLOS HUMBERTO
ALFARO RODRIGUEZ**
 Ingeniero Químico
 CIP N° 37913


 Nombre: Mg. María Paulina Allaga Martínez
 CIP: 58443

Figura N° 78: Ficha N°03 prueba N°01 de 15 minutos validada

Ficha03: Concentración cromo hexavalente pre y post tratamiento de Electrocoagulación.	
TITULO	"Eficiencia y rentabilidad de la aplicación del tratamiento por electrocoagulación para la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de Curtiembre, Arequipa, 2021"
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y Gestión de Residuos
FACULTAD	Ingeniería
REALIZADO POR	1. Alejandra Elva Soto Miranda 2. Brandon Aguilar Ruelas
ASESOR	Dr. Acosta Suasnabar Eusterio Horacio.

Parámetros	Unidad	VMA D.S. 010 - 2019 - Vivienda	Pre tratamiento de electrocoagulación.	Post tratamiento de electrocoagulación.	Cantidad reducida
Temperatura	°C	< 35	20	47	+ 27
Conductividad	mS/cm	-	5,32	2,19	3,09
pH	-	6-9	3,2	8,4	5,2
Cromo ⁺⁶	ppm	0,5	0,87	0,16	0,71



Dr. HORACIO ACOSTA S.
CIP N° 25450



CARLOS HUMBERTO
ALVARO RODRIGUEZ
Ingeniero Químico
CIP N° 37913



Nombre: Mg. María Paulina Allaga Martínez
CIP: 53443

Figura N° 79: Ficha N°03 prueba N°02 de 30 minutos validada

Ficha03: Concentración cromo hexavalente pre y post tratamiento de Electrocoagulación.

TITULO	"Eficiencia y rentabilidad de la aplicación del tratamiento por electrocoagulación para la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de Curtiembre, Arequipa, 2021"
LINEA DE INVESTIGACION	Tratamiento y Gestión de Residuos
FACULTAD	Ingeniería
REALIZADO POR	1. Alejandra Eiva Soto Miranda 2. Brandon Aguilar Ruelas
ASESOR	Dr. Acosta Suasnabar Eusterio Horacio.

Parámetros	Unidad	VMA D.S. 010 - 2019 - Vivienda	Pre tratamiento de electrocoagulación.	Post tratamiento de electrocoagulación.	Cantidad reducida
Temperatura	°C	< 35	20	48	+ 28
Conductividad	mS/cm	-	5,32	2,10	3,18
pH	-	6-9	3,2	9,1	5,9
Cromo *6	ppm	0,5	0,87	< 0,010	0,86



Dr. HORACIO ACOSTA S.
CIP N° 25450



CARLOS HUMBERTO
ALVARO RODRIGUEZ
Ingeniero Químico
CIP N° 37913



Nombre: Mg. María Paulina Allaga Martínez
CIP: 59443

Figura N° 80: Ficha N°03 prueba N°03 de 45 minutos validada.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar Eusterio Horacio.**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV-LN
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador/UCV Lima Norte**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha01: **Registro de datos de monitoreo de agua residual de curtiembre.**
- 1.5. Autores(as) de Instrumento: **Aguilar Ruelas, Brandon y Soto Miranda Alejandra Elva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

Lima, 26 de Abril de 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

Figura N° 81: Ficha de validación N°01.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar Eusterio Horacio.**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV-LN
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador/UCV Lima Norte**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha02: **Pruebas de Laboratorio de electrocoagulación con placas de aluminio.**
- 1.5. Autores(as) de Instrumento: **Aguilar Ruelas, Brandon y Soto Miranda Alejandra Elva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

Lima, 26 de Abril de 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

Figura N° 82: Ficha de validación N°02.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar Eusterio Horacio.**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador/UCV Lima Norte**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha03: Concentración cromo hexavalente pre y post tratamiento de Electrocoagulación.**
- 1.5. Autores(as) de Instrumento: **Aguilar Ruelas, Brandon y Soto Miranda Alejandra Elva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

Lima, 26 de Abril de 2021



Dr. HORACIO ACOSTA S.
C.I.P. N° 25450

Figura N° 83: Ficha de validación N°03.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. María Paulina Aliaga Martínez.**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV-LN
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador/UCV Lima Norte**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha01: **Registro de datos de monitoreo de agua residual de curtiembre.**
- 1.5. Autores(as) de Instrumento: **Aguilar Ruelas, Brandon y Soto Miranda Alejandra Elva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Lima, 26 de abril de 2021



Nombre: **Mg. María Paulina Aliaga Martínez**
CIP: 59443

Figura N° 84: Ficha de validación N° 01.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. María Paulina Aliaga Martínez.**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador/UCV Lima Norte**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha02: Pruebas de Laboratorio de electrocoagulación con placas de aluminio.**
- 1.5. Autores(as) de Instrumento: **Aguilar Ruelas, Brandon y Soto Miranda Alejandra Elva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Lima, 26 de abril de 2021



Nombre: **Mg. María Paulina Aliaga Martínez**
CIP: 59443

Figura N° 85: Ficha de validación N° 02.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. María Paulina Aliaga Martínez.**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador/UCV Lima Norte**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha03: Concentración como hexavalente pre y post tratamiento de Electrocoagulación.**
- 1.5. Autores(as) de Instrumento: **Aguilar Ruelas, Brandon y Soto Miranda Alejandra Elva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Lima, 26 de abril de 2021



Nombre: **Mg. María Paulina Aliaga Martínez**
CIP: 59443

Figura N° 86: Ficha de validación N° 03.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Alfaro Rodríguez Carlos Humberto.**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador/UCV Lima Norte**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha01: Registro de datos de monitoreo de agua residual de curtiembre.**
- 1.5. Autores(as) de Instrumento: **Aguilar Ruelas, Brandon y Soto Miranda Alejandra Elva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95



CARLOS HUMBERTO ALFARO RODRIGUEZ
Ingeniero Químico
CIP N° 37913

Lima, 26 de abril de 2021

Figura N° 87: Ficha de validación N° 01.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Alfaro Rodríguez Carlos Humberto.**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador/UCV Lima Norte**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha02: Pruebas de Laboratorio de electrocoagulación con placas de aluminio.**
- 1.5. Autores(as) de Instrumento: **Aguilar Ruelas, Brandon y Soto Miranda Alejandra Elva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95



CARLOS HUMBERTO
 ALFARO RODRIGUEZ
 Ingeniero Químico
 CIP N° 37913

Lima, 26 de abril de 2021

Figura N° 88: Ficha de validación N° 02.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Alfaro Rodríguez Carlos Humberto.**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador/UCV Lima Norte**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha03: Concentración cromo hexavalente pre y post tratamiento de Electrocoagulación.**
- 1.5. Autores(as) de Instrumento: **Aguilar Ruelas, Brandon y Soto Miranda Alejandra Elva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95



CARLOS HUMBERTO
ALFARO RODRIGUEZ
Ingeniero Químico
CIE N° 37813

Lima, 26 de abril de 2021

Figura N° 89: Ficha de validación N° 03.

Anexo N°13: Certificado de Laboratorio

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación al:

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

Laboratorio de Ensayo

Prolongación Zaramilla, Mz D2 Lt 3, Asociación Daniel Alcides Carrión, distrito de Bellavista, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima

Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 26 de julio de 2019
Fecha de Vencimiento: 25 de julio de 2023



ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0547-2019/INACAL-DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación
N°025-16/INACAL-DA
Registro N° : LE-096

Fecha de emisión: 24 de julio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cobija de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M-V02 DE-LAB-08

Figura N° 90: Certificado de laboratorio