



Universidad César Vallejo

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

**Proceso de Oxidación empleando clorinación para la remoción
de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio,
2023**

**TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTORES:

Cuadros Alegria, Dyck Everest (orcid.org/0009-0008-5197-4151)

Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo (orcid.org/0009-0002-1743-2793)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

Dedicatoria

Este trabajo de tesis, está dedicado a mis padres por forjar en mi persona que uno no puede rendirse y que debemos superarnos cada día de nuestra vida, dedicado también a mi pareja Katherine por motivarme a seguir con las metas de la carrera profesional, a mi hermana y familiares cercanos por su ayuda incondicional a que este trabajo de tesis se pueda culminar.

Cuadros Alegria, Dyck E.

Quiero dedicar esta presente tesis a mis padres Blanca y Pompeo, a mi novia Natalia, hermanos Jhonny, Yessenia, Yullises y Yelcid; y sobrinos; porque son mi más grande motivación y a su vez de ellos aprendo la disciplina y ambición de prosperidad.

Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo

Agradecimiento

A Dios, por guiarme y siempre estar conmigo en todo momento. A la Universidad César Vallejo por darme la oportunidad de culminar con éxito la presente tesis. Al asesor Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio que con sus enseñanzas y conocimientos hicieron posible la culminación de esta etapa de mi vida profesional.

Cuadros Alegria, Dyck E.

En primer lugar agradecer a Dios por brindarme las personas necesarias para mi desarrollo en la vida. Agradecer a mis padres por brindarme las herramientas importantes, paciencia y empuje en toda mi etapa de educación. Una mención especial al Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio por ser nuestro asesor y que con su sabiduría nos llevó de la mano en esta investigación.

Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Proceso de Oxidación Empleando Clorinación para la Remoción de Cianuro con Muestra Acondicionada a Nivel de Laboratorio, 2023", cuyos autores son CUADROS ALEGRIA DYCK EVEREST, NUÑEZ TEJADA JORDY POMPEYO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 21 de febrero del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI DNI: 07234567 ORCID: 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 10- 04-2024 17:41:05

Código documento Trilce: TRI - 0738605





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CUADROS ALEGRIA DYCK EVEREST, NUÑEZ TEJADA JORDY POMPEYO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Proceso de Oxidación Empleando Clorinación para la Remoción de Cianuro con Muestra Acondicionada a Nivel de Laboratorio, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
CUADROS ALEGRIA DYCK EVEREST DNI: 46352350 ORCID: 0009-0008-5197-4151	Firmado electrónicamente por: DYCUADROSAL el 06-04-2024 17:09:40
NUÑEZ TEJADA JORDY POMPEYO DNI: 74021864 ORCID: 0009-0002-1743-2793	Firmado electrónicamente por: JPNUNEZ el 06-04-2024 15:50:40

Código documento Trilce: INV - 1625245

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de gráficos y figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO	5
III.METODOLOGÍA	16
3.1.Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Variable y operacionalización	16
3.3.Población, muestra y muestreo	17
3.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5.Procedimiento	18
3.6.Método de análisis de datos	22
3.7.Aspectos éticos	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES	42
VII. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS	52

Índice de tablas

Tabla 1. Caracterización Fisicoquímica	23
Tabla 2. Eficiencia de remoción al 2% NaClO	24
Tabla 3. Eficiencia de remoción al 4% NaClO	24
Tabla 4. Eficiencia de remoción al 6% NaClO	25
Tabla 5. pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro	27
Tabla 6. Eficiencia de remoción al 2% NaClO	27
Tabla 7. Eficiencia de remoción al 4% NaClO	28
Tabla 8. Eficiencia de remoción al 6% NaClO	29
Tabla 9. pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro	30
Tabla 10. Eficiencia de remoción al 2% NaClO	30
Tabla 11. Eficiencia de remoción al 4% NaClO	31
Tabla 12. Eficiencia de remoción al 6% NaClO	32
Tabla 13. pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro	34
Tabla 14. Remoción de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio según nivel de PH inicial	34
Tabla 15. Prueba de Tukey para comparar los niveles de PH inicial para la remoción de cianuro	35
Tabla 16. hipoclorito de sodio en el proceso de oxidación para la remoción de cianuro	36
Tabla 17. Prueba de Tukey para comparar los niveles hipoclorito de sodio para la remoción de cianuro	36
Tabla 18. Comparación de las dosis en el proceso de oxidación para la remoción de cianuro	38
Tabla 19. prueba de Tukey de acuerdo a la dosis	38

Índice de gráficos y figuras

Gráfico 1. Etapas de la oxidación de cianuro	14
Gráfico 2. Eficiencia de remoción para la primera muestra	24
Gráfico 3. Eficiencia de remoción para la primera muestra	29
Gráfico 4. Eficiencia de remoción para la primera muestra	33
Gráfico 5. Eficiencia de remoción de cianuro	34
Gráfico 6. Concentración final media de cianuro	36
Gráfico 7. Concentración final media de cianuro	37
Gráfico 8. Concentración final media de cianuro	38
Figura 1. Formas y especies de cianuro	11
Figura 2. Cianuro libre y complejos metal-cianuro	12
Figura 3. Impactos de la toxicidad del cianuro a corto y largo plazo en el cuerpo humano	12
Figura 4. Aplicaciones del Hipoclorito	14
Figura 5. Validación de equipos de laboratorio	18

Resumen

En el presente estudio se tuvo como objetivo determinar el efecto que presenta la aplicación del proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro; aplicando una metodología de tipo aplicada donde el enfoque del diseño fue experimental puro.

Así, se obtuvo que el efecto que presenta la aplicación del proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro permite la reducción eficiente del CN⁻ por debajo de los Valores Máximos Admisibles (VMA). Siendo así que, la concentración inicial de CN y pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro es de 721.11 y 612.03 mg/l y un pH alcalino; disminuyendo notablemente desde un pH 9 hacía adelante. La dosis óptima de hipoclorito de sodio en el proceso de oxidación para la remoción de cianuro es de 22ml a una concentración del 6%, ya que, con dichos valores se logra conseguir promedios de remoción altamente eficientes. Las concentraciones finales de cianuro después del proceso de oxidación por clorinación lograron permitir que los valores que se encontraban inicialmente en 612.03, 721.11 y 811.02 mg/l se reduzcan hasta 0.73, 0.01 y 1.06mg/l respectivamente; siendo el VMA para el área correspondiente es de 1.0.

Palabras clave: Cianuro, clorinación, oxidación, hipoclorito de sodio

Abstract

The objective of the present study was to determine the effect of the application of the oxidation process using chlorination for cyanide removal; applying an applied methodology where the focus of the design was pure experimental.

Thus, it was obtained that the effect of the application of the oxidation process using chlorination for the removal of cyanide allows the efficient reduction of CN- below the Maximum Allowable Values (MAV). Thus, the initial CN concentration and pH at which the highest average cyanide removal occurs is 721.11 and 612.03 mg/l and an alkaline pH; decreasing notably from pH 9 onwards. The optimal dose of sodium hypochlorite in the oxidation process for cyanide removal is 22ml at a concentration of 6%, since, with these values, highly efficient removal averages can be achieved. The final cyanide concentrations after the chlorination oxidation process allowed the initial values of 612.03, 721.11 and 811.02 mg/l to be reduced to 0.73, 0.01 and 1.06 mg/l respectively; the VMA for the corresponding area is 1.0.

Keywords: cyanide, chlorination, oxidation, sodium hypochlorite.

I. INTRODUCCIÓN

Las amplias fuentes de generación de cianuro (CN) han venido generando preocupación en diversos países del mundo debido a sus efectos negativos en el ecosistema y su alta toxicidad (Soriano D. et al., 2018, p.2). Siendo que empresas como la minería, estadísticamente, producen alrededor de cuatro metros cúbicos de aguas residuales con cianuro durante el tratamiento de mil kilogramos de mineral de oro (Pan Yubo et al., 2022, p.5).

Otros ejemplos de actividades comerciales que producen efluentes líquidos que contienen cianuros son las industrias galvánicas y mineras donde se realiza la extracción de plata y oro (Devi P. et al., 2021, p.183). En los países industrializados se producen a través de incendios domésticos las exposiciones peligrosas al cianuro (Johnson D. y Kamisha L., 2020, p.473).

Así también, minas de cobre, pintura, acabado de superficies y los procesos petroquímicos (Saim A. et al., 2023, p.1). Donde, los residuos de estos procesos contienen cianuro tóxico, que causa contaminación medioambiental y riesgos para la salud (Han W. et al., 2022, p.1).

Ante esto se suma la problemática por la contaminación de las fuentes de agua superficial y subterránea por contaminantes químicos, siendo entre estos el más peligroso el cianuro, ya que es letal hasta en concentraciones muy bajas (Sherin S. et al., 2022, p.1). Presenta una contaminación en cadena, desde el agua superficial, subterránea, vegetación, animales por ingesta y al ser humano, provocando graves problemas de salud (Oguz A. et al., 2023, p.1).

Además, se dice que el vertido de soluciones de cianuro en masas de agua hace que éstas se desintoxiquen rápidamente y liberen cianuro de hidrógeno a la atmósfera (Bruger A. et al., 2018, p.2).

Por ello, los efluentes industriales deben presentar un tratamiento antes de su vertido, además de cumplir con la normativa medioambiental, ya que el cianuro es una sustancia peligrosa por su toxicidad; como se pudo detallar anteriormente.

Para su tratamiento se han creado diversos métodos basados en procesos físicos, químicos y biológicos. Considerándose los procesos físico-químicos convencionales los mejores; ya que, presentan técnicas de pretratamiento para promover la biodegradabilidad (Alvillo Rivera A. et al., 2021, p.1).

Donde, al emplear hipoclorito de sodio en el proceso fisicoquímico para tratar este tipo de contaminantes se puede generar como beneficio la reutilización del agua a tratar (Pourehie O. y Saien J., 2021, p.2).

Es así que se generó el problema de estudio: ¿Cuál es el efecto que presenta la aplicación del proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro?

Los problemas específicos son:

- ¿Cuál es la concentración inicial de CN y pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio después del proceso de oxidación por clorinación?
- ¿Cuál es la dosis óptima de hipoclorito de sodio en el proceso de oxidación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio?
- ¿Cuáles son las concentraciones finales de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio después del proceso de oxidación por clorinación?

Así mismo, el objetivo general busca: Determinar el efecto que presenta la aplicación del proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro

Como objetivos específicos, se detallan los siguientes:

- Analizar la concentración inicial de CN y pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio después del proceso de oxidación por clorinación
- Identificar la dosis óptima de hipoclorito de sodio en el proceso de oxidación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio
- Definir las concentraciones finales de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio después del proceso de oxidación por clorinación

La hipótesis general del estudio, fue planteado: El proceso de oxidación empleando clorinación es eficiente para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio

Las hipótesis específicas son:

- La concentración inicial de CN y pH adecuado son eficientes para presentar el mayor promedio de remoción de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio después del proceso de oxidación por clorinación
- La dosis optima de hipoclorito de sodio en el proceso de oxidación presenta eficientes resultados para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio
- La concentración final obtenida de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio después del proceso de oxidación por clorinación son menores al valor máximo admisible.

Ante lo mencionado en el estudio existe justificación teórica, siendo detallados mediante los antecedentes, en los cuales se detallan trabajos

a nivel internacional, donde explican el proceso de oxidación y su eficiencia en la remoción de cianuro mediante la clorinación; estos sirven de base para el apoyo o discusión de resultados a obtener.

Así también se menciona la justificación práctica, punto en el cual mediante los resultados obtenidos a nivel de laboratorio se podrá generar una información para futuros investigadores interesados en el tema o futuros tesisistas que deseen aplicar a nivel real el proceso de oxidación, teniendo en conocimiento la información de los valores de parámetros que permitirán obtener resultados eficientes en la remoción de cianuro.

Además, mediante la justificación ambiental, el presente trabajo contribuirá con minimizar los impactos que se puedan generar por la contaminación de cianuro generado por diversas actividades, en los ecosistemas y posteriormente en el ser humano, ya que este al no recibir un pretratamiento a tiempo puede ser letal al tener contacto con algún recurso o en la salud.

II. MARCO TEÓRICO

De acuerdo con la problemática de la falta de pretratamiento a las aguas residuales generadas en diversas actividades industriales en las que se produce el cianuro, se presentan diversos estudios que tratan su remoción:

Li Haoyu et al., (2021, p.1); en su trabajo, con el fin de recuperar el oro de los materiales de desecho producidos durante la fabricación de oro, esta investigación propone un tratamiento térmico de cloración más limpio. La metodología consistió en someter los residuos de cianuro (CT) a un tratamiento térmico de cloración y a un análisis por espectrometría de masas termogravimétrica (TG-MS). El Cl_2 fue la principal sustancia química implicada en la reacción de cloración, y prácticamente no se creó HCl, según los datos y cálculos termodinámicos realizados con FactSage. Se investigó el efecto de la temperatura de tostación en las variaciones de las concentraciones de Au, Cl y S, así como en la composición de las fases, con el fin de comprender mejor el mecanismo de recuperación del oro. Los resultados demostraron que el oro no se recuperaba de varios portadores en la escoria simultáneamente, sino que se recuperaba por etapas dependiendo del grado de envoltura. En circunstancias ideales, la tostación de TC con un 5% en peso de CaCl_2 a 1273 K dio lugar a una recuperación de oro de aproximadamente el 90% en peso.

Pan Yubo et al., (2022, p.1), en este trabajo presentó como objetivo elaborar un fotocatalizador sencillo y eficiente con una adsorción y una actividad fotocatalítica mejoradas. En la metodología, se utilizó el método de dispersión en estado sólido (SSD) para crear con éxito un nuevo fotocatalizador compuesto que incluía zeolita basada en silicio (ZSM-5), nanodióxido de titanio (nano- TiO_2) y óxido de grafeno (GO). Se realizaron otras pruebas con diversas concentraciones de nano- TiO_2 , diversas longitudes de onda de la fuente de luz, diversas dosis de catalizador, diversos experimentos de control con diversos materiales, y medición del pH y del potencial zeta. Los resultados mostraron que la tasa de degradación fotocatalítica del cianuro total y del cobre pudo superar el 98,73% y el 98,96%, respectivamente, en presencia de 3,0 g/L de GTZ-60 (fotocatalizador compuesto de

GO/TiO₂/ZSM-5 con una cantidad de 60 % en peso de TiO₂). El cianuro total se descompuso según una cinética de pseudo-primer orden. Se consiguió una alta eficiencia fotocatalítica gracias a las características fotoeléctricas del GTZ-60, que sin duda potenciaron la migración y separación de electrones (e) y huecos (h+) fotogenerados.

Amaouche Hamza et al., (2019, p.1), en su investigación el objetivo fue la oxidación de cianuro libre en soluciones acuosas utilizando peróxido de hidrógeno H₂O₂ y nanopartículas de óxido de cobre como catalizadores. En la metodología, se estudiaron los efectos sobre la eliminación del cianuro de la relación molar inicial [H₂O₂]₀/[CN]₀, la dosis de catalizador, la temperatura, el pH y la estabilidad del catalizador. Los resultados mostraron que, la utilización de óxido de cobre ha aumentado la velocidad de las reacciones demostrando la actividad catalítica. Al aumentar la dosis de catalizador de 0,5 g/L a 5,0 g/L, la eficiencia de eliminación del cianuro aumentó del 60% al 94%. La eliminación del cianuro se facilita aumentando la temperatura de 20 °C a 35 °C, y el catalizador muestra una gran estabilidad cuando se reutiliza cuatro veces seguidas. En conclusión, la cinética de eliminación del cianuro era de pseudo-primer orden con respecto al cianuro.

Pan Yubo et al., (2021, p.1), en su trabajo el objetivo fue emplear una técnica eficaz para eliminar los cianuros y los complejos de cianuro metálico es la oxidación fotocatalítica. Ante ello, la metodología utilizó dispersión en estado sólido (SSD) para crear fotocatalizadores compuestos de TiO₂/ZSM-5 con distintas proporciones de SiO₂/Al₂O₃. Bajo diversos periodos de adsorción e iluminación, se exploró la eficacia catalítica de diversas proporciones de SiO₂/Al₂O₃ y el impacto sinérgico de los métodos de oxidación fotocatalítica adsorptiva para la degradación de aguas residuales cianuradas. Los resultados muestran que, el catalizador compuesto con una elevada relación SiO₂/Al₂O₃ demostró un mayor rendimiento fotocatalítico cuando se prolongó el periodo fotocatalítico (> 2,0 h). Tras 3,0 horas de adsorción y 4,0 horas de iluminación a temperatura ambiente utilizando aire como oxidante, se observó que los cianuros totales se degradaban con una eficiencia del 93,97%. Los iones de cobre y zinc se eliminaron con eficiencias de

eliminación del 81,67% y el 100%, respectivamente. La descomposición del cianuro se controló mediante una cinética de pseudo-primer orden. Además, los resultados de la espectroscopia de energía dispersiva (EDS) revelaron que el catalizador con una elevada relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ suele tener una superficie irregular que contiene más nano- TiO_2 .

Xiong Qiao et al., (2021, p.1), en este trabajo, planteó como objetivo utilizar biocarbón de mazorca de maíz (CB) y HAS (un estabilizador) para la remoción de cianuro. En la metodología se diseñó el material para la eliminación de cianuro de la pulpa de fundición de oro utilizando; para maximizar las dosis de los productos químicos de tratamiento utilizados durante la eliminación del cianuro, se utilizó el diseño Box-Behnken. En los resultados los tres reactivos debían administrarse en las siguientes dosis: 20 mg/g de sólido seco (SD) para el ClO, 22 mg/g de SD para el CB y 24 mg/g de SD para el HAS. Tras un periodo de contacto de 2h a 25°C en circunstancias ideales, el contenido de cianuro en el filtrado fue el más bajo (0,114 mg/L), con una eficacia de eliminación del 98,36%. Se descubrió que la dosificación de biocarbón era la principal variable que afectaba a la eliminación del cianuro en comparación con las de ClO y HAS; el modelo de isoterma de Langmuir era el que mejor se ajustaba a los datos de sorción de cianuro, y se predijo que la capacidad máxima de sorción de cianuro era de 2,57 0,06 mg/g.

En el trabajo de Wei Tunmei et al., (2023, p.1), el objetivo fue estudiar un material sorbente a base de biocarbón que podría utilizarse para eliminar eficazmente complejos metal-cianuro de las aguas residuales. La metodología consistió en fabricar compuestos de BC modificados con hierro (Fe-BC) mediante la copirólisis de paja de maíz y FeCl_3 a 600-800 °C en un solo paso, teniendo en cuenta la importante repulsión electrostática del BC puro hacia los aniones. Según los resultados obtenidos, los materiales compuestos Fe-BC mostraron una gran afinidad por los complejos metal-cianuro, siendo $[\text{Fe}(\text{CN})]$ el que presentó la mayor capacidad de adsorción máxima, con 580,96 mg/g. Además, la modificación de la estructura del carbono ayudó al proceso de reducción carbotérmica, que produjo una

variedad de minerales de Fe reductores en los compuestos Fe-BC resultantes. Se preveía que estos cambios inducidos por la modificación de las propiedades superficiales y estructurales del BC harían que los contaminantes objetivo fueran más susceptibles de adsorción y precipitación.

Mamelkina M. et al., (2020, p.1); en este estudio el objetivo fue evaluar la eficacia de la coagulación y la electrocoagulación para eliminar los iones de cianuro presentes en el efluente sintético de una mina, centrándose en dilucidar los procesos de coagulación. En la metodología, la coagulación química se realizó utilizando sales de hierro y aluminio con concentraciones de metal que oscilaban entre 0,01 y 10.000 mg dm³. Aunque sólo se alcanzó un porcentaje máximo de eliminación de cianuro del 25%, los datos experimentales se ajustaron adecuadamente a la isoterma de Freundlich para demostrar que el principal mecanismo de eliminación del cianuro durante la coagulación química era la adsorción en los flóculos coagulantes. En los resultados, a 1, 10 y 100 A m², se examinó la coagulación electroquímica utilizando electrodos de hierro y aluminio, obteniéndose resultados totalmente diferentes. Independientemente de la densidad de corriente utilizada, la coagulación electroquímica con hierro produce la eliminación total del cianuro, aunque la reducción del COT fue mucho menor de lo previsto. Por otro lado, la coagulación electroquímica con aluminio sólo eliminó el 60% del cianuro y se demostró que su eficacia dependía significativamente de la densidad de corriente aplicada.

Zeng et al., (2020, p.1); en este trabajo, para la metodología utilizaron un ánodo fabricado con lámina de carbono recubierta de Fe(0), que permitió la generación eficiente de Fe(VI), cuya concentración alcanzó hasta 55 mM y fue 8 veces superior a la de un ánodo fabricado con lámina de hierro del mismo tamaño. Según los resultados del SEM, la estrecha e igual distribución de las partículas cónicas de Fe(0) en la superficie de la lámina de carbono impidió el desarrollo de una capa pasivada. La etapa de preparación del Fe(0) electrodepositado influye en la producción de Fe(VI). Los resultados mostraron que, el Fe(VI) se produjo más fácilmente cuando la duración y la temperatura de la electrodeposición se aumentaron a 40 minutos y 30 grados

Celsius, respectivamente. La formación de Fe(VI) no se vio afectada significativamente por los cambios en la concentración de Fe en la solución electrodepositada. Sin embargo, el uso de aditivos impidió la producción de Fe(VI). Además, la síntesis en línea de Fe(VI) se utilizó para eliminar el cianuro con una eficacia equivalente a la del NaClO y superior a la de otros oxidantes convencionales utilizando H₂O₂, O₃ y KMnO₄.

Ghosh T. et al., (2020, p.1), en su estudio el objetivo fue eliminar el CN tóxico de aguas contaminadas con cianuro y aguas residuales de altos hornos industriales (BF), en la metodología, se produjo un popular criptato metalocálcico a base de Cu(II), el Complejo 1 [LCu₂(ClO₄)₄], utilizando un criptando bicíclico, L (sintetizado a gran escala de 28 gm/lote), Cu(ClO₄)₂, y cianuro. En los resultados, el complejo 1, que tiene una solubilidad muy baja en agua, eliminó eficazmente el CN (desde una concentración inicial de 80 ppm hasta una concentración final de 4,21 ppm; una eliminación del 95% del CN) de una solución fluida estándar de CN (NaCN en agua) en menos de 10 minutos, según las mediciones realizadas utilizando un electrodo selectivo de iones (ISE). El complejo 1 se trató con aguas residuales industriales contaminadas con cianuro en presencia de otros aniones interferentes (por ejemplo, Cl, SO₄²⁻, NO₃, NO₂, SCN, F, etc.), lo que demostró una eliminación rápida y eficaz del cianuro de las aguas residuales BF desde la escala de laboratorio hasta la escala de planta piloto (concentración inicial de CN de 6,7 ppm a concentración final de 1,3 ppm; eliminación del 77% de CN en 30 min).

Tyagi Megha et al., (2018, p.1), en su trabajo, el objetivo fue realizar estudios a escala de laboratorio para determinar si sería factible utilizar hierro cero-valente como posible adsorbente para eliminar el cianuro del efluente de un horno de coque sintético. La metodología, para determinar los aspectos más importantes y mejorar el impacto de los parámetros del proceso, incluidos el pH, la dosificación del adsorbente y la duración del contacto sobre la eficacia adsorbente, se utilizó un enfoque de superficie de respuesta conocido como diseño compuesto central. Los resultados indicaron que para concentraciones de cianuro de 50 mg/L, se alcanzó una eliminación del 98,98% de cianuro a pH 9 y dosis de adsorbente de 1,73 g/L tras 45 min de

tiempo de contacto. Para calcular los parámetros isotérmicos se utilizaron los modelos de equilibrio de Freundlich y Langmuir. El análisis de equilibrio mostró que el modelo de isoterma de Langmuir se ajustaba a los datos de adsorción de cianuro con una capacidad máxima de 277,77 mg/g. El adsorbente recién descubierto (hierro cero-valente) demostró ser el mecanismo de adsorción.

A continuación, se prosiguió a brindar la sustentación teórica del presente trabajo detallando las definiciones conceptuales acerca del proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro.

Las aguas residuales de las minas de oro y las industrias plantean importantes problemas de seguridad por el cianuro (CN); debido a su eliminación a las masas de agua o a la tierra sin un tratamiento adecuado (Goren A. et al., 2023, p.1).

Históricamente, a pesar que la demanda de los productos de las industrias extractivas a escala mundial es cada vez mayor, la extracción de recursos ha causado cambios ambientales dramáticos en todo el mundo (Pesa I. y Ross C., 2021, p.1).

Entre las industrias extractivas, la minería ha ido cobrando importancia en el crecimiento económico a nivel de Latinoamérica; al mismo tiempo que produce una cantidad considerable de residuos, como estériles, depuradores o concentradores sobrantes de la extracción de minerales valiosos (Alvillo Rivera A. et al., 2021, p.1).

También, eliminan desechos como relaves, aguas residuales de industrias galvánicas, recinas, entre otros que en su composición presentan compuestos peligrosos (Singh R., 2020, p.9).

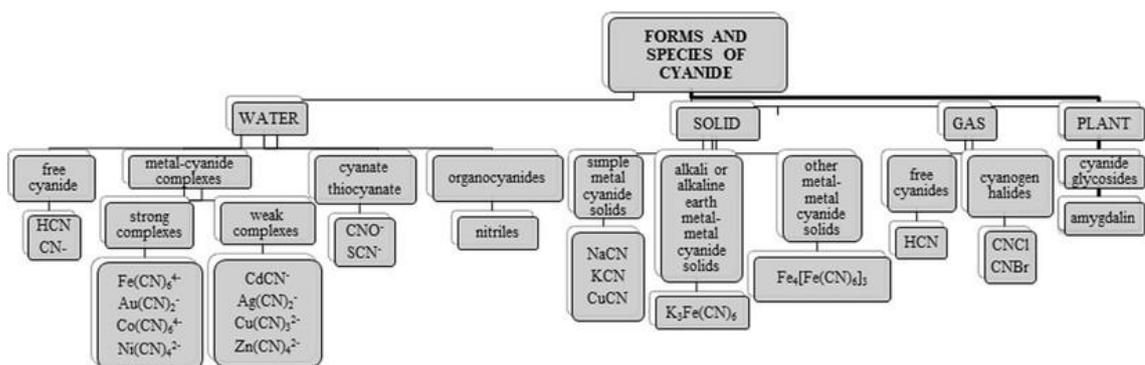
Así como este, existen diversas operaciones de extracción en la que se emplea el cianuro, como es el caso de la metalurgia que utiliza procesos de extracción de minerales para adaptarlos a usos particulares y crear metales y compuestos de gran pureza (Krishnan R., 2019, p.9). También, para garantizar la suavidad del revestimiento metálico durante el proceso de

galvanoplastia, se suele utilizar cianuro (CN-) (Wang Zih-Syuan et al., 2023, p.2).

Los efluentes que contienen cianuro proceden, por ejemplo, de la minería, la coquización, la galvanoplastia y la síntesis química (Martínková L. et al., 2023, p.1). En los efluentes de la galvanoplastia pueden encontrarse concentraciones extremadamente altas de cianuro libre (fCN), como >50 g/L, así como complejos de cianuro metálico (Moussavi G. et al. 2018, p.3).

Específicamente, el cianuro se vierte al medio ambiente de diversas formas como resultado de las actividades industriales mencionadas anteriormente, por ejemplo; a través de industrias mineras, galvánicas y químicas (Jaszczak Ewa et al., 2017, p.1). Ver figura 1

Figura 1. formas y especies de cianuro



Fuente: Jaszczak Ewa et al., (2017, p.2)

Para la producción de compuestos orgánicos y polímeros en las industrias química y farmacéutica, el cianuro se ha empleado con frecuencia (Xie Yong-Qiang et al., 2023, p.2). También se emplea como material del proceso de fabricación de actividades, del sector farmacéutico, metalúrgico y aurífero (Kumar Anshu et al., 2021, p.2).

Pero, la toxicidad de los cianuros, que pueden encontrarse en diversas formas químicas que incluyen la molécula ciano (-C≡N), depende en gran medida de la forma (Zhu X. et al., 2022, p.3).

Por ello, es crucial especificar el tipo de cianuro, ya que el término "cianuro" suele referirse a una de estas tres categorías (Ver figura 2).

Figura 2. cianuro libre y complejos metal-cianuro

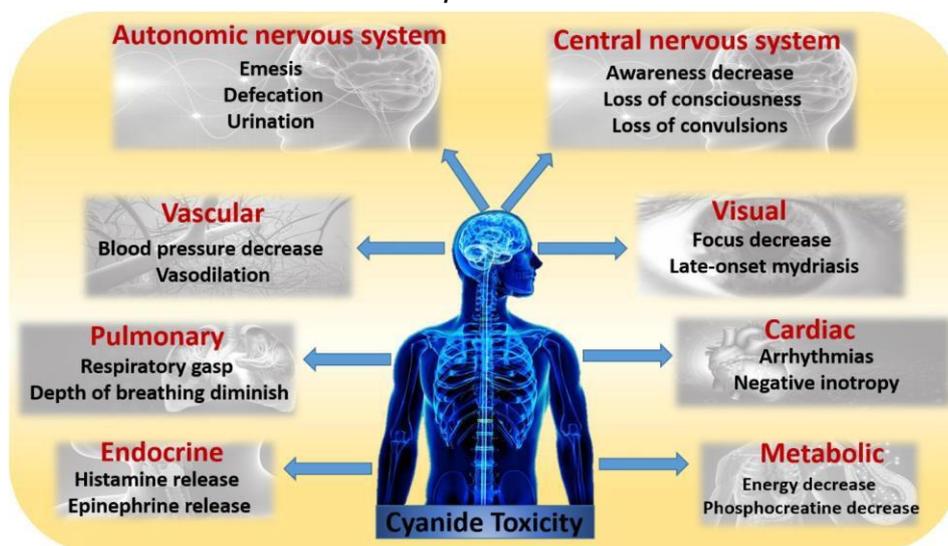
Free Cyanide	Copper Cyanides	Iron Cyanides	Nickel Cyanides	Zinc Cyanides
HCN CN ⁻	Cu(CN) ₂ ⁻ Cu(CN) ₃ ²⁻ Cu(CN) ₄ ³⁻	Fe(CN) ₆ ³⁻ Fe(CN) ₆ ⁴⁻	NiCN ⁺ Ni(CN) ₄ ²⁻ Ni(CN) ₅ ³⁻	ZnCN ⁺ Zn(CN) ₂ ⁰ Zn(CN) ₃ ⁻ Zn(CN) ₄ ²⁻ Zn(CN) ₅ ³⁻

Fuente: Botz M. et al., (2017, p. 620)

Como se observa en la figura 2, las tres clases de cianuro son: (1) cianuro total, (2) cianuro WAD, y (3) cianuro libre. Cada una de estas formas de cianuro tiene metodologías analíticas específicas para su medición, y es importante que se entienda la relación entre estas formas cuando se analizan soluciones que contienen cianuro.

El cianuro libre, que contiene iones de cianuro y cianuro de hidrógeno (HCN) en forma gaseosa o de solución, es el que más impacto tiene en el medio ambiente (Bahrami Ataallah et al., 2020, p.4). Siendo que, la contaminación del medio ambiente con cantidades peligrosas de cianuro como consecuencia de la actividad humana e industrial pone en peligro tanto a los animales como a las personas (Anand V. y Pandey A., 2022, p.1). (Ver figura 3).

Figura 3. impactos de la toxicidad del cianuro a corto y largo plazo en el cuerpo humano



Fuente: Goren A., et al. (2023, p.5)

De acuerdo con la figura 3, la exposición prolongada al CN puede tener efectos negativos sobre la tiroides, provocar pérdida de peso y daños nerviosos, e incluso causar la muerte. Los temblores y la respiración acelerada se producen por la exposición a corto plazo a la CN.

Si se vierte en el medio ambiente sin ser tratado adecuadamente, puede tener repercusiones negativas tanto para las personas como para la vida acuática (Tez Serkan et al., 2022, p.1). Al ser digeridas por el organismo, el cianuro puede interactuar con más de 40 metaloenzimas, pero mata inhibiendo la enzima mitocondrial citocromo c oxidasa, lo que detiene la respiración celular y provoca anoxia hipóxica (Burr S., 2023, p.1).

Dependiendo del grado de exposición, el cianuro, en forma de anión cianuro (CN⁻) o cianuro de hidrógeno (HCN; pKa = 9,2), suele actuar con rapidez y puede dejar inconsciente al afectado en cuestión de minutos (Jackson R. y Logue B., 2017, p.1).

Ante la problemática mencionada, es crucial desarrollar un enfoque sostenible para la eliminación segura del CN antes de su vertido al agua o a la tierra (Goren A. et al., 2023, p.1). Es por ello que estudios han sido centrados en la eliminación del cianuro para reutilizar estas aguas para usos agrícolas o de otro tipo (Pourehie O. y Saien J., 2021, p.2).

Los métodos físicos y químicos, como la dilución, las membranas, la electrodeposición, la hidrólisis/destilación y la oxidación química, entre otros, son la mejor forma de biodegradar el CN (Dwivedi N. y Dwivedi S., 2021, p.1).

Estos fluidos deben tratarse químicamente mediante un proceso de oxidación, que convierte el peligroso cianuro en cianato no tóxico; para ello se emplean productos químicos oxidantes como el hipoclorito sódico (Li Peize et al., 2023, p.3). Siendo el Fenton, persulfato e hipoclorito los métodos de oxidación más recurrentes (Kang X. et al., 2023, p.2).

Ante ello, los procesos avanzados de oxidación (AOP) basados en el radical hidroxilo (HO⁻) han despertado recientemente un gran interés en la industria del tratamiento de aguas residuales (Bortolozzo L. et al., 2021, p.1).

Los agentes oxidantes para la remoción de cianuro presentan las siguientes etapas:

Gráfico 1. etapas de la oxidación de cianuro

1ra etapa: Proceso de oxidación con el agente oxidante, (Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), hipoclorito de sodio (NaClO))

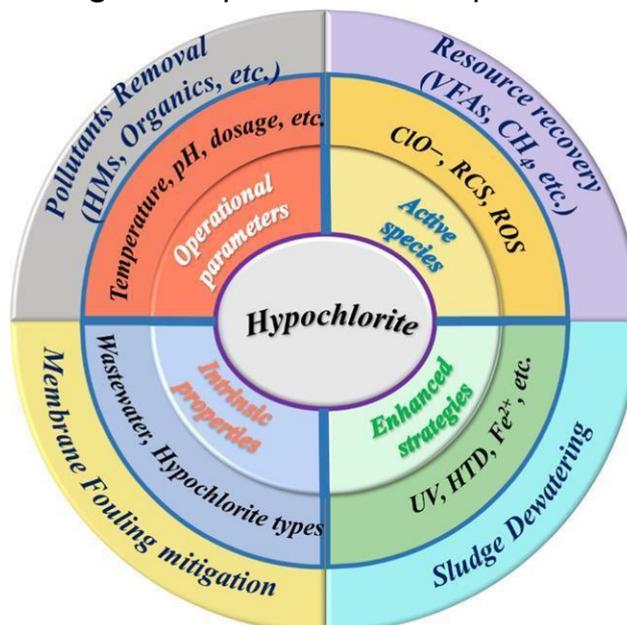
2da etapa: Reducción y precipitación

3ra etapa: Precipitación de iones metálicos

Elaboración propia

De ello, el proceso de clorinación empleando el hipoclorito de sodio se ha tomado en cuenta, considerándose como un recurso atractivo debido a su bajo costo y alta disponibilidad en el mercado (Castillo Ungaro R. et al., 2022, p.3).

Figura 4. Aplicaciones del Hipoclorito



Fuente: Cheng X. et al., (2022, p.1)

El hipoclorito de sodio tiene aplicación en aguas residuales y lodos con especies activas, estrategias mejoradas, propiedades intrínsecas y parámetros operativos para la eliminación de contaminantes, recuperación de recursos, mitigación del ensuciamiento de membranas, deshidratación de lodos; como se puede observar en la figura 4.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: La investigación aplicada requiere una técnica distinta, ya que se basa en la identificación de problemas contextuales y la posterior propuesta de soluciones derivadas de los conocimientos de la investigación básica. Además, para contar con otra línea de apoyo al abordar la cuestión, la investigación aplicada tiene en cuenta todas las leyes, costumbres y demás legislación que rigen el comportamiento de la sociedad (Castro M. et al., 2022, p.11). Es así que el tipo de investigación utilizada fue la aplicada, ya que, para poder resolver el problema de la contaminación de las fuentes de agua superficial y subterránea por cianuro (problema que acarrea a la sociedad), se emplearon los VMA para así adquirir nuevos conocimientos.

2.1.2. Diseño de investigación: El enfoque del diseño experimental puro o verdadero es un diseño de grupo equivalente aleatorizado posprueba, así como un diseño de grupo equivalente aleatorizado preprueba (Miller C. et al., 2020, p.6). Por ello en el presente trabajo se utilizó el diseño experimental puro, ya que, se realizó la caracterización inicial de la muestra a tratar para determinar los valores iniciales de los parámetros a estudiar y se manipuló intencionalmente la variable independiente buscando observar las variaciones en la variable dependiente y los parámetros caracterizados.

3.2. Variable y operacionalización

La matriz de operacionalización definida se encuentra en el anexo 2, siendo detallada, la definición conceptual, operacional, dimensiones e indicadores.

VI: oxidación empleando clorinación

- Dimensión: Tratamiento con NaClO

- Indicadores: Tratamiento con concentración al 2%, Tratamiento con concentración al 4%, Tratamiento con concentración al 6%

VD: remoción de cianuro

- Dimensión: Características fisicoquímicas, Eficiencia
- Indicadores: T°, Ce, CN, pH y Remoción, Concentración final de Cianuro

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población: muestra sintética cianurada acondicionada a nivel de laboratorio.

- **Criterio de inclusión:** Muestra acondicionada en laboratorio, con adición de CN⁻ y características específicas que sobrepasen los valores máximos admisibles (VMA).
- **Criterio de exclusión:** Cualquier tipo de muestras de aguas residuales o similares, ya que la población fue una muestra acondicionada a nivel de laboratorio.

3.3.2. Muestra: La muestra consta de 9 litros de la muestra acondicionada.

3.3.3. Muestreo: Se realizó mediante el muestreo no probabilística, ya que se acondicionó la muestra a las condiciones requeridas en el estudio, las cuales sobrepasan los valores máximos admisibles y establecen las condiciones que tendría una muestra sintética.

3.3.4. Unidad de análisis: agua residual con cianuro

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica fue la observación; ya que mediante la observación se detallaron los resultados obtenidos en cada tratamiento y cada Réplica,

observando los cambios de cada proceso y tratamiento y detallando así los resultados adquiridos.

Así mismo se encuentran detallados en anexos los instrumentos de validación, en los que se detallan las solicitudes de validación de los instrumentos de recolección de datos; en la ficha 1 se detalla la caracterización fisicoquímica y en la ficha 2 el proceso de oxidación avanzada. Estas solicitudes permiten la validación y confiabilidad de los instrumentos bajo los criterios académicos correspondientes.

Además, se utilizará la validación de los instrumentos (equipos) para el estudio de la investigación en la obtención de datos; siendo esta propiedad de la Universidad Cesar Vallejo y cuentan con el certificado de validez con lo que respalda los datos obtenidos.

Figura 5. Validación de equipos de laboratorio

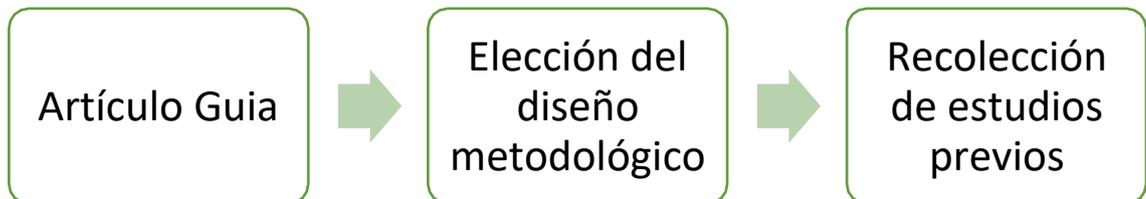
Equipos de laboratorio			
Equipos	Modelo	Definición	Aplicación
pH metro	HANNA 8424 Serie : S/N	El pH metro cumple la función de brindar la medición de la acidez o basicidad de una solución y por lo general este equipo para mediar el pH se calibra a 25°C (Vitthal S. et al., 2016, p.193).	Se utiliza en la caracterización fisicoquímica de la muestra acondicionada a nivel de laboratorio.
Balanza electrónica	ADAM/ NBL 214i/ AE9XC491	Una balanza electrónica es un equipo científico utilizado para determinar con precisión el peso de los materiales (Furqan et al., 2023, p.1).	Es utilizado para pesar los reactivos e insumos en el proceso experimental.

Termómetro digital	DO Meter Portable HANNA HI 9146, Dissolved Oxygen Meter	Los datos se convierten en señales digitales, que luego se utilizan para leer con gran precisión y un coste mínimo (Prasannakumaran K. et al., 2021, p.663).	Se utiliza para determinar la temperatura de la muestra sintética.
--------------------	---------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

3.5. Procedimiento

Primera etapa:

Metodológico; en esta etapa se planifica como se realizará el diseño experimental



Diseño experimental: se plantea el proceso experimental mediante el siguiente diseño como se muestra a continuación:

1er ensayo	Tratamiento 1	1 corrida	Réplica 1	Promedio de remoción
			Réplica 2	
	Tratamiento 2	1 corrida	Réplica 1	Promedio de remoción
			Réplica 2	
	Tratamiento 3	1 corrida	Réplica 1	Promedio de remoción
			Réplica 2	

2do ensayo	Tratamiento 1	1 corrida	Réplica 1	Promedio de remoción
			Réplica 2	
	Tratamiento 2	1 corrida	Réplica 1	Promedio de remoción
			Réplica 2	
	Tratamiento 3	1 corrida	Réplica 1	Promedio de remoción
			Réplica 2	
3er ensayo	Tratamiento 1	1 corrida	Réplica 1	Promedio de remoción
			Réplica 2	
	Tratamiento 2	1 corrida	Réplica 1	Promedio de remoción
			Réplica 2	
	Tratamiento 3	1 corrida	Réplica 1	Promedio de remoción
			Réplica 2	

Elaboración propia

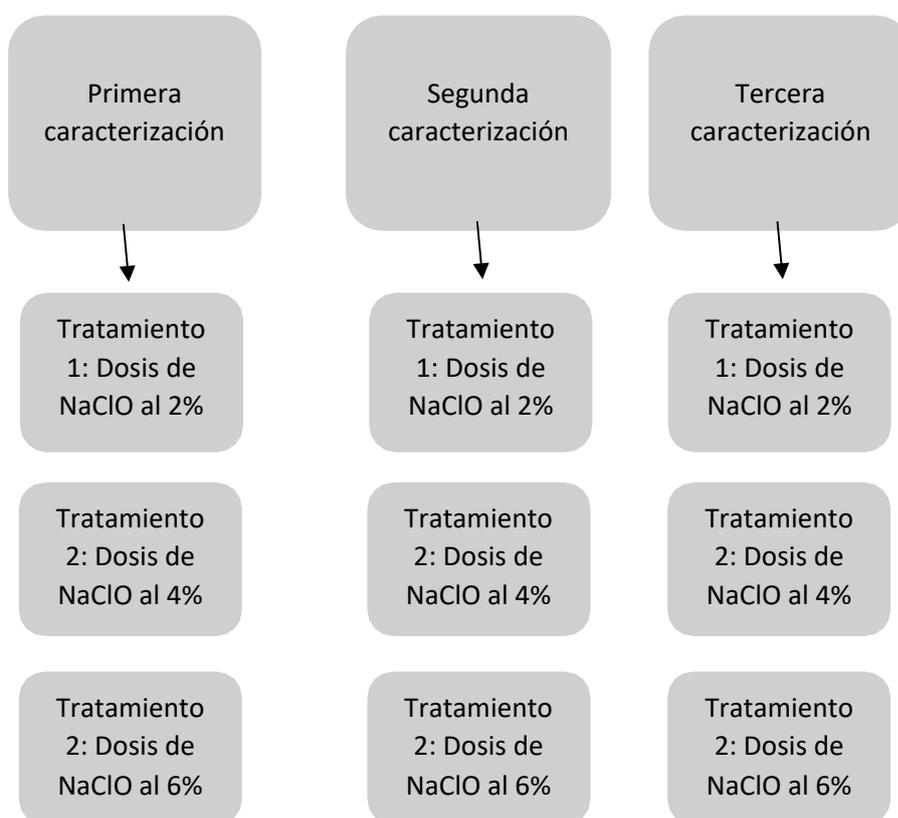
En segundo lugar, se acondicionó la muestra con un volumen de 1 litro, con cianuro a los valores requeridos en el estudio.

Una vez conseguida la muestra se realizó la caracterización para detallar las concentraciones iniciales que suponen a las tres muestras a tratar; anotando la temperatura (°C), el potencial de hidrógeno (pH) y la concentración inicial del CN⁻ libre; comparándolos con los valores

máximos admisibles (VMA) a cumplir de acuerdo al Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.

Procedimiento experimental:

- Se han tenido en cuenta 500, 600 y 700 mg/L de cianuro disuelto en agua limpia para producir muestras sintéticas a nivel de laboratorio, a 3 diferentes pH y T°.
- Después de ello se realizó la caracterización de la muestra y se inició el proceso de tratamiento determinando los parámetros; T°, pH y concentración de CN-



- Para cada caracterización se aplicó una dosis de NaClO del 2, 4 y 6% y de cada dosis una concentración de 2ml, 7ml, 12ml, 17ml y 24ml; presentando como valores que se mantienen constantes el volumen a una cantidad de 1000 ml o 1litro para cada tratamiento; además, para cada tratamiento se realizó dos réplicas.

3.6. Método de análisis de datos

El método con el que se analizó los datos obtenidos en cada tratamiento del estudio experimental del proceso de oxidación empleando clorinación fueron el programa Excel y mediante el programa MINITAB.

En la etapa de la caracterización y el procesamiento de los datos de cada tratamiento se utilizó el Excel 2016 para el procesamiento de los datos y promedios de remoción; así como la elaboración de los gráficos de eficiencia de remoción comparativa de cada.

En la etapa final de los datos estadísticos se utilizó el programa Minitab para la prueba de las hipótesis; aplicando la prueba ANOVA con un nivel de significancia de 0.05.

3.7. Aspectos éticos

En el presente trabajo, cada dato que se tuvo en cuenta para el estudio estaba respaldado por una cita textual y la fuente bibliográfica correspondiente; de este modo se garantizaron el respeto de los derechos de autor.

Así se entregó un único trabajo y se evaluó utilizando la función de filtrado de documentos de Turnitin para determinar el grado de similitud del trabajo y el documento en el programa Turnitin, que evaluó el grado de similitud con investigaciones anteriores.

Así mismo, cada estudio previo fue debidamente citado de acuerdo con la norma ISO 690.

Por último, el estudio se ajusta a la decisión N° 110-2022-VI-UCV del Vicerrectorado de Investigación, que establece el código deontológico.

IV. RESULTADOS

IV.1. Caracterización fisicoquímica

Para la preparación de la muestra en laboratorio simulando un agua industrial contaminada con cianuro se consideraron 1000 ml del volumen de la muestra por tratamiento con 3 dosis de cianuro de 600, 700 y 800 mg/l acondicionada a un pH de 9, 10 y 11.

Tabla 1. Caracterización Fisicoquímica

Muestras	Temperatura (°C)	Potencial de hidrógeno (pH)	CN ⁻ Libre
			(mg/l)
1	25.8	9	612.03
2	24.1	10	721.11
3	26	11	811.02
Valores Máximos Admisibles (VMA)	-	6 - 9	1.0

Elaboración propia

T: Temperatura

pH: Potencial de Hidrógenos

CN⁻: Cianuro Libre

Lo que se buscó en la tabla 1 fue representar 3 tipos de muestras con valores que superan los niveles de los valores máximos admisibles (VMA) del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, consiguiendo la simulación de un agua con alto porcentaje de contaminación.

IV.2. Eficiencia de remoción de CN⁻

En las tablas siguientes se detallan los promedios de remoción de CN empleando 3 concentraciones diferentes de NaClO (2%, 4% y 6%), extrayendo 5 dosis en ml con un intervalo de 5, iniciando en 2, 7, 12, 17 y 22ml. Así mismo, cada tabla detalla la concentración inicial de CN en la primera muestra de la caracterización, la primer corrida y 2 réplicas por cada dosis, finalizando con el promedio de remoción.

➤ **Tratamiento #1 a una dosis del 2% de NaClO:**

Valores que se mantienen constantes:

- Muestra: 1 litro
- pH inicial: 9
- CN⁻ inicial: 612.03 mg/l

Tabla 2. Eficiencia de remoción al 2% NaClO

Remoción de CN ⁻ con las dosis de NaClO de:	2ml	7ml	12ml	17ml	24ml
pH final:	9.1	9.5	10.2	10.4	10.8
primera corrida:	569.2	533.2	497.9	464.4	330.1
Réplica 1	570.1	531.9	395.7	463.9	329.0
Réplica 2	568.3	530.8	496.8	461.0	331.1
Promedio de remoción	569.2	531.96	463.46	463.10	330.06

Elaboración propia

➤ **Tratamiento #2 a una dosis del 4% de NaClO:**

Valores que se mantienen constantes:

- Muestra: 1 litro
- pH inicial: 9
- CN⁻ inicial: 612.03 mg/l

Tabla 3. Eficiencia de remoción al 4% NaClO

Remoción de CN ⁻ con las dosis de NaClO de:	2ml	7ml	12ml	17ml	24ml
--------------------------------------------------------	-----	-----	------	------	------

pH final:	9.2	9.6	10.2	10.6	11
primera corrida:	544	487.2	430.6	374.4	217.5
Réplica 1	544.9	487.9	428.0	374.8	218.1
Réplica 2	542.8	486	429.5	373.1	216.4
Promedio de remoción	543.9	487.03	429.36	374.1	217.33

Elaboración propia

➤ **Tratamiento #3 a una dosis del 6% de NaClO:**

Valores que se mantienen constantes:

- Muestra: 1 litro
- pH inicial: 9
- CN⁻ inicial: 612.03 mg/l

Tabla 4. Eficiencia de remoción al 6% NaClO

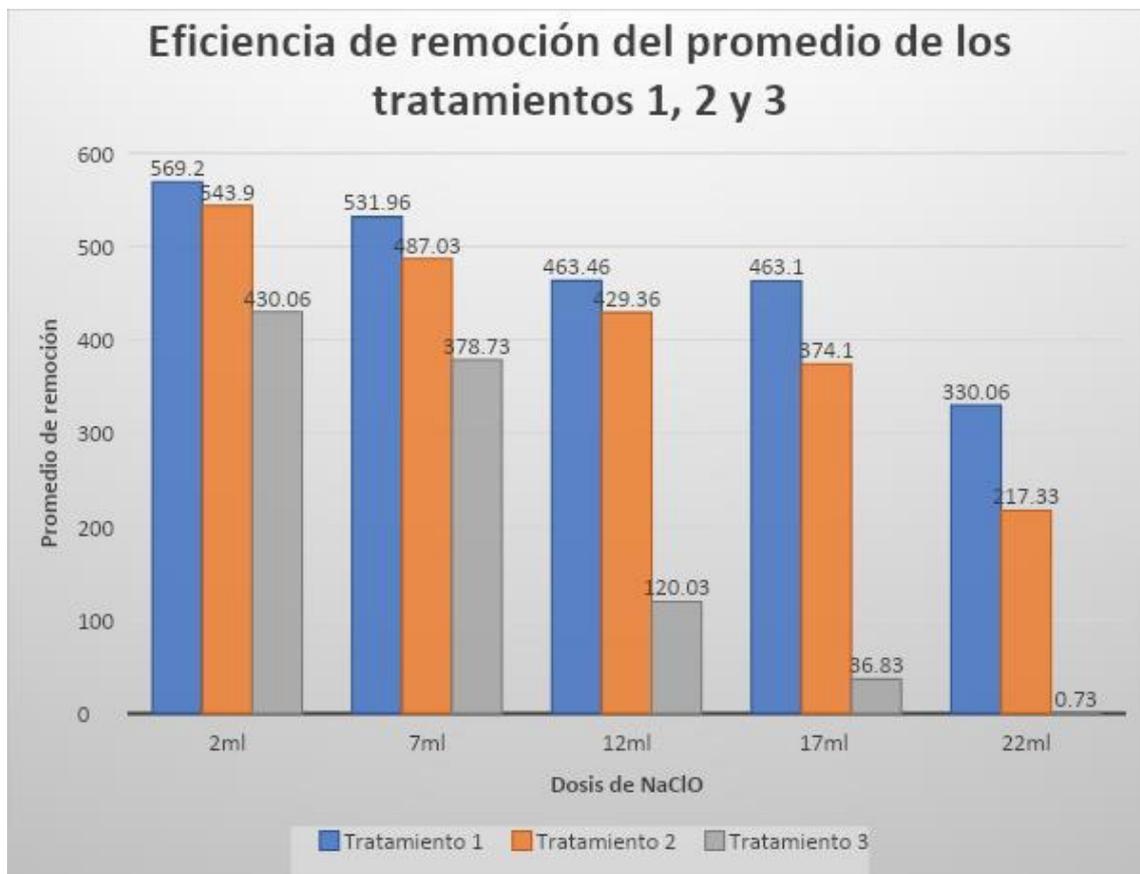
Remoción de CN⁻ con las dosis de NaClO de:	2ml	7ml	12ml	17ml	22ml
pH final:	9.3	9.4	9.8	10.7	10.9
primera corrida:	430.1	620.2	119.9	36.8	0.75
Réplica 1	427.6	256.9	118.8	37.1	0.72
Réplica 2	432.5	259.1	121.4	36.6	0.74
Promedio de remoción	430.06	378.73	120.03	36.83	0.73

Elaboración propia

En los primeros 3 tratamientos se estudió el promedio de remoción de CN⁻ con el 2%, 4% y 6% de concentración de NaClO, variando la dosis en cada tabla,

identificando la remoción creciente al incrementar la dosis de NaClO, como se observa en la tabla 2, 3 y 4; así mismo con una mayor concentración de NaClO al 6% la remoción es mayor.

Gráfico 2. Eficiencia de remoción para la primera muestra



Elaboración propia

Se debe tener en cuenta que la concentración inicial del CN^- fue de 612.03 mg/l en la caracterización y como se observa en el gráfico 2 el tratamiento 1 presentó una eficiencia de remoción mínima al reducir en una concentración baja a diferencia del tratamiento 3 en el que el promedio de remoción fue mayor presentando su concentración final para 2ml en 430.06, para 7ml en 378.73, para 12 ml en 120.03, para 17 ml en 36.83 y para 22ml en 0.73.

Tabla 5. pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro

Tratamiento #	Dosis de NaClO	2ml	7ml	12ml	17ml	22ml
	Tratamiento #1	pH	9.1	9.5	10.2	10.4
Remoción		569.2	531.9 6	463.4 6	463. 1	330.0 6
Tratamiento #2	pH	9.2	9.6	10.2	10.6	11
	Remoción	543.9	487.0 3	429.3 6	374. 1	217.3 3
Tratamiento #3	pH	9.3	9.4	9.8	10.7	10.9
	Remoción	430.06	378.7 3	120.0 3	36.8 3	0.73

Elaboración propia

Se puede observar cierta relación a un pH alcalino y el incremento de la remoción de concentración del CN^- , disminuyendo considerablemente, presentando los mejores resultados desde un pH 9 hacia adelante.

A continuación, se presenta los siguientes 3 tratamientos a una dosis de NaClO del 2%, 4% y 6% para la segunda muestra de la caracterización teniendo en consideración un pH inicial de 10 y una concentración inicial de CN^- de 721.11.

➤ **Tratamiento #1 a una dosis del 2% de NaClO:**

Valores que se mantienen constantes:

- Muestra: 1 litro
- pH inicial: 10
- CN^- inicial: 721.11 mg/l

Tabla 6. Eficiencia de remoción al 2% NaClO

Remoción de CN^- con las dosis de NaClO de:	2ml	7ml	12ml	17ml	24ml

pH final:	10.4	11.1	11.6	12.1	12.4
primera corrida:	667.9	633	596.4	565.6	331.3
Réplica 1	668.7	633.7	594.8	566.6	329.6
Réplica 2	669.6	631.9	595.6	565.6	332
Promedio de remoción	668.73	632.86	595.6	565.93	330.96

Elaboración propia

➤ **Tratamiento #2 a una dosis del 4% de NaClO:**

Valores que se mantienen constantes:

- Muestra: 1 litro
- pH inicial: 10
- CN⁻ inicial: 721.11 mg/l

Tabla 7. Eficiencia de remoción al 4% NaClO

Remoción de CN⁻ con las dosis de NaClO de:	2ml	7ml	12ml	17ml	24ml
pH final:	10.5	11.2	11.8	12.3	12.6
primera corrida:	641.9	585.8	531.2	471.9	216.6
Réplica 1	642.9	585.2	531.7	472.8	216.3
Réplica 2	640.7	585.6	529.8	472	217.7
Promedio de remoción	641.83	585.53	530.9	472.23	216.86

Elaboración propia

➤ **Tratamiento #3 a una dosis del 6% de NaClO:**

Valores que se mantienen constantes:

- Muestra: 1 litro
- pH inicial: 10
- CN⁻ inicial: 721.11 mg/l

Tabla 8. Eficiencia de remoción al 6% NaClO

Remoción de CN ⁻ con las dosis de NaClO de:	2ml	7ml	12ml	17ml	24ml
pH final:	10.5	11.4	11.8	12.5	12.7
primera corrida:	530.9	360	190.9	19.9	0.01
Réplica 1	529.7	360.7	189.8	20.5	0.02
Réplica 2	532.3	359.9	191.2	18.9	0.01
Promedio de remoción	530.96	360.2	190.63	59.3	0.01

Elaboración propia

En las tablas 6, 7 y 8 se observa como el promedio de remoción es mayor con el incremento de la dosis de NaClO, así como con el incremento de la concentración.

Gráfico 3. Eficiencia de remoción para la primera muestra



Teniendo en cuenta que trabajando con los datos de la muestra 2 detallado en la tabla 1 se tiene que la concentración inicial de CN-Libre es de 721.11 y el pH de 10; ante ello de acuerdo al gráfico 3 el mayor promedio de remoción se presenta en el tratamiento 3, presentando promedios de remoción del 530.96, 360.2, 190.63, 59.3 y 0.01 mg/l en 2ml, 7ml, 12ml, y 24ml de NaClO respectivamente.

Tabla 9. pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro

Tratamiento #	Dosis de NaClO	2ml	7ml	12ml	17ml	22ml
	Tratamiento #1	pH	10.4	11.1	11.6	12.1
Remoción		668.73	632.86	595.6	565.93	330.96
Tratamiento #2	pH	10.5	11.2	11.8	12.3	12.6
	Remoción	641.83	585.53	530.9	472.23	216.86
Tratamiento #3	pH	10.5	11.4	11.8	12.5	12.7
	Remoción	530.96	360.2	190.63	59.3	0.01

Elaboración propia

A continuación, se presenta los siguientes 3 tratamientos a una dosis de NaClO del 2%, 4% y 6% para la tercera muestra de la caracterización teniendo a consideración un pH inicial de 11 y una concentración inicial de CN⁻ de 811.02.

➤ **Tratamiento #1 a una dosis del 2% de NaClO:**

Valores que se mantienen constantes:

- Muestra: 1 litro
- pH inicial: 11
- CN⁻ inicial: 811.02 mg/l

Tabla 10. Eficiencia de remoción al 2% NaClO

Remoción de CN ⁻ con las dosis de NaClO de:	2ml	7ml	12ml	17ml	24ml
pH final:	11.4	12.1	12.6	12.9	13
primera corrida:	767.9	733.0	696.4	665.6	231.3
Réplica 1	768.7	733.7	694.8	666.6	230.6
Réplica 2	769.6	731.9	695.6	665.8	232.0
Promedio de remoción	768.73	732.86	695.6	666.0	462.6

Elaboración propia

➤ **Tratamiento #2 a una dosis del 4% de NaClO:**

Valores que se mantienen constantes:

- Muestra: 1 litro
- pH inicial: 11
- CN⁻ inicial: 811.02 mg/l

Tabla 11. Eficiencia de remoción al 4% NaClO

Remoción de CN ⁻ con las dosis de NaClO de:	2ml	7ml	12ml	17ml	24ml
pH final:	11.4	12.1	12.8	13.3	13.6
primera corrida:	741.9	685.8	631.2	571.9	416.6
Réplica 1	742.9	685.2	631.7	572.8	416.3
Réplica 2	740.7	685.6	629.8	572	417.7
Promedio de	741.83	685.53	630.9	572.23	416.86

remoción					
-----------------	--	--	--	--	--

Elaboración propia

➤ **Tratamiento #3 a una dosis del 6% de NaClO:**

Valores que se mantienen constantes:

- Muestra: 1 litro
- pH inicial: 11
- CN⁻ inicial: 811.02 mg/l

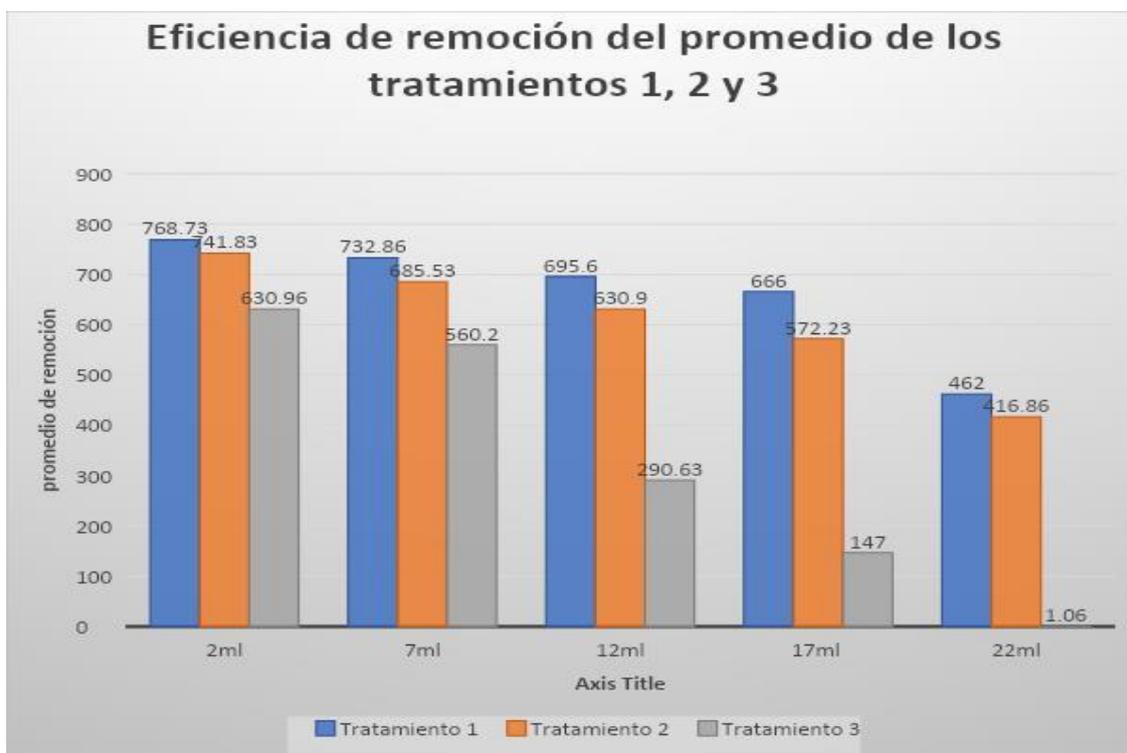
Tabla 12. Eficiencia de remoción al 6% NaClO

Remoción de CN⁻ con las dosis de NaClO de:	2ml	7ml	12ml	17ml	24ml
pH final:	11.5	12.4	12.8	13.6	14
primera corrida:	630.9	560	290.9	147.1	1.1
Réplica 1	629.7	560.7	289.8	147	1.1
Réplica 2	632.3	559.9	291.2	146.9	1
Promedio de remoción	630.96	560.2	290.63	147	1.06

Elaboración propia

En las tablas 10, 11 y 12 se observa como el promedio de remoción es mayor con el incremento de la dosis de NaClO, así como con el incremento de la concentración.

Gráfico 4. Eficiencia de remoción para la primera muestra



Se tiene que para un pH de 2, 4 y 6% la mayor remoción se encuentra en un pH del 6%, observándolo en los promedios de 0.73 en el promedio de la primera muestra con una concentración inicial de cianuro de 612.03, mientras que para una concentración mayor de 721.11 el nivel de remoción de CN sigue siendo mayor al 6% manteniéndose un valor de 0.01 mientras que para una muestra contaminada con mayor concentración de 811.02 mg/l de CN la remoción continua siendo con una dosis de NaClO con 22ml y una dosis del 6% mayor en un 1.06 ml pero no se logra reducir la suficiente cantidad para reducir los niveles a los VMA.

Tabla 13. pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro

Tratamiento #1	Dosis de NaClO	2ml	7ml	12ml	17ml	22ml
	pH		11.4	12.1	12.6	12.9
	Remoción	768.73	732.86	695.6	666.0	462.6

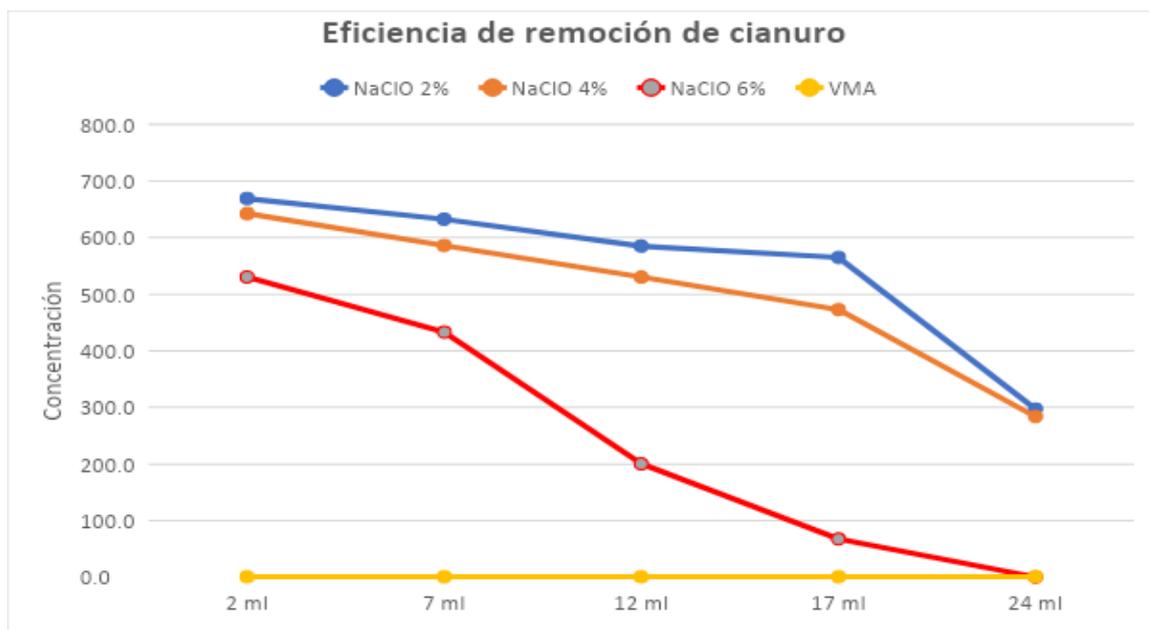
Tratamiento #2	pH	11.4	12.1	12.8	13.3	13.6
	Remoción	741.83	685.53	630.9	572.23	416.86
Tratamiento #3	pH	11.5	12.4	12.8	13.6	14
	Remoción	630.96	560.2	290.63	147	1.06

Elaboración propia

Estadísticos:

- Objetivo general busca: Determinar el efecto que presenta la aplicación del proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro; ante ello se presenta el gráfico 5.

Gráfico 5. Eficiencia de remoción de cianuro



Elaboración propia

Interpretación: dosis óptima de hipoclorito de sodio en el proceso de oxidación para la remoción de cianuro resultó 6% NaClO a 24 ml.

- Objetivo específico 1.- Analizar la concentración inicial de CN y pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro en las muestras

acondicionada a nivel de laboratorio después del proceso de oxidación por clorinación

Tabla 14. Remoción de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio según nivel de PH inicial

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	581088,25	2	290544,13	6,317	,002
Dentro de grupos	6070930,48	132	45991,90		
Total	6652018,72	134			

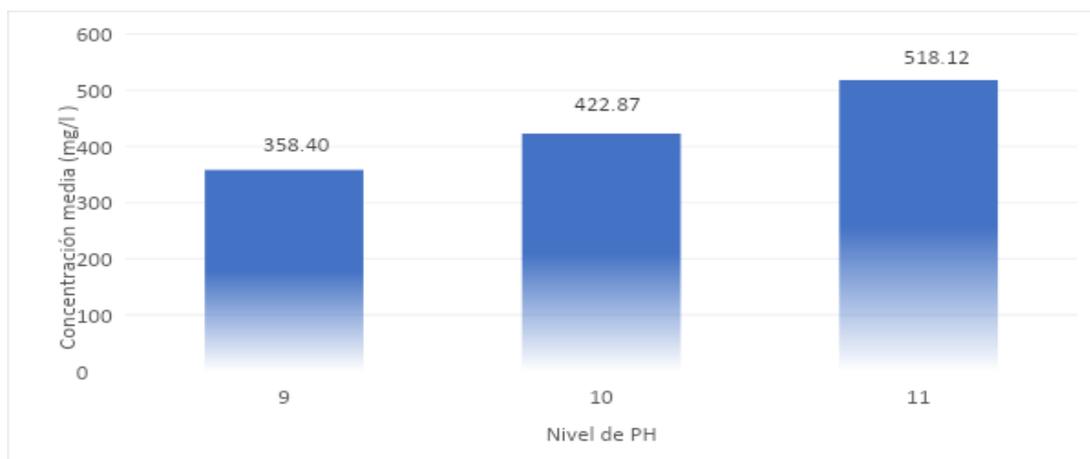
Interpretación: Para la remoción de cianuro se consideró tres niveles de ph inicial (9, 10 y 11), la prueba ANOVA permite afirmar que estos niveles mostraron una diferencia significativa (Sig=0.002 menor que 0.05) en la concentración final de cianuro.

Tabla 15. Prueba de Tukey para comparar los niveles de PH inicial para la remoción de cianuro

PH	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
9	45	358,40	
10	45	422,87	
11	45		518,12
Sig.		,331	,092

Interpretación: El nivel de PH de 9 y 10 resultaron estadísticamente iguales para la concentración final media de cianuro, pero significativamente menores que para un PH final de 11.

Gráfico 6. Concentración final media de cianuro



Elaboración propia

- Objetivo específico 2.- Identificar la dosis óptima de hipoclorito de sodio en el proceso de oxidación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio

Tabla 16. *hipoclorito de sodio en el proceso de oxidación para la remoción de cianuro*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2399422,93	2	1199711,46	37,239	0,000
Dentro de grupos	4252595,80	132	32216,64		
Total	6652018,72	134			

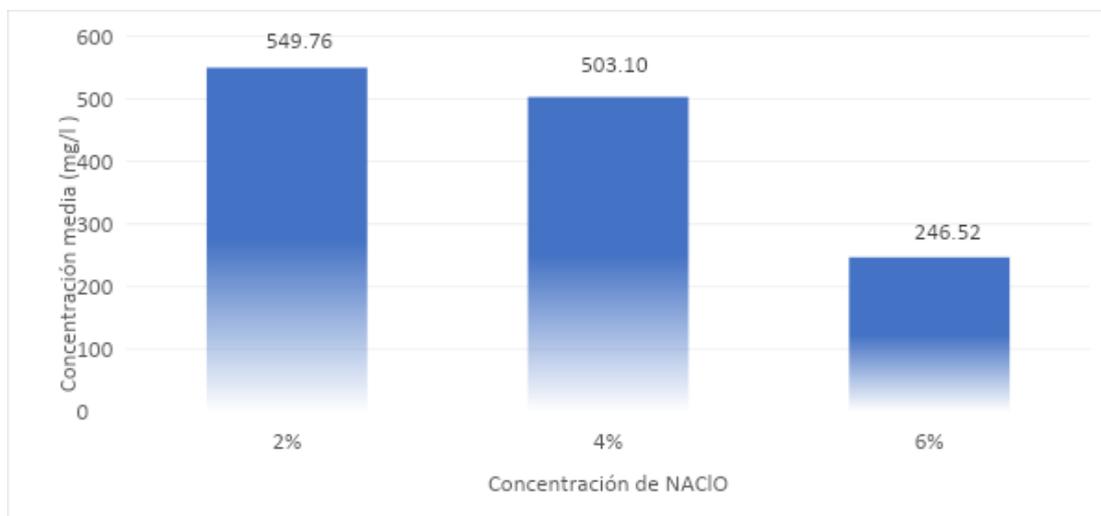
Interpretación: Para la remoción de cianuro se aplicó una dosis de NaClO del 2%, 4% y 6%, la prueba ANOVA permite afirmar que estas dosis mostraron una diferencia significativa (Sig=0.000 menor que 0.05) en la concentración final.

Tabla 17. *Prueba de Tukey para comparar los niveles hipoclorito de sodio para la remoción de cianuro*

NaClO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
6	45	246,52	
4	45		503,10
2	45		549,76
Sig.		1,000	,436

Interpretación: El nivel de hipoclorito de sodio (NaClO) de 6% proporcionó una concentración final media de cianuro significativamente menor que para una concentración de 2% y 4%.

Gráfico 7. Concentración final media de cianuro



Elaboración propia

- Objetivo específico 3.- Definir las concentraciones finales de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio después del proceso de oxidación por clorinación.

Tabla 18. Comparación de las dosis en el proceso de oxidación para la remoción de cianuro

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2914180,78	4	728545,19	25,338	,000
Dentro de grupos	3737837,95	130	28752,60		
Total	6652018,72	134			

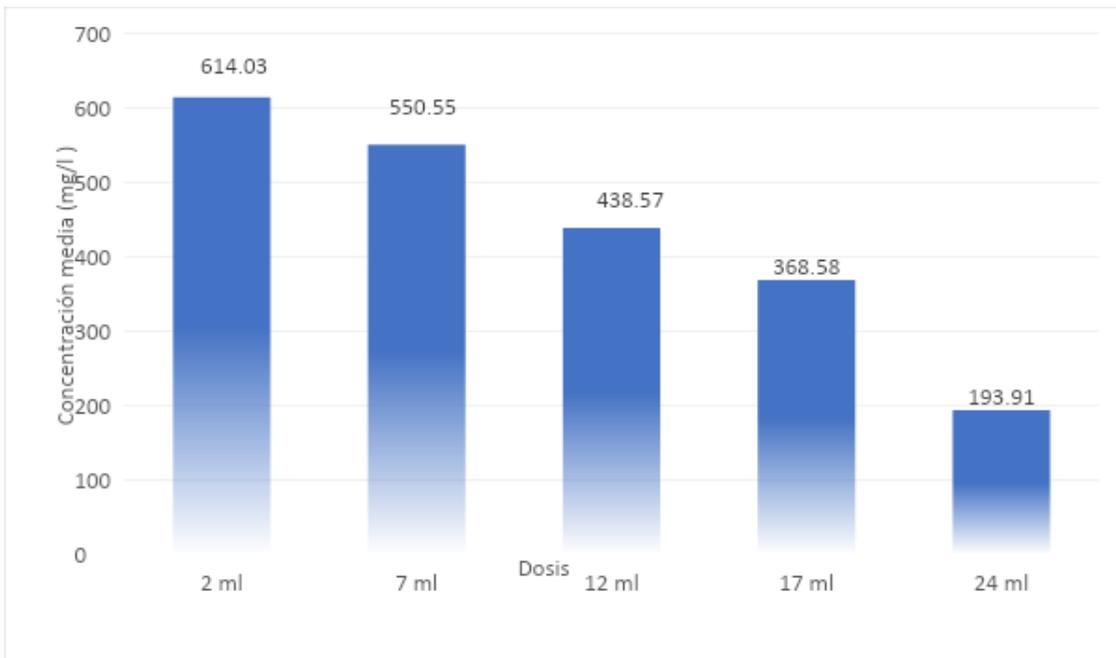
Interpretación: Para la remoción de cianuro se aplicó las dosis 2 ml, 7 ml, 12 ml, 17 ml y 24 ml, la prueba ANOVA permite afirmar que estas dosis mostraron una diferencia significativa (Sig=0.000 menor que 0.05) en la concentración final.

Tabla 19. prueba de Tukey de acuerdo a la dosis

Dosis (ml)	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
24	27	193,91			
17	27		368,58		
12	27		438,57	438,57	
7	27			550,55	550,55
2	27				614,03
Sig.		1,000	,554	,115	,644

Interpretación: Mediante la prueba de Tukey se determinó que con la dosis de 24ml proporcionó una concentración final media de cianuro significativamente menor.

Gráfico 8. Concentración final media de cianuro



Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

En cuanto al objetivo general de determinar el efecto que presenta la aplicación del proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro; se pudo obtener que este permite la reducción eficiente del CN^- por debajo de los Valores Máximos Admisibles (VMA) (1,0) de acuerdo al Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, considerando la dosis adecuada, el pH adecuado y teniendo en cuenta la concentración inicial de CN^- .

Resultados similares se obtuvieron en el trabajo de Li Haoyu et al., (2021, p.1); afirmando la eficiencia del proceso de clorinación, en el cual se aplica dicho tratamiento, donde se sometieron los residuos de cianuro a un tratamiento térmico de cloración para recuperar el oro; donde la mayor recuperación aproximadamente del 90% se obtuvo con una dosis del 5% en peso de CaCl_2 .

De acuerdo al objetivo específico 1; la concentración inicial de CN^- y pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio después del proceso de oxidación por clorinación se dan a una concentración inicial de entre 612.03 y 721.11 mg/l y a un pH alcalino, siendo que a mayor concentración inicial de CN^- la remoción por clorinación empieza a reducir, por lo que se cree que las dosis deberían ser mayores, ya que su eficiencia se va perdiendo.

Amaouche Hamza et al., (2019, p.1), menciona que los parámetros necesarios para lograr una remoción eficiente del cianuro en el proceso de oxidación por clorinación son la dosis, el pH y la temperatura y una dosis correcta logró conseguir del 60% al 94% de eliminación de cianuro, pero, además, afirma que al incrementar la dosis incrementa la eliminación.

Además, se observó que existe cierta relación a un pH alcalino y el incremento de la remoción de concentración del CN^- , ya que, las concentraciones de cianuro disminuyen notablemente desde un pH 9 hacía adelante.

Así también, Tyagi Megha et al., (2018, p.1), apoyando lo dicho con sus resultados, indicaron que para concentraciones de cianuro de 50 mg/L, se alcanzó una eliminación del 98,98% de cianuro a pH 9 y dosis de adsorbente de 1,73 g/L tras 45 min de tiempo de contacto.

Pero Su X. et al., (2022, p.7); encontró cierta discrepancia, ya que, la mitad del cianuro no se pudo eliminar con un agua residual a pH de 12; rescatando que a menor pH la degradación del cianuro se hace mayor y más completa; degradándose por encima del 90% con valores por debajo de los valores alcalinos.

Así mismo, considerando para la remoción de cianuro tres niveles de pH inicial (9, 10 y 11); mediante la tabla 14, en los resultados estadísticos, la prueba ANOVA permite afirmar que estos niveles mostraron una diferencia significativa (Sig=0.002 menor que 0.05) en la concentración final de cianuro.

Además, trabajar en un entorno alcalino evita la formación del compuesto inflamable HCN, una sustancia con un importante peligro pulmonar (Morillo E. et al., 2019, p.6).

Respecto al objetivo específico 2, la dosis óptima de hipoclorito de sodio en el proceso de oxidación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio es de 22ml a una concentración del 6%; logrando conseguir promedios de remoción en el tratamiento 3, tabla 4 una remoción de 0.73mg/l, logrando reducir la concentración inicial hasta obtener una concentración aceptable y por debajo de lo permitido.

En el tratamiento 3 de la tabla 8, se logró también reducir con una dosis de 24ml y una concentración del 6% a 0.01 mg/l la concentración de CN⁻, logrando reducir la concentración inicial hasta obtener una concentración aceptable y por debajo de lo permitido.

Mientras que, en el tratamiento 3 de la tabla 12 también se logró una reducción del CN⁻ aceptable de acuerdo a los VMA, consiguiendo un valor de 1.0mg/l, considerando la dosis de 24ml y una concentración del 6%. Lo que presenta cierta similitud con el trabajo de Han W. et al., (2023, p.2), donde aplicando a

una dosis del 2% la reducción es baja y es que sus resultados demostraron que una reacción de 60 minutos utilizando una dosis de 2,0% en peso de persulfato potásico a pH 10,0 podía eliminar tan solo el 53,47% del cianuro presente en el residuo de cianuro.

Siendo descrito estos resultados por el programa estadístico mediante la prueba ANOVA, que afirma que las dosis de 2%, 4% y 6% de NaClO para la remoción de cianuro mostraron una diferencia significativa (Sig=0.000 menor que 0.05) en la concentración final. Ya que, el nivel de hipoclorito de sodio (NaClO) de 6% proporcionó una concentración final media de cianuro significativamente menor que para una concentración de 2% y 4%.

Por otro lado, para el tercer objetivo específico, las concentraciones finales de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio después del proceso de oxidación por clorinación estuvieron por debajo de los valores máximos admisibles (VMA) del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA; logrando obtener valores del promedio de remoción de 0.73mg/l, 0.01mg/l y 1.06mg/l.

Resultados que apoyan al presente estudio son los de Pan Yubo et al., (2022, p.1), donde obtienen eficiencias de remoción superiores al 98,73% y el 98,96%.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que, el efecto que presenta la aplicación del proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro permite la reducción eficiente del CN⁻ por debajo de los Valores Máximos Admisibles (VMA); así mismo se describe las siguientes conclusiones:

- La concentración inicial de CN y pH en el que ocurre el mayor promedio de remoción de cianuro es de 721.11 y 612.03mg/l respectivamente y un pH alcalino; ya que, las concentraciones de cianuro disminuyen notablemente desde un pH 9 hacía adelante.
- La dosis óptima de hipoclorito de sodio en el proceso de oxidación para la remoción de cianuro es de 22ml a una concentración del 6%, ya que, con dichos valores se logra conseguir promedios de remoción altamente eficientes.
- Las concentraciones finales de cianuro en las muestras acondicionada a nivel de laboratorio después del proceso de oxidación por clorinación lograron permitir que los valores que se encontraban inicialmente en 612.03, 721.11 y 811.02 mg/l se reduzcan hasta 0.73, 0.01 y 1.06mg/l; siendo el VMA para el área correspondiente es de 1.0.

VII. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos, las conclusiones llegadas y los estudios previos analizados se puede realizar las siguientes recomendaciones para desarrollar técnicas de eliminación de CN^- de manera más rápidas y con mayor eficiencia:

- Se sugiere aplicar diferentes relaciones de NaClO para la remoción de cianuro por ejemplo con NaClO de concentraciones 2/8, 6/3, 8/3, así también, aunque se ha demostrado la eficiencia del NaClO se sugiere aplicar otros reactivos como H_2O_2 o el FeSO_4 .
- Aunque en el estudio no se tomado en cuenta como parámetro principal el tiempo de adsorción, es decir, el momento en que el producto de base interactúa con el contaminante estudiado para producir un factor totalmente nuevo.
- Como se obtuvo en los resultados la mayor reducción que logra ponerse por debajo de los VMA son aquellos que presentan una dosis mayor a 22ml; por lo que se sugiere realizar comparaciones con dosis mayores a ello hasta observar en que dosis se detiene la eficiencia de remoción.
- Por último, se aconseja el enfoque creado para la gestión de las aguas residuales tóxicas con neutralización previa antes del vertido.

REFERENCIAS

1. ALVILLO-RIVERA, Angélica, et al. Biological treatment for the degradation of cyanide: A review. *Journal of Materials Research and Technology*, 2021, vol. 12, p. 1418-1433.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.03.030>
2. AMAOUCHE, Hamza, et al. Removal of cyanide in aqueous solution by oxidation with hydrogen peroxide catalyzed by copper oxide. *Water Science and Technology*, 2019, vol. 80, no 1, p. 126-133.
Disponible en:
3. ANAND, Vandita; PANDEY, Anjana. Role of microbes in biodegradation of cyanide and its metal complexes. En *Development in Wastewater Treatment Research and Processes*. Elsevier, 2022. p. 205-224.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85839-7.00016-5>
4. BAHRAMI, Ataallah, et al. Isolation and removal of cyanide from tailing dams in gold processing plant using natural bitumen. *Journal of environmental management*, 2020, vol. 262, p. 110286.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110286>
5. BORTOLOZZO, Leandro S., et al. Mitigation of graphene oxide toxicity in *C. elegans* after chemical degradation with sodium hypochlorite. *Chemosphere*, 2021, vol. 278, p. 130421.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130421>
6. BOTZ, M. M.; MUDDER, T. I.; AKCIL, A. U. Cyanide treatment: physical, chemical, and biological processes. En *Gold ore processing*. Elsevier, 2017. p. 619-645.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63658-4.00035-9>

7. BRÜGER, Andreas, et al. On the volatilisation and decomposition of cyanide contaminations from gold mining. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 627, p. 1167-1173.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.320>
8. Burr. S.A. Reference Module in Biomedical Sciences. 2023
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824315-2.00650-3>
9. CASTILLO UNGARO, Ricardo, et al. Uso de Hipoclorito de Sodio para Disminuir la Concentración de Mn²⁺ en Aguas Ácidas de Mina para el Mejoramiento de la Calidad del Agua del Río Yauli, Junín, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 2022, vol. 24, no 3, p. 208-219.
Disponible en: <https://doi.org/10.18271/ria.2022.440>
10. CASTRO MALDONADO, John Jairo; GÓMEZ MACHO, Leidy Katherine; CAMARGO CASALLAS, Esperanza. La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 2023, vol. 27, no 75, p. 140-174.
Disponible en: <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
11. CHENG, Xiaoshi, et al. Current status of hypochlorite technology on the wastewater treatment and sludge disposal: Performance, principals and prospects. *Science of the Total Environment*, 2022, vol. 803, p. 150085.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150085>
12. CHESHCHEVIK, Vitali T., et al. Role of mitochondrial calcium in hypochlorite induced oxidative damage of cells. *Biochimie*, 2021, vol. 184, p. 104-115.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2021.02.009>
13. DEVI, Payal, et al. Hydrogen cyanide: Risk assessment, environmental, and health hazard. En *Hazardous Gases*. Academic Press, 2021. p. 183-195.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89857-7.00010-4>
14. DWIVEDI, Naveen; DWIVEDI, Shubha. Sustainable biological approach for removal of cyanide from wastewater of a metal-finishing industry. En *Membrane-Based Hybrid Processes for Wastewater Treatment*. Elsevier, 2021. p. 463-479.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823804-2.00010-0>

15. Ali Razak Naeem, Furqan A. Abbas, Duaa Abbas, Elaf Noori. Electronic Balance. 2023.

Disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10760.08969>

16. GHOSH, Tamal Kanti, et al. Cyanide contaminated water treatment by di-nuclear Cu (II)-cryptate: A supramolecular approach. *Journal of Water Process Engineering*, 2020, vol. 37, p. 101364.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101364>

17. GOREN, A. Yagmur, et al. Insights into sustainability of engineered carbonaceous material-based technologies for advanced cyanide removal from wastewater. *Alexandria Engineering Journal*, 2023, vol. 73, p. 69-88.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.04.031>

18. HAN, Wen-wen; YANG, Hong-ying; TONG, Lin-lin. Cyanide removal for ultrafine gold cyanide residues by chemical oxidation methods. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2022, vol. 32, no 12, p. 4129-4138.

Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(22\)66083-7](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(22)66083-7)

19. HAN, Wenwen; YANG, Hongying; TONG, Linlin. Removal of Cyanide in Gold Cyanide Residues through Persulfate-Advanced Oxidation Process. *Minerals*, 2023, vol. 13, no 5, p. 613.

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/min13050613>

20. JACKSON, Randy; LOGUE, Brian A. A review of rapid and field-portable analytical techniques for the diagnosis of cyanide exposure. *Analytica chimica acta*, 2017, vol. 960, p. 18-39.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.12.039>

21. JASZCZAK, Ewa, et al. Cyanides in the environment—analysis—problems and challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, vol. 24, p. 15929-15948.

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9081-7>

22. JIMÉNEZ-PRIETO, Yamell, et al. Assessment of technological alternatives for cyanide waste waters management in gold ores processing plant. *Revista Cubana de Química*, 2020, vol. 32, no 2, p. 218-231.
Disponible en: <https://orcid.org/0000-0003-3237-2100>
23. JOHNSON-DAVIS, Kamisha L. Cyanide toxicity—a case study. En *Toxicology Cases for the Clinical and Forensic Laboratory*. Academic Press, 2020. p. 473-479.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815846-3.00093-4>
24. KANG, Xu, et al. Optimization of operating conditions in the biological enzymes for efficient waste activated sludge dewatering. *Process Safety and Environmental Protection*, 2023, vol. 170, p. 545-552.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.12.046>
25. Krishnan. Foreword for the second edition. *High-Entropy Alloys(Second Edition)*. 2019, Pages ix-x.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816067-1.09994-X>
26. KUMAR, Anshu, et al. Polyacrylic acid@ zeolitic imidazolate framework-8 nanoparticles for detection and absorptive removal of cyanide from aqueous media with high efficiency. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2021, vol. 617, p. 126358.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.126358>
27. LI, Haoyu, et al. Evaluation of a cleaner production for cyanide tailings by chlorination thermal treatments. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 281, p. 124195.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124195>
28. LI, Peize, et al. Activity and mechanism of macroporous carbon/nano-TiO₂ composite photocatalyst for treatment of cyanide wastewater. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2023, vol. 658, p. 130728.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2022.130728>

29. MAMELKINA, Maria A., et al. Treatment of mining wastewater polluted with cyanide by coagulation processes: A mechanistic study. *Separation and Purification Technology*, 2020, vol. 237, p. 116345.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116345>
30. MILLER, Christopher J.; SMITH, Shawna N.; PUGATCH, Marianne. Experimental and quasi-experimental designs in implementation research. *Psychiatry research*, 2020, vol. 283, p. 112452.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2019.06.027>
31. MOUSSAVI, Gholamreza, et al. Investigating the aerated VUV/PS process simultaneously generating hydroxyl and sulfate radicals for the oxidation of cyanide in aqueous solution and industrial wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 2018, vol. 350, p. 673-680.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.05.178>
32. MARTÍNKOVÁ, Ludmila, et al. Recent trends in the treatment of cyanide-containing effluents: Comparison of different approaches. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2023, vol. 53, no 3, p. 416-434.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1080/10643389.2022.2068364>
33. MORILLO ESPARZA, Jefferson, et al. Combined treatment using ozone for cyanide removal from wastewater: A comparison. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 2019, vol. 35, no 2, p. 459-467.
Disponibile en: <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.16>
34. OGUZ, Alev, et al. A fully water-soluble Calix [4] arene probe for fluorometric and colorimetric detection of toxic hydrosulfide and cyanide ions: Practicability in living cells and food samples. *Food Chemistry*, 2023, vol. 401, p. 134132.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134132>
35. PAN, Yubo, et al. Enhanced photocatalytic oxidation degradability for real cyanide wastewater by designing photocatalyst GO/TiO₂/ZSM-5: Performance and mechanism research. *Chemical Engineering Journal*, 2022, vol. 428, p. 131257.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131257>

36. PAN, Yubo, et al. Synergistic effect of adsorptive photocatalytic oxidation and degradation mechanism of cyanides and Cu/Zn complexes over TiO₂/ZSM-5 in real wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 416, p. 125802.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125802>
37. PEŠA, Iva; ROSS, Corey. Extractive industries and the environment: production, pollution, and protest in global history. *The Extractive Industries and Society*, 2021, vol. 8, no 4, p. 100933.
<https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.100933>
38. POUREHIE, Omid; SAIEN, Javad. Solar driven homogeneous sodium hypochlorite/iron process in treatment of petroleum refinery wastewater for reusing. *Separation and Purification Technology*, 2021, vol. 274, p. 119041.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119041>
39. PRASANNAKUMARAN, K. M., et al. Nanopowdered biochar materials as a selective coating in solar flat plate collectors. En *Nanomaterials*. Academic Press, 2021. p. 663-676.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822401-4.00016-7>
40. Ruby Gilmor, Hashir Qamar, Nicholas Huerta. Chapter 4 - Basic Research. Translational Surgery. Handbook for Designing and Conducting Clinical and Translational Research. 2023, Pages 15-19.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90300-4.00002-1>
41. SAIM, Alex Kwasi, et al. Synthesis of ASB-CuO nanocomposite for efficient cyanide degradation from aqueous systems: Fundamentals and potential applications to tailings water from gold operations. *Hydrometallurgy*, 2023, vol. 218, p. 106059.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2023.106059>
42. SHERIN, D. R.; SATHEESHKUMAR, K.; MANOJKUMAR, T. K. Molecular simulations of CRANADs to disclose a specific cyanide sensor in aqueous media. *Computational and Theoretical Chemistry*, 2022, vol. 1217, p. 113894.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.comptc.2022.113894>

43. SINGH, Ramesh. *Applied welding engineering: processes, codes, and standards*. Butterworth-Heinemann, 2020.
Disponibile en: [<iframe frameborder="0" scrolling="no" style="border:0px" src="https://books.google.es/books?id=RR7UDwAAQBAJ&lpg=PP1&ots=JxpypMomyJ&dq=Applied%20Welding%20Engineering%20\(Third%20Edition\)&lr&hl=es&pg=PP1&output=embed" width=500 height=500></iframe>](https://books.google.es/books?id=RR7UDwAAQBAJ&lpg=PP1&ots=JxpypMomyJ&dq=Applied%20Welding%20Engineering%20(Third%20Edition)&lr&hl=es&pg=PP1&output=embed)
44. SORIANO-DISLA, José M.; JANIK, Leslie J.; MCLAUGHLIN, Michael J. Assessment of cyanide contamination in soils with a handheld mid-infrared spectrometer. *Talanta*, 2018, vol. 178, p. 400-409.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.08.106>
45. SU, Xiujuan, et al. High-efficiency and rapid cyanide removal in SPL derived from aluminum electrolysis production under microwave and sensitizer synergistic action. *Journal of Cleaner Production*, 2022, vol. 365, p. 132691.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132691>
46. TEZ, Serkan, et al. Comparative multi-species analysis of potassium cyanide toxicity. *Marine Pollution Bulletin*, 2022, vol. 182, p. 113965.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113965>
47. TYAGI, Megha, et al. Adsorptive removal of cyanide from coke oven wastewater onto zero-valent iron: Optimization through response surface methodology, isotherm and kinetic studies. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 178, p. 398-407.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.016>
48. Vitthal S. Kulkarni Ph.D., Charles Shaw Ph.D. Chapter 11 - Miscellaneous Physical, Chemical, and Microbiological Test Methods. *Essential Chemistry for Formulators of Semisolid and Liquid Dosages*. 2016, Pages 193-221.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801024-2.00011-X>
49. WANG, Zih-Syuan; CHO, Yi-Chin; LIN, Yi-Pin. Removal of Cyanide from Electroplating Wastewater by Persulfate Oxidation Process. *Available at SSRN* 4427783.
Disponibile en: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4427783>

50. WEI, Yunmei, et al. Enhanced removal of metal-cyanide complexes from wastewater by Fe-impregnated biochar: Adsorption performance and removal mechanism. *Chemosphere*, 2023, p. 138719.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138719>
51. XIE, Yong-Qiang, et al. A novel fluorescent probe with high sensitivity for sequential detection of CN⁻ and Al³⁺ in highly aqueous medium and its applications in living cell bioimaging. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 2023, vol. 437, p. 114488.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2022.114488>
52. XIONG, Qiao, et al. An environmental-friendly approach to remove cyanide in gold smelting pulp by chlorination aided and corncob biochar: Performance and mechanisms. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 408, p. 124465.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124465>
53. ZENG, Feihu; CHEN, Cong; HUANG, Xianfeng. Enhanced electro-generated ferrate using Fe (0)-plated carbon sheet as an anode and its online utilization for removal of cyanide. *Chemosphere*, 2020, vol. 241, p. 125124.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125124>
54. ZHU, Xiaochun; CHEN, Shuang; XU, Yan. Determination of non-glucosidic cyanogen in Chinese liquor-fermentation ingredients using QuEChERS sample preparation and spectrophotometric method. *Food Control*, 2022, vol. 140, p. 109101.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109101>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable dependiente	remoción de cianuro	Se da mediante los resultados de la eficiencia de cada tratamiento en el que se observa la cantidad de cianuro Castillo Ungaro R. et al., 2022, p.3).	En primer lugar se realizará la caracterización de la muestra acondicionada a laboratorio con cianuro; ello ayudará a comparar los resultados que se obtendrán al final de cada tratamiento, obteniendo el porcentaje de remoción mediante la ecuación de concentración inicial menos la concentración final dividido por la concentración inicial por el 100%.	Características fisicoquímicas	T°	C°
					Ce	uS/cm
					CN	mg/l
					pH	-
				Eficiencia	Remoción	%
					Concentración final de Cianuro	mg/l

Variable independiente	proceso de oxidación empleando clorinación	Los efluentes industriales deben someterse a un tratamiento químico mediante un proceso de oxidación, en el que el cianuro se convierte en cianato no tóxico, para reducir la cantidad de compuestos de cianuro presentes. Uno de ellos es la cloración alcalina, que oxida los cianuros añadiendo una solución de hipoclorito sódico a un medio alcalino (pH: 10-12) (Jiménez P. et al., 2020, p.1).	Se realizará tratamientos con tres concentraciones diferentes (Hipoclorito de sodio al 2% 4% y 6%); y cada tratamiento consistirá en una corrida inicial con 2 repeticiones, observando la variación del promedio de remoción mediante la fórmula de la suma de los 3 resultados (corrida inicial+Réplica1+Réplica2/3).	Tratamiento con NaClO	Tratamiento con concentración al 2	%
					Tratamiento con concentración al 4	
					Tratamiento con concentración al 6	

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN

Nosotros Cuadros Alegria, Dyck Everest con DNI N° 46352350 y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo con DNI N° 74021864 alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorados por el ingeniero Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio nos dirigimos a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio, 2023”** solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

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

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.



.....
TESISTA Cuadros Alegria, Dyck Everest
DNI: 46352350



.....
TESISTA Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo
DNI: 74021864

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. **Apellidos y Nombres:** EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN
- I.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- I.3. **Especialidad o línea de investigación:** Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
- I.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas
- I.5. **Autor(A) de Instrumento:** Cuadros Alegria, Dyck Everest y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo

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			

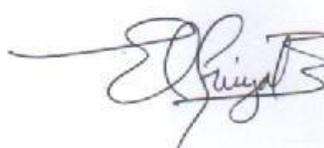
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



Lima, 23 de junio de 2023

Ficha 1: Características fisicoquímicas

Título del proyecto	Proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio, 2023					
Responsables	Cuadros Alegria, Dyck Everest y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo					
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio					
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático					
Lugar	Nivel de laboratorio					
Fecha	23/06/2023				Hora	
Muestra	Características del suelo			indicadores		
T					°C	
pH					-	
CN (cianuro libre)					(mg/L)	

Ficha 2: Proceso de Oxidación Avanzada								
Título del proyecto	Proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada nivel de laboratorio, 2023							
Responsables	Cuadros Alegria, Dyck Everest y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo							
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio							
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático							
Lugar	Nivel de laboratorio							
Fecha	23/06/2023						Hora	
Contaminante							Concentración inicial	
Características del tratamiento	Corridas				Promedio			Observaciones
Concentración inicial de CN	600	700	800			1ra Réplica	2da Réplica	
Dosis de NaClO	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%			
pH								

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

MG. RITA JAQUELINE CABELLO TORRES

Nosotros Cuadros Alegria, Dyck Everest con DNI N° 46352350 y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo con DNI N° 74021864 alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorados por el ingeniero Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio nos dirigimos a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio, 2023”** solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

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

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.



.....
TESISTA Cuadros Alegria, Dyck Everest
DNI: 46352350



.....
TESISTA Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo
DNI: 74021864

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. **Apellidos y Nombres:** MG. RITA JAQUELINE CABELLO TORRES
- I.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- I.3. **Especialidad o línea de investigación:** Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
- I.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Proceso de Oxidación Avanzada
- I.5. **Autor(A) de Instrumento:** Cuadros Alegria, Dyck Everest y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo

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

85%

Lima, 23 de junio de 2023



Ficha 1: Características fisicoquímicas

Título del proyecto	Proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio, 2023					
Responsables	Cuadros Alegria, Dyck Everest y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo					
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio					
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático					
Lugar	Nivel de laboratorio					
Fecha	23/06/2023				Hora	
Muestra	Características del suelo			indicadores		
T					°C	
pH					-	
CN (cianuro libre)					(mg/L)	

Ficha 2: Proceso de Oxidación Avanzada								
Título del proyecto	Proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada nivel de laboratorio, 2023							
Responsables	Cuadros Alegria, Dyck Everest y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo							
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio							
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático							
Lugar	Nivel de laboratorio							
Fecha	23/06/2023						Hora	
Contaminante							Concentración inicial	
Características del tratamiento	Corridas				Promedio			Observaciones
Concentración inicial de CN	600	700	800			1ra Réplica	2da Réplica	
Dosis de NaClO	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%			
pH								

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

MG. ALCIDES GARZON FLORES

Nosotros Cuadros Alegria, Dyck Everest con DNI N° 46352350 y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo con DNI N° 74021864 alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorados por el ingeniero Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio nos dirigimos a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio, 2023”** solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

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

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.



.....
TESISTA Cuadros Alegria, Dyck Everest
DNI: 46352350



.....
TESISTA Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**I. DATOS GENERALES****I.1. Apellidos y Nombres:** MG. ALCIDES GARZON FLORES**I.2. Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este**I.3. Especialidad o línea de investigación:** Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático**I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Proceso de Oxidación Avanzada**I.5. Autor(A) de Instrumento:** Cuadros Alegria, Dyck Everest y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo**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

85%

Lima, 23 de junio de 2023



Ficha 1: Características fisicoquímicas

Título del proyecto	Proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada a nivel de laboratorio, 2023					
Responsables	Cuadros Alegria, Dyck Everest y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo					
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio					
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático					
Lugar	Nivel de laboratorio					
Fecha	23/06/2023				Hora	
Muestra	Características del suelo			indicadores		
T					°C	
pH					-	
CN (cianuro libre)					(mg/L)	

Ficha 2: Proceso de Oxidación Avanzada								
Título del proyecto	Proceso de oxidación empleando clorinación para la remoción de cianuro con muestra acondicionada nivel de laboratorio, 2023							
Responsables	Cuadros Alegria, Dyck Everest y Nuñez Tejada, Jordy Pompeyo							
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio							
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático							
Lugar	Nivel de laboratorio							
Fecha	23/06/2023						Hora	
Contaminante							Concentración inicial	
Características del tratamiento	Corridas				Promedio			Observaciones
Concentración inicial de CN	600	700	800			1ra Réplica	2da Réplica	
Dosis de NaClO	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%	2% 4% y 6%			
pH								

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 011- 2023

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

Tipo de ensayos: Análisis físico - químico
 Tipo de muestra: Sintética
 Descripción de la muestra: líquido
 Muestra tomada por: Estudiante
 Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Biotecnología – UCV Lima Este
 Fecha de realización de ensayos: 23 de agosto 2023

Identificación de la Muestra	Temperatura	pH	CN- Libre
	°C	Unidad	mg/l
1 (600 mg/l)	25,8	9	612,03
2 (700 mg/l)	24,1	10	721,11
3 (800 mg/l)	26	11	811,02

*No resultado emitido válido para desarrollo académico

dosis NaClO ml		Concentración 1 (612,03 mg/l de cianuro)			
		Concentración	pH	CN- Libre	
		NaClO	Unidad	mg/l	
2	Corrida Inicial	2%	9,1	569,2	
	R1			570,1	
	R2			568,2	
7	Corrida Inicial		2%	9,5	533,2
	R1				531,9
	R2				530,8
12	Corrida Inicial	2%		10,2	497,9
	R1				395,7
	R2				496,8
17	Corrida Inicial		2%	10,4	464,4
	R1				463,9
	R2				461,0
24	Corrida Inicial	2%		10,8	330,1
	R1				329,0
	R2				330,06

*No resultado emitido válido para desarrollo académico

Método de Referencia: APHA-AIWWA-WEF (2005) método 4500 H B - Standard Methods 4500-CN-D [11], ASTM D-2036-91



Daniel Neciosup Gonzales
 Asistente Del Laboratorio
 De Biotecnología




V. B. M. Sc. Freddy Villalobos
 Jefe de escuela Ingeniería de Alimentos

INFORME DE ENSAYO N° 011- 2023

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

dosis NaClO ml		Concentración NaClO	pH Unidad	CN- Libre mg/l			
2	Corrida Inicial	4%	9,2	544			
	R1			544,9			
	R2			542,8			
7	Corrida Inicial		4%	9,6	487,2		
	R1				487,9		
	R2				486		
12	Corrida Inicial			4%	10,2	430,6	
	R1					428,0	
	R2					429,5	
17	Corrida Inicial				4%	10,6	374,4
	R1						374,8
	R2						373,1
24	Corrida Inicial	4%				11	217,5
	R1						218,1
	R2						216,4
dosis NaClO ml			Concentración NaClO			pH Unidad	CN- Libre mg/l
2	Corrida Inicial		6%			9,3	430,1
	R1						427,6
	R2			432,5			
7	Corrida Inicial			6%		9,4	620,2
	R1						256,9
	R2				259,1		
12	Corrida Inicial				6%	9,8	119,9
	R1						118,8
	R2	121,4					
17	Corrida Inicial	6%				10,7	36,8
	R1						37,1
	R2						36,6
24	Corrida Inicial		6%			10,9	0,75
	R1						0,72
	R2						0,74

*Los resultados sirven sólo para uso académico

Método de Referencia: APHA-AWWA-WEP (2005)método 4500 H B Standard Methods 4500-CN O (11) ASTM D-2036-91



Daniel Neciosup Gonzales
Asistente Del Laboratorio
De Biotecnología




V°B° M° Sc. Freddy Pérez Alarcón
Jefe de Escuela Ingeniería Industrial

INFORME DE ENSAYO N° 011- 2023

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

dosis NaClO ml		Concentración 1 (721,11 mg/l de cianuro)			
		Concentración NaClO	pH Unidad	CN- Libre mg/l	
2	Corrida Inicial	2%	10,4	667,9	
	R1			668,7	
	R2			669,6	
7	Corrida Inicial		11,1	633	
	R1			633,7	
	R2			631,9	
12	Corrida Inicial			11,6	596,4
	R1				594,8
	R2				595,6
17	Corrida Inicial		12,1	565,6	
	R1			566,6	
	R2			565,6	
24	Corrida Inicial	12,4		331,3	
	R1			329,6	
	R2			332	
dosis NaClO ml		Concentración 2 (721,11 mg/l de cianuro)			
		Concentración NaClO	pH Unidad	CN- Libre mg/l	
2	Corrida Inicial	4%	10,5	641,9	
	R1			642,9	
	R2			640,7	
7	Corrida Inicial		11,2	585,8	
	R1			585,2	
	R2			585,6	
12	Corrida Inicial			11,8	531,2
	R1				531,7
	R2				529,8
17	Corrida Inicial		12,3	471,9	
	R1			472,8	
	R2			472	
24	Corrida Inicial	12,6		216,6	
	R1			216,3	
	R2			217,7	

*Los resultados emitidos válidos para desarrollo académico

Método de Referencia: APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 H B. Standard Methods 4500-CN-O (11) ASTM D-2036-01


 Daniel Neciosup Gonzales
 Asistente Del Laboratorio
 De Biotecnología


 V. B. M. Sc. Freny
 Jefe de escuela Ingeniería Ambiental



INFORME DE ENSAYO N° 011- 2023

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

dosis NaClO ml	Concentración		pH	CN- Libre
	NaClO	Unidad		mg/l
2	Corrida Inicial	6%	10,5	530,9
	R1			529,3
	R2			532,3
7	Corrida Inicial		11,4	360
	R1			360,7
	R2			359,9
12	Corrida Inicial		11,8	190,9
	R1			189,8
	R2			191,2
17	Corrida Inicial		12,5	19,9
	R1			20,5
	R2			18,9
24	Corrida Inicial	12,7	0,01	
	R1		0,02	
	R2		0,01	

dosis NaClO ml	Concentración 1 (811,02 mg/l de cianuro)		pH	CN- Libre
	NaClO	Unidad		mg/l
2	Corrida Inicial	2%	11,4	767,9
	R1			768,7
	R2			769,6
7	Corrida Inicial		12,1	733
	R1			733,7
	R2			731,9
12	Corrida Inicial		12,6	696,4
	R1			694,8
	R2			695,6
17	Corrida Inicial		12,9	665,6
	R1			666,6
	R2			665,8
24	Corrida Inicial	13	231,3	
	R1		230,6	
	R2		232	

*Los resultados emitidos válidos para desarrollo académico

Método de Referencia: APHA-AWWA WEF (2005) método 4500 H 8. Standard Methods 4500-CN-D (11) ASTM D-2026-91


 Daniel Neciosup Gonzales
 Asistente Del Laboratorio
 De Biotecnología


 V. B. M. Sc. Freddy P. ...
 Jefe de Escuela Ingeniería Ambiental



INFORME DE ENSAYO N° 011- 2023

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

dosis NaClO ml		Concentración NaClO	pH Unidad	CN- Libre mg/l			
2	Corrida Inicial	4%	11,4	741,9			
	R1			742,9			
	R2			740,7			
7	Corrida Inicial		4%	12,1	685,8		
	R1				685,2		
	R2				685,6		
12	Corrida Inicial			4%	12,8	631,2	
	R1					631,7	
	R2					629,8	
17	Corrida Inicial				4%	13,3	571,9
	R1						572,8
	R2						572
24	Corrida Inicial	4%				13,6	416,6
	R1						416,3
	R2						417,7
dosis NaClO ml			Concentración NaClO			pH Unidad	CN- Libre mg/l
2	Corrida Inicial		6%			11,5	630,9
	R1						629,7
	R2			632,3			
7	Corrida Inicial			6%		12,4	560
	R1						560,7
	R2				559,9		
12	Corrida Inicial				6%	12,8	290,9
	R1						289,8
	R2	291,2					
17	Corrida Inicial	6%				13,6	147,1
	R1						147
	R2						146,9
24	Corrida Inicial		6%			13,8	1,1
	R1						1,1
	R2						1

*Los resultados enviados válidos para desarrollo académico

Método de Referencia: APHA-AWWA-WEF (2000)método 4500 H B , Standard Methods 4500-CN-0 [11] ASTM D-2036-01


 Daniel Neciosup Gonzales
 Asistente Del Laboratorio
 De Biotecnología


 V. B. M. Se. Freddy Pineda
 Jefe de escuela Ingeniería


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**MT - LM - 205 - 2022**

Área de Metrología

Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

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

Fecha de Emisión
2022-06-25

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

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

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

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

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

7. Lugar de calibración

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

8. Condiciones Ambientales

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

9. Patrones de referencia

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

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

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autos adhesiva con la indicación de CALIBRADO.

(*) Serie indicado en una etiqueta adherido al equipo.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 205 - 2022**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

				Inicial	Final		
				20,4	20,4		
	Carga L1 = 100,0000 g			Carga L2 = 200,0000 g			
Medición Nº	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
2	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8	
3	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8	
4	100,0002	-	0,3	200,0018	-	1,8	
5	100,0002	-	0,3	200,0020	-	2,0	
6	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8	
7	100,0001	-	0,2	200,0020	-	2,0	
8	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
9	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
10	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
	Diferencia Máxima			Diferencia Máxima			
	0,1			0,3			
	Error Máximo Permisible			Error Máximo Permisible			
	± 0,3			± 0,3			

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

						Inicial	Final		
						20,4	20,4		
	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
Posición de la Carga	Carga Mínima*	Eo (mg)			Carga L (g)	Ec (mg)			
		I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)		I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		0,0000	-	0,1		69,9990	-	-1,0	-1,0
2		0,0000	-	0,1		69,9988	-	-1,2	-1,2
3	0,0000 g	0,0000	-	0,1	70,0000	69,9990	-	-1,0	-1,0
4		0,0000	-	0,1		69,9990	-	-1,0	-1,0
5		0,0000	-	0,1		69,9988	-	-1,2	-1,2
		Error máximo permisible				± 0,3			



Posición de las cargas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 205 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

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

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

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido.

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,00000334181 R$

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

12. Incertidumbre

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

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

Fin del documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PFQ-023-2022

Página 1 de 2

Expediente : OTF22-002
Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.
Dirección : AV. PARQUE N° 640 - SAN JUAN DE LURIGANCHO
Instrumento : MEDIDOR DE PH
Alcance de Indicación : 0.00 pH a 14.0 pH
Div. Min. de Escala (d) (*) : 0.01 pH
Clase de Exactitud : No Indica
Marca : CRISON
Modelo : BASCI 20
Tipo de Indicación : Digital
Procedencia : España
Número de Serie : 234053
Código de Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio de Biotecnología
Fecha de Calibración : 2022 - 11 - 30
Fecha de Emisión : 2022 - 12 - 01

Método de Calibración Empleado

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

Observaciones

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

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

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

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

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

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



HCFFQ-05-Rev 00

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PFQ-023-2022

Página 2 de 2

Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón de PRESITEC	
Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Centr / Inf. Calibración
Disolución Tampón 4.00 pH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml L1.190265(A) U(k=2) ±0.14	SI Analytica GmbH DIN 55 350
Disolución Tampón 7.00 pH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml L1.1180115(A) U(k=2) ±0.13	SI Analytica GmbH DIN 55 350
Disolución Tampón 10.00 pH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml L1.170124(A) U(k=2) ±0.13	SI Analytica GmbH DIN 55 350
Disolución Tampón 12.85 mS pH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml L1.170124(A) U(k=2) ±0.13	SI Analytica GmbH DIN 55 350

Condiciones Ambientales

Condiciones Ambientales	Mínima	Máxima
Temperatura	20.3 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	68 %	69 %

Resultados de Calibración

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

Incertidumbre

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

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

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

Fin del Certificado de Calibración

HCFPG-05-Rev 00

Fotos de laboratorio



