

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO**  
**“BENEDICTO XVI”**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE MINAS**



**ZEOLITA MODIFICADA Y ADSORCIÓN DE ARSENICO EN  
AGUAS DE RELAVE MINERO EN EL DISTRITO DE SHOREY,  
QUIRUVILCA -2025**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS**

**AUTOR**

Br. Chomba Galindos, Delmis Franklin  
<https://orcid.org/0009-0005-2201-6569>

**ASESOR**

Dr. Acosta Sánchez, Luis Alberto  
<https://orcid.org/0000-0003-0332-2171>

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

Desarrollo minero y minería sustentable

**TRUJILLO - PERÚ**

**2025**

## DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura:

Mg. Ing. Henry Alexander Chipana Saldaña

Yo, Luis Alberto, Acosta Sánchez con DNI N° 17921248, como asesor de la tesis titulada “ZEOLITA MODIFICADA Y ADSORCION DE ARSENICO EN AGUAS DE RELAVE MINERO EN EL DISTRITO DE SHOREY, QUIRUVILCA-2025.” desarrollado por Delmis Franklin Chomba Galindos con DNI N° 72137555 del programa de estudios de Ingeniería de Minas; considero que dicho trabajo reúne las condiciones tanto técnicas como científicos, las cuales están alineadas a las normas establecidas en el Reglamento de Titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en la normativa para la presentación de trabajos de graduación de la Facultad Ingeniería. Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por los jurados designados por la mencionada facultad.

---

Dr. Luis Alberto, Acosta Sánchez  
DNI: 17921248  
Asesor

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**EXCMO. MONS. GILBERTO ALFREDO VIZCARRA MORI, S.J.**

Arzobispo Metropolitano de Trujillo

Gran Canciller

Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

**DR. MARCOANTONIO PACHERRES TORREJÓN**

Rector de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

**DRA. SILVIA VALVERDE ZAVALA**

Vicerrectora Académica

**DRA. GINA ZAVALA ESPEJO**

Vicerrectora de Investigación

**MG. HENRY CHIPANA SALDAÑA**

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**DRA. TERESA SOFÍA REATEGUI MARÍN**

Secretaria General

## DEDICATORIA

A Dios, por ser la fuente de mi conocimientos, fuerza y esperanza en cada fase de este recorrido. Agradezco por estar a mi lado en las horas de duda, brindarme serenidad en la tormenta y nunca dejar de sostener mi mano.

A mis padres, Elías y Enma, por su amor sin reservas, sus sacrificios en silencio y su respaldo inquebrantable en cada etapa de mi vida. Su fe, empeño y cariño han sido el impulso que me ha guiado a lograr este objetivo. Han sido mi refugio en las adversidades y mi motivación en cada éxito. Esta tesis es el resultado de todo lo que inculcaron en mí desde el primer día.

A mis hermanos, Keny, Jhassiel y principalmente a mi hermana Juleysi, les agradezco por su afecto, sus motivadoras palabras y por estar a mi lado en cada fase de este trayecto. Cada uno, a su manera particular, ha marcado este logro, y por ello les dedico con cariño este segmento de mi esfuerzo.

A mi novia Abigail Flores Verde, por ser mi acompañante, mi tranquilidad y mi fuente de inspiración en los momentos más exigentes de este camino. Gracias por tu amor incondicional, tu paciencia infinita y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Tu apoyo constante, tus palabras de aliento y tu presencia han sido fundamental para llegar hasta aquí. Este logro también es tuyo, porque en cada página de esta tesis está el reflejo de todo lo que me impulsas a ser.

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco profundamente a Dios, por haber sido mi guía constante, mi refugio en la adversidad y la fuente de toda fortaleza en este proceso. Su presencia me sostuvo cuando las fuerzas flaquearon, y su amor me impulsó a seguir adelante con fe, esperanza y determinación. Sin Él, nada de esto habría sido posible.*

*A mi asesor Acosta Sánchez, Luis Alberto por su valiosa orientación, dedicación y compromiso a lo largo de este proceso. Su paciencia y conocimiento y constante apoyo fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.*

*Agradezco con profundo respeto y admiración al Ing. John Bejarano Guevara, por haber compartido conmigo su conocimiento, su experiencia y su pasión por la enseñanza. Cada lección, consejo y exigencia contribuyó significativamente a mi formación personal y profesional. Gracias por sembrar en mí el amor por el aprendizaje y por ser parte esencial de este logro académico.*

*Finalmente, agradezco a mi casa de estudios por brindarme la oportunidad de formarme en un entorno de conocimiento, valores y crecimiento personal.*

*Este espacio fue testigo de mis esfuerzos, aprendizajes y logros, y siempre lo recordare como el lugar donde se forjaron mis sueños y mi vocación profesional.*

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Delmis Franklin Chomba Galindos** con **DNI N°. 72137555**, egresado del **Programa de estudios de Ingeniería de minas** de la **Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”**, doy fe de que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos establecidos por la **Facultad de Ingeniería y Arquitectura** para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: **“ZEOLITA MODIFICADA Y ADSORCION DE ARSENICO EN AGUAS DE RELAVE MINERO EN EL DISTRITO DE SHOREY, QUIRUVILCA -2025.”**, el cual consta de un total de **44 páginas**, incluyendo 8 tablas y 11 figuras y **8 páginas de anexos**.

Dejo constancia de la **originalidad y autenticidad** de la mencionada investigación y declaro, bajo juramento y en cumplimiento de los principios éticos, que el contenido del documento es **de mi exclusiva autoría** en cuanto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizo que los fundamentos teóricos están debidamente sustentados en fuentes bibliográficas, asumiendo la responsabilidad de cualquier omisión involuntaria en la citación de autores.

En este sentido, declaro que el uso de herramientas de inteligencia artificial en el presente trabajo se ha limitado exclusivamente a la mejora de la redacción y corrección de errores gramaticales y sintácticos, sin que ello haya influido en la generación del contenido, análisis o interpretación de los resultados de la investigación.

Del mismo modo, reconozco que cualquier vulneración a los derechos de autor derivada del presente trabajo será de mi exclusiva responsabilidad, asumiendo las consecuencias académicas y legales que pudieran derivarse conforme a la normativa vigente.

**El autor**



---

Br. Delmis Franklin Chomba Galindos  
DNI N° 72137555

## ÍNDICE

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD .....	2
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS .....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTOS .....	5
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	6
ÍNDICE .....	7
RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	11
I. INTRODUCCIÓN .....	12
II. METODOLOGÍA .....	22
2.1. Enfoque, tipo .....	22
2.2. Diseño de investigación .....	22
2.3. Población y muestra .....	22
2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos .....	22
2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información .....	23
2.6. Aspectos éticos en investigación .....	23
III. RESULTADOS .....	24
3.1 Adsorción de arsénico mediante zeolita modificada .....	24
IV. DISCUSIÓN .....	29
V. CONCLUSIONES .....	30
VI. RECOMENDACIONES .....	31
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32
ANEXOS .....	37

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Marco normativo del arsénico .....	20
Tabla 2 Muestras madres de las concentraciones de Arsénico del relave minero .....	24
Tabla 3 Efecto del # malla y la dosis de zeolita modificada en la adsorción de arsénico .....	25
Tabla 4 Análisis de varianza de la dosis de zeolita .....	26
Tabla 5 Medias de la dosis de zeolita modificada .....	26
Tabla 6 Análisis de varianza del # de malla.....	27
Tabla 7 Resultados de las medias según número de mallas .....	27
Tabla 8 Análisis de varianza multifactorial. ....	28

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ficha técnica.....	39
Figura 2 Relavera en el distrito de Shorey .....	40
Figura 3 Recolección de las aguas de relave minero Shorey Quiruvilca. ....	40
Figura 4 Preservación de las muestras de relave .....	41
Figura 5 Codificación de muestras .....	41
Figura 6 Tamizado de zeolita.....	42
Figura 7 Secado de la zeolita modifica.....	42
Figura 8 Pesado de la zeolita modificada .....	43
Figura 9 Agitación de zeolita modificada y las muestras de relave.....	43
Figura 10 Filtración de muestras .....	44
Figura 11 Muestras tratadas.....	44

## RESUMEN

La investigación realizada en la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI” analiza como la zeolita modificada con cloruro férrico influye en la remoción de arsénico en aguas de relaves mineros de Shorey del distrito de Quiruvilca, debido a los problemas que causan los metales pesados en el medio ambiente y a la salud de las personas se busca una alternativa eficaz y económica para la adsorción de arsénico, en ese contexto, la zeolita entra como una opción efectiva para su adsorción. Este estudio fue de carácter experimental y cuantitativo, donde se evaluaron diferentes dosis y tamaños de partículas de la zeolita ya modificada para determinar su eficacia en la adsorción de arsénico a través de análisis estadísticos. Los hallazgos indicaron que la zeolita modificada puede disminuir entre un 12% y un 40 % de la cantidad de contaminante, siendo esta más eficaz con la dosis más alta, evidenciando su potencial como opción económica y sostenible para el tratamiento de aguas afectadas por la minería. Sin embargo, a pesar de haber logrado una disminución notable del arsénico, aun se debe perfeccionar ciertos aspectos como el pH, tiempo de contacto y las condiciones operativas para alcanzar completamente los estándares de calidad de agua, por lo tanto, se sugiere continuar con las investigaciones y mejorar el proceso a una escala mayor.

**Palabras clave:** Zeolita, cloruro férrico, arsénico, adsorción, contaminación ambiental.

## ABSTRACT

Research conducted at the Catholic University of Trujillo “Benedict XVI” analyzes how ferric chloride-modified zeolite influences arsenic removal in mining tailings water from Shorey in the Quiruvilca district. Due to the environmental and health problems caused by heavy metals, an effective and economical alternative for arsenic adsorption is being sought. In this context, zeolite emerges as an effective option. This experimental and quantitative study evaluated different doses and particle sizes of the modified zeolite to determine its effectiveness in arsenic adsorption through statistical analysis. The findings indicated that the modified zeolite can reduce the amount of contaminant by between 12% and 40%, with the highest dose being the most effective. This demonstrates its potential as an economical and sustainable option for treating mining-affected water. However, despite having achieved a notable reduction in arsenic, certain aspects such as pH, contact time and operating conditions still need to be improved to fully meet water quality standards; therefore, it is suggested to continue with the research and improve the process on a larger scale.

**Keywords:** Zeolite, ferric chloride, arsenic, adsorption, environmental pollution.

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua representa uno de los desafíos ecológicos más urgentes en el mundo entero, particularmente en áreas donde las operaciones industriales, agrícolas y mineras se llevan a cabo sin la supervisión necesaria. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2023), indica que “más del 80% de las aguas residuales a nivel mundial se descargan sin un tratamiento correspondiente, lo que impacta de manera directa en la salud de las personas y en los ecosistemas acuáticos”.

La extracción minera se considera una de las principales fuentes de contaminación de este recurso hídrico, “A través de sus actividades de explotación y producción, la minería causa efectos adversos en el ecosistema, dado que el abandono de los relaves mineros sin tratamiento produce importantes daños debido a los metales que contienen; diversas zonas de región la Libertad se ven afectadas por la presencia de metales contaminantes como: plomo, arsénico, cadmio, hierro, zinc, entre otros. Estos elementos representan riesgos significativos que conllevan consecuencias para nuestros recursos y las comunidades, generando una variedad de problemas de salud” (Ruiz y Sánchez, 2022).

Pérez y Quiñones (2021) indican que “La minería constituye el sector más relevante en términos económicos, no obstante, produce relaves, que son residuos generados por la extracción de minerales, los cuales se pueden observar en las distintas cuentas del país, y estas representan un peligro para la población y el medio ambiente en su conjunto, ya que las partículas de los relaves mineros están expuestas a factores como la lluvia y el viento, que estas facilitan su traslado hacia fuentes de agua y suelos circundantes, ocasionando daños significativos”.

“El arsénico puede presentarse de manera natural y, cuando se encuentran en altas concentraciones se convierte en un serio inconveniente; de acuerdo a la OMS, el arsénico es particularmente más peligroso al entrar en contacto con el agua, ya que la ingesta prolongada de agua contaminada con arsénico genera enfermedades como el hidroarsenismo crónico regional endémico (HACRE); lo que causaría trastornos cardíacos, vasculares y neurológicos, además de cáncer y otras enfermedades, por lo que es crucial llevar a cabo su remoción” (Málaga, 2022).

Lo cual nos lleva a la siguiente problemática: ¿De qué manera influye la zeolita modificada en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca- 2025?

A continuación, se presenta la justificación de este estudio, en la cual se explica la importancia y necesidad de desarrollar la investigación.

### **Justificación**

La justificación de la presente investigación se radica en que “la necesidad de encontrar y crear métodos eficaces, sostenibles y económicas para la eliminación de metales pesados; por lo tanto, se ha aumentado la indagación en materiales adsorbentes naturales o alterados, como es el caso de la zeolita, bioadsorbentes y compuestos que contienen hierro, los cuales presentan beneficios como su bajo costo, su disponibilidad y su mínimo efecto en el medio ambiente” (Gupta y Nayak, 2021).

Lo que nos lleva a la demanda creciente por métodos de tratamientos de agua que sean más seguras y sostenibles que nos impulsa a investigar tanto la zeolita natural como la que ha sido modificada.

La justificación técnica se basa en buscar una alternativa eficiente para la remediación de aguas contaminadas, donde la zeolita modificada toma un papel importante, debido a que posee una capacidad de intercambio iónico que favorece en la adsorción de arsénicos, del mismo modo, su modificación mejora la afinidad y eficiencia, además de ser un material de bajo costo, estable y ambientalmente sostenible para el tratamiento de efluentes mineros.

A continuación, se presentan el objetivo general y los objetivos específicos que guiaron el desarrollo de esta investigación.

#### **Objetivo General**

- Determinar la influencia de la zeolita modificada en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca-2025.

#### **Objetivos Específicos**

- Determinar la influencia de la dosis de zeolita modificada en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca- 2025.
- Determinar el número de malla óptimo en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero utilizando zeolita modificada.
- Determinar la concentración final de arsénico en las muestras tomadas de relaves mineros después del tratamiento con zeolita modificada.

En relación con la problemática planteada y el propósito central del estudio, se presenta la hipótesis que orientó la investigación.

#### Hipótesis General

- La zeolita modificada influye significativamente en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca- 2025.

#### Hipótesis Especificas

- La dosis de la zeolita modificada influye significativamente en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca-2025.
- El número de malla influye en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca-2025.
- Las concentraciones finales de arsénico se redujeron significativamente después del tratamiento con zeolita modificada.

Para llevar a cabo esta investigación, nos fundamentamos en estudios anteriores acerca de la aplicación de la zeolita, que se detalla a continuación:

#### **A nivel internacional**

Freire y Loja (2024), en su trabajo se examinó la efectividad de la zeolita natural en su función de adsorbente de metales pesados, centrándose especialmente en la eliminación de arsénico, plomo y zinc. Esta evaluación comprendió de 8 pruebas divididas en dos categorías, utilizando cantidades de materiales adsorbente que variaban entre 50g y 200g. Presentando porcentajes de eliminación del 50% para el arsénico, 45% para el plomo y zin un 15%: estos resultados ayudaron en la creación de métodos sostenibles para el tratamiento de aguas contaminadas.

Arguello D. (2023), en su tesis busco examinar las isotermas de adsorción de metales pesados, para lo cual se determinó la capacidad de adsorción de un material poroso y de otros materiales con un elevado potencial de intercambio iónico. Para esto, se pesaron 100 g de diferentes tipos de zeolitas, que luego se trituraron en gránulos para utilizarlos en las muestras de agua. Se determinó que es factible eliminar entre el 60% y el 95% de los metales. Además, se verifico que los materiales utilizados para la adsorción presentan propiedades que facilitan este proceso, ya sea por sus características físicas o químicas, como la existencia de sitios activos, la porosidad y el grado de intercambio iónico que tiene la superficie de los adsorbentes.

Fernández K. (2022) en su estudio, se implementaron y evaluaron nano adsorbentes alternativos con el propósito de disminuir costos y proporcionar soluciones ecológicas. Para ello, se utilizaron diferentes concentraciones de arcillas y zeolitas locales, alcanzando un total de 2000 g de biocarbon, bentonita y zeolita. Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas de friabilidad junto con el análisis de la capacidad de intercambio catiónico. Se llegó a la conclusión de que el pellet con el mejor rendimiento tanto físico-químico fue el que tenía una composición de 50 % de bentonita, 25 % de biocarbon y 25 % de zeolita. Evidenciando que el uso de estas arcillas y zeolitas, tanto en su forma natural como modificada, es eficaz para la eliminación de metales pesados en soluciones acuosas.

Torres D. (2023) en su trabajo, tuvo como propósito sintetizar y caracterizar compuestos de zeolita y óxido de grafeno reducido para la eliminación de metales pesados. Para lograr esto, se utilizó óxido de grafeno reducido (GOr) que fue elaborado mediante el método de Hummers y reducido con ácido ascórbico (AA). Posteriormente, se combinó este material con 2 gramos de zeolita, 1 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y 25 mL de GOr, y se sometieron a un proceso de reflujo durante 24 horas a 100 °C. Posteriormente, se lavaron con etanol y se llevaron a cabo las pruebas de adsorción, que especificaron tiempos de contacto de 30, 60 y 90 minutos, a temperaturas de 19, 25 y 35 °C respectivamente. La investigación evidenció que la alteración de la zeolita con GOr potencia sus características morfológicas y su habilidad de adsorción a diversas temperaturas y periodos de contacto, sin embargo, se observó que la máxima eficacia en la eliminación se alcanzó a 19 °C, sugiriendo que la temperatura no fue un elemento crucial.

En la investigación de Vidal et al., (2023), se analizó la efectividad de filtros compuestos por zeolitas y microorganismos en la eliminación de metales pesados. Para esto, se llevaron a cabo cinco tratamientos que incorporaron 5 ml de una mezcla de zeolitas con microorganismos (EM-1®) y tres dosis de microorganismos nativos (5, 10 y 15 ml). Mediante el uso de un diseño experimental de bloques aleatorios y la aplicación de diferentes concentraciones de metales pesados, se evidenció una eliminación efectiva, sobre todo en el caso del plomo.

## **A nivel nacional**

De la Vega y Robles (2022) en su investigación, Se evaluó el porcentaje de remoción de  $\text{Cu}^{+2}$  empleando zeolita clinoptilolita modificada con  $\text{MgCl}_2$ . Para ello, se consideraron tres variables experimentales bajo condiciones previamente establecidas. En primer lugar, a un pH de 4 se obtuvo una eliminación del 66,97 % de  $\text{Cu}^{+2}$ , mientras que a un pH de 6 la remoción alcanzó el 86,14 %. Respecto al tiempo de contacto, a los 30 minutos se logró una reducción del 71,63 % y a los 60 minutos el porcentaje aumentó a 73,08 %. En relación con la dosis del adsorbente, al utilizar 1,2 g se alcanzó una remoción del 80,02 % de  $\text{Cu}^{+2}$ . Finalmente, se determinó que la combinación óptima de las tres variables ocurrió a un pH de 6, con un tiempo de contacto de 60 minutos y una dosis de 1,2 g, obteniéndose una eliminación de  $\text{Cu}^{+2}$  del 96,85 %.

Pomalaya J. (2023) en su trabajo, tuvo como objetivo Evaluar la eficiencia de las nano partículas de dióxido de cerio ( $\text{CeO}_2$ ), dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y zeolita 5ª en la remoción de plomo. Para ello, la zeolita fue producida a partir de caolín a través de activación termina e intercambio iónico, logrando dimensiones de cristalitas entre 10 y 60 nm. Las pruebas de adsorción se llevaron a cabo variando los valores de pH y manteniendo una dosis constante, mostrando eficacias superiores al 80% para todos los adsorbentes utilizados. El  $\text{TiO}_2$  se destacó al alcanzar una eficiencia notable, eliminando un 96,63 % de Pb a un pH de 6,5, con concentraciones finales por debajo del umbral establecido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

Vicuña y Soto (2022) en su estudio, intentaron establecer las condiciones más favorables para aumentar al máximo la eliminación de metales pesados como los iones de  $\text{Pb}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$ . Para ello, se llevó a cabo una modificación de la zeolita conocida como NeoniteMR. Con el fin de optimizar el proceso de adsorción, se utilizó un diseño experimental tipo Bo-Behnken, examinando factores como la concentración de metales, la cantidad de adsorbente y el pH, a la vez que se comprobaba la validez de los resultados. Se descubrió que el pH tiene un impacto considerable en la eliminación del  $\text{Zn}^{2+}$ , mientras que en el caso del  $\text{Pb}^{2+}$  la influencia de los diversos factores fue menos evidente. De igual manera, bajo condiciones óptimas (20 ppm de cada metal, 442,42 mg/L de Neonite y el pH 8), se logró una remoción del 98,80 % para  $\text{Pb}^{2+}$  y del 93,48 % para  $\text{Zn}^{2+}$ . Esto evidencia el alto potencial del NeoniteMR como material adsorbente.

Paucar y Sánchez (2023) investigaron el efecto del tiempo de contacto y de la concentración de nano partículas de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  soportadas en zeolitas en la remoción de

metales pesados como Pb, Cu, Zn y As. Para ello, las nano partículas de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> fueron obtenidas mediante el método de coprecipitación química, empleando como precursores sales de hierro —cloruro férrico hexahidratado (FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O) y sulfato ferroso heptahidratado (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O)— y utilizando hidróxido de sodio (NaOH) como agente reductor a una temperatura de 80 °C. Posteriormente, se trabajó con muestras que contenían 10, 20, 40 y 50 mg de nano partículas de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, manteniendo una concentración inicial de 4 mg/L para cada metal y evaluando cuatro tiempos de contacto: 20, 60, 100 y 140 minutos. Los resultados indicaron que la mayor eficiencia de eliminación se obtuvo con 50 mg de nano partículas, alcanzando reducciones de 98,74 % para plomo, 96,09 % para zinc, 99,61 % para cobre y 99,41 % para arsénico en un tiempo de 140 minutos.

Callo y Villanueva (2022) en su investigación, busca un material de adsorción eficiente y económico, donde se analiza la capacidad de la arcilla de Chaco para eliminar arsénico de aguas afectas por desechos mineros. A través de experimentos realizados en sistemas de jarras y el ajustando a los modelos de isoterma de Langmuir y Freundlich, se estableció que las condiciones operativas más favorables se dieron en un pH de 3, a una temperatura de 18°C y una cantidad de adsorbente de 1,2 g. El modelo de Langmuir mostró el ajuste más preciso ( $R^2 = 0,986$ ), con una capacidad máxima de adsorción de 3,543 mg/g, evidenciando la factibilidad de emplear esta arcilla para la limpieza de aguas afectadas por As.

A continuación, se presentan las bases teóricas que respaldan esta investigación y permiten construir un marco conceptual claro, comprensible y bien fundamentado.

## **Zeolita**

“Las zeolitas son compuestos cristalinos de aluminosilicatos que poseen una estructura porosa muy regular, lo que les otorga características singulares y multifuncionales; estos materiales han sido objeto de numerosos estudios y aplicaciones en diferentes campos científicos y tecnológicos, gracias a su habilidad de adsorber, realizar intercambio iónico y facilitar reacciones catalíticas, utilizándose como adsorbentes en el saneamiento de aguas que contienen metales pesados” (Guerrero et al., 2024).

En años recientes, ha surgido un aumento notable en el interés de los científicos por la síntesis de la Clinoptilolita, en particular en la incorporación de clinoptilolita como fase sólida, ya sea de origen natural o producida sintéticamente empleándola como un cristal semilla (Gonzales et al., 2024), dado que las zeolitas alteradas han mostrado una habilidad de adsorción destacada en la relación con las zeolitas naturales, especialmente las que contienen sales de hierro, se les considera materiales con gran potencial para el tratamiento de aguas residuales industriales (Legorreta et al., 2024).

En la actualidad, se sugiere alterar la zeolita utilizando sales de hierro, como el cloruro de hierro, un compuesto con la fórmula  $FeCl_3$  que se aplica en varias industrias; utilizándose en el tratamiento de aguas gracias a su destacada capacidad como coagulante, evidenciando que los coagulantes de hierro son una estrategia sencilla, rentable y eficiente para eliminar metales pesados del agua, especialmente de regiones impactadas por actividades mineras (Castillo y Pulido, 2024).

## **Arsénico**

“El arsénico es un metaloide altamente toxico que se encuentran de manera común en la corteza terrestre; a través de la erosión, la descomposición y la disolución de las rocas, este contaminante afecta los acuíferos y al carecer de sabor y olor, puede estar presente en el agua potable y ser consumido sin darse cuenta, lo que conlleva a la condición conocida como hidroarsenicismo crónico; El arsénico se ha transformado en una inquietud ambiental que crece continuamente, gracias a sus posibles características cancerígenas, lo que le clasifica como carcinógeno del grupo 1 por las Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer, al igual que el Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) lo ha ubicado en el grupo 1. Esto se debe a que hay evidencias suficientes que demuestran su capacidad de provocar cáncer en seres humanos” (Rodríguez P., 2020).

## **Consecuencias de las elevadas concentraciones de Arsénico en la Salud Humana**

“El Arsénico (As) es un elemento que se encuentra ampliamente en la naturaleza, contaminando el agua superficial y subterránea, así como los suelos y los organismos vivos. La exposición prolongada al arsénico inorgánico puede provocar envenenamiento crónicos, y esto ocurre principalmente a través del consumo de agua y alimentos contaminados con arsénico. Prácticamente no existe ningún país en el que el arsénico este ausente; de hecho, en ciertos lugares se han observado niveles de concentración muy altos, donde la OMS aconseja un límite máximo de 0,01 mg/l, sin embargo, hay naciones que sobrepasan los 0,05 mg/l” (Villaamil, 2024). De igual manera, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) señala que la ingesta continua de arsénico a través del agua potable ha sido asociada con la aparición de cánceres de piel, vejiga, pulmón y riñón, constituyendo un grave problema de salud pública. Estos efectos destacan la necesidad urgente de purificar aguas contaminadas por arsénico, sobre todo en áreas mineras o rurales donde la exposición es más prolongada.

### **Eficiencia de remoción**

“La eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales está relacionada con la proporción de contaminantes removidos respecto a la cantidad o concentración presente en el efluente dentro de un proceso o instalación determinada, considerando un parámetro específico. Por lo general, esta eficiencia se expresa en forma porcentual. Su análisis resulta esencial para comprobar el correcto desempeño de un sistema de depuración de aguas residuales, y se determina mediante la siguiente fórmula” (Humanante et al., 2022):

$$E(\%) = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Donde:

E (%): eficiencia de remoción

Cf: concentración final

Ci: concentración inicial

## Normativa y Marco Legal

### Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua - Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Son regulaciones técnicas que establecen los umbrales máximos o estándares de calidad que las aguas superficiales en Perú deben alcanzar, según su uso previsto (consumo humano, actividades recreativas, riego, hábitats acuáticos). Estas métricas facilitan la valoración de si la calidad del agua supone un bajo riesgo para la salud de las personas o el entorno.

#### Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

**Tabla 1**

*Marco normativo del arsénico*

Parámetros	Unidad de medida	D1: riego de vegetales		D2: bebida de animales			
		Agua para riego restringido	Agua para no riego restringido	Bebida de animales	de animales		
<b>Inorgánico</b>							
Arsénico	mg/L		0,1		0,2		

*Nota.* Los datos establecidos fueron tomados del DS-004-2017-MINAM.

#### Ley General del Ambiente

La ley N° 28611 define los fundamentos y directrices que aseguran el derecho a un entorno sano y equilibrado, así como la responsabilidad de los individuos de colaborar en una gestión ambiental efectiva y salvaguardar el medio ambiente, con la finalidad de elevar la calidad de vida y alcanzar un desarrollo sostenible en la nación. Esta normativa representa un recurso robusto y organizado para resguardar el derecho a un ambiente limpio, promoviendo principios firmes, herramientas técnicas, involucramiento ciudadano y penalizaciones efectivas.

## **Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos**

La normativa busca establecer pautas para el uso, manejo y salvaguarda del agua dulce, tanto superficial como subterránea, así como de los recursos asociados. Igualmente, abarca aspectos como autorizaciones, planificación por cuencas, funciones de instituciones, tarifas, reutilización, preservación medioambiental, información, supervisión y desarrollo de infraestructura, con la finalidad de garantizar un uso sostenible y eficiente de los recursos hídricos.

## **Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos**

Este protocolo constituye una norma técnica necesaria, creada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Define estándares y métodos estandarizados para la vigilancia de la calidad del agua en cuerpos hídricos superficiales (ríos, lagunas, arroyos) y áreas marino-costeras (bahías, estuarios, manglares).

## **II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Enfoque, tipo**

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, debido a que se basó en la medición numérica de las concentraciones y un análisis estadístico de los datos obtenidos.

Según su finalidad, la investigación fue aplicada, ya que se buscó una alternativa de tratamiento para las aguas contaminadas con arsénico.

De acuerdo con el nivel de profundidad, el estudio fue de nivel experimental, puesto que se manipula la variable independiente para analizar su efecto sobre la variable dependiente.

### **2.2. Diseño de investigación**

El diseño de la investigación fue experimental, un diseño experimental completamente al azar, ya que se evaluó el efecto de diferentes condiciones experimental sobre la adsorción de zinc.

La variable independiente fue la zeolita modificada, evaluada a través de los factores, dosis y # de mallas.

La variable dependiente fue la adsorción de arsénico en las muestras de aguas de relaves tratadas.

### **2.3. Población y muestra**

- Población: Está representada por aguas de relaves mineros de Shorey.
- Muestra: la muestra consto de 12 litros de aguas de relave minero.

### **2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos**

Para la recolección de datos se empleó la observación directa del comportamiento del sistema durante el tratamiento, como instrumentos de medición se utilizaron:

- Espectrometría de emisión atómica de plasma.
- Agitador magnético.
- Estufa.
- Balanza analítica.

## **2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información**

Los datos obtenidos fueron procesados mediante estadística descriptiva utilizando medidas como media y desviación estándar con la finalidad de obtener la influencia de los factores experimentales en la adsorción de arsénico.

El procedimiento de datos se realizó utilizando el programa Minitab 19 y SPSS, con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

## **2.6. Aspectos éticos en investigación**

Para el desarrollo de esta investigación, resultó fundamental respetar los principios éticos y las directrices establecidas por la Guía de la Universidad Católica de Trujillo. Esto implicó recopilar y exponer teorías relevantes tanto del ámbito nacional como internacional, garantizando el uso correcto de las referencias bibliográficas conforme a las normas APA, séptima edición. Asimismo, el estudio fue respaldado por un laboratorio certificado que emplea equipos debidamente calibrados, lo que asegura la confiabilidad de la información obtenida y la transparencia en los resultados, sin modificar su contenido.

### III. RESULTADOS

El presente capítulo expone los resultados obtenidos a partir del desarrollo experimental del proceso adsorción de arsénico utilizando zeolita modificada.

Los resultados se presentan de manera descriptiva y estadística, en concordancia con el objetivo general y los objetivos específicos planteados en la investigación. Asimismo, se incluyen análisis inferenciales mediante el uso del software estadístico Minitab 19, con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .

#### 3.1 Adsorción de arsénico mediante zeolita modificada

En relación con el objetivo general se determinó inicialmente la concentración base del metal en las muestras de agua recolectadas.

El valor promedio registrado fue de **17,722 ppm** (mg/L) lo cual evidencia una concentración elevada del metal

**Tabla 2**

*Muestras madres de las concentraciones de Arsénico del relave minero*

ID muestra	Ensayo	Unidades	Resultados
MA	Arsénico, As	ppm (mg/L)	17.644
MB	Arsénico, As	ppm (mg/L)	17.527
MC	Arsénico, As	ppm (mg/L)	17.995

*Nota:* Esta tabla muestra los resultados de concentración inicial de arsénico a partir de 3 repeticiones en las muestras de relaves minero de Shorey

La concentración inicial promedio de arsénico (17,722 ppm) evidencia un nivel severo de contaminación del agua de relave, superando ampliamente los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3, este valor confirma la necesidad de aplicar un tratamiento eficiente.

Los resultados de las concentraciones finales de arsénico obtenidas después del tratamiento se presentan en la Tabla 3. De manera general, se observa los valores más bajos de concentración final de arsénico se obtuvieron al emplear el # de malla 20 y una dosis de 80 gramos de zeolita modificada.

**Tabla 3***Efecto del # malla y la dosis de zeolita modificada en la adsorción de arsénico*

<b>ID</b>	<b>Malla</b>	<b>Dosis</b>	<b>R1 (mg/L)</b>	<b>R2 (mg/L)</b>	<b>R3 (mg/L)</b>	<b>C.Final (mg/L)</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
<b>1</b>	20	40	13,96	13,26	13,61	13,61	23,19
<b>2</b>	40	40	15,02	15,51	14,34	14,97	15,52
<b>3</b>	60	40	12,73	13,2	12,61	12,85	27,48
<b>4</b>	20	60	14	14,07	14,04	14,04	20,77
<b>5</b>	40	60	11,26	11,94	11,32	11,51	35,05
<b>6</b>	60	60	11,39	12,15	12,15	11,9	32,84
<b>7</b>	20	80	10,8	10,72	10,76	10,76	39,27
<b>8</b>	40	80	11,03	11,81	11,27	11,37	35,84
<b>9</b>	60	80	11,09	11,56	11,85	11,5	35,1

*Nota.* La tabla muestra los valores de la concentración de arsénico (mg/L) obtenidos tras el tratamiento con zeolita modificada.

Los resultados muestran que la eficiencia del proceso aumenta conforme se incrementa la dosis de zeolita modificada y el # de malla es menor. La mayor eficiencia de remoción registrada fue de 39.27 %, correspondiente al tratamiento con una malla # 20 y una dosis de 80 g de zeolita modificada, alcanzando una concentración final de arsénico de 10,76 mg/L.

### **3.2. Análisis estadístico de adsorción de arsénico según la dosis**

Con la finalidad de determinar la dosis óptima de zeolita modificada necesaria para maximizar la adsorción de arsénico, se evaluó el efecto de diferentes dosis en la concentración de arsénico.

La Tabla 4, evidenció la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las dosis evaluadas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 4**

*Análisis de varianza de la dosis de zeolita*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>Mc Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>Dosis</b>	2	10,141	5,071	4,81	0,057
<b>Error</b>	6	6,330	1,055		
<b>Total</b>	8	16,472			

*Nota.* El análisis de varianza (ANOVA) muestra la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las dosis del adsorbente evaluadas ( $p < 0.05$ ).

La tabla 5, muestra la media de la dosis de la zeolita modificada, donde se observa una reducción en la concentración final de arsénico a medida que se incrementa la dosis del adsorbente.

**Tabla 5**

Medias de la dosis de zeolita modificada

<b>Dosis</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
<b>40</b>	3	13,810	1,074	(12,359; 15,261)
<b>60</b>	3	12,483	1,362	(11,032; 13,934)
<b>80</b>	3	11,210	0,395	(9,759; 12,661)

*Nota.* Los resultados de la media indican que incrementando la dosis de la zeolita modificada reduce la concentración de arsénico.

Se observa una tendencia decreciente en la concentración final de arsénico conforme se incremente la dosis de la zeolita. La dosis de 40g presentó una mayor concentración final promedio (13,810 mg/L), mientras que la dosis de 80g alcanzó el menor valor promedio (11,210 mg/L), evidenciando una mayor eficiencia de remoción en el incremento de la dosis.

### 3.3. Análisis estadístico de adsorción de arsénico según el número de malla

Los resultados muestran que número de malla no tiene un efecto significativo sobre la concentración final de arsénico en el agua tratada. Según el análisis de varianza (ANOVA), se obtuvo un valor de  $p = 0,855$ , lo cual indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las mallas evaluadas ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 6**

*Análisis de varianza del # de malla*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>Malla</b>	2	0,8377	0,4188	0,16	0,855
<b>Error</b>	6	15,6340	2,6057		
<b>Total</b>	8	16,4717			

*Nota.* El resultado del análisis de varianza del factor malla indica que no hay efecto significativo en la concentración final de arsénico.

La tabla 7, nos muestra los resultados de las medias según el número de mallas utilizados en el proceso de adsorción de arsénico utilizando zeolita modificada.

Tabla 7

Resultados de las medias según número de mallas

<b>Malla</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
<b>20</b>	3	12,80	1,78	(10,52; 15,08)
<b>40</b>	3	12,62	2,04	(10,34; 14,90)
<b>60</b>	3	12,083	0,693	(9,803; 14,364)

*Nota.* las medias de las mallas indican que la menor concentración de arsénico se obtuvo con malla # 60.

Se observa una tendencia decreciente mínima en la concentración final de arsénico conforme se aumenta el número de malla. La malla 20 de 40g presentó una mayor concentración final promedio (12,80 mg/L), mientras que la malla 60 alcanzó el menor valor promedio (12,083 mg/L).

### 3.4. análisis de varianza multifactorial de adsorción de arsénico

Con la finalidad de evaluar de manera conjunta la influencia de los factores experimentales sobre la eficiencia de la adsorción de arsénico, se realizó un análisis de varianza multifactorial, cuyos resultados se presentan en la tabla 8.

Tabla 8

Análisis de varianza multifactorial.

#### Pruebas de efectos Inter sujetos

Variable dependiente: Adsorción de arsénico

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Modelo corregido</b>	49.333 <sup>a</sup>	8	6.167	46.424	<.001
<b>Intersección</b>	4217.475	1	4217.475	31750.772	<.001
<b>Malla</b>	2.513	2	1.256	9.459	.002
<b>Dosis</b>	30.334	2	15.167	114.184	<.001
<b>Malla*dosis</b>	16.486	4	4.121	31.027	<.001
<b>Error</b>	2.391	18	.133		
<b>Total</b>	4269.199	27			
<b>Total corregido</b>	51.724	26			

a. R al cuadrado = .954 (R al cuadrado ajustada = .933)

Nota. Los resultados muestran la influencia de la dosis y el tamaño de partícula en la adsorción de arsénico.

El análisis de varianza multifactorial demostró que la dosis y el tamaño de partícula influyen significativamente en la concentración final de arsénico ( $p < 0,05$ ). Esto indica que la eficiencia del proceso de adsorción no depende de un solo factor, sino de la combinación de condiciones operativas.

#### IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran que la zeolita modificada tiene la capacidad para adsorber arsénico, logrando reducciones significativas.

En relación con la dosis del adsorbente, se observó que el incremento de la cantidad de zeolita modificada produjo mayores eficiencias de remoción de arsénico. Este resultado coincide con lo reportado por Freire et al. (2024), quienes evidenciaron que la efectividad de la zeolita crece en función de la cantidad del material utilizado, aumentando así el número de sitios activos disponibles para la adsorción. De manera similar, Arguello (2023), quien en su análisis sobre isoterma de adsorción determinó que la eficacia de los materiales porosos está directamente relacionada con su habilidad para realizar intercambio iónico y con la superficie activa que se encuentra expuesta.

En cuanto a las mallas, los resultados mostraron que la malla # 20 alcanzó la máxima eficiencia (40 %), a pesar que se anticipaba que las mallas de mayor finura (#80) alcanzara la mayor eficiencia de remoción esto indica que, además de la superficie activa, hay factores asociados con la dinámica del contacto entre sólido y líquido que afectan la eficacia del proceso. Investigaciones como la realizada por Callo y Villanueva (2022) han evidenciado que factores como el pH y la temperatura influyen en el tamaño de partícula para determinar los resultados de adsorción. Por consiguiente, estudios futuros deben explorar estos elementos con mayor profundidad.

Con respecto a las concentraciones finales, a pesar que no lograron obtener los niveles exigidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua categoría 3, la tendencia observada resulta prometedora. Los resultados indican que, al mejorar factores como el tiempo de contacto, la velocidad de agitación (RPM) y el pH, se puede aumentar la efectividad de adsorción y la eficiencia de remoción.

## V. CONCLUSIONES

Se concluye que el uso de la zeolita modificada influye en la concentración final de arsénico, logrando reducir significativamente la concentración inicial de las muestras después de su tratamiento.

La dosis de la zeolita modifica influye significativamente en la adsorción de arsénico, observándose que el incremento de la cantidad de zeolita mejora la remoción de arsénico debido a la mayor disponibilidad de sitios activos para la adsorción.

El número de malla no influye de manera significativa en la remoción de arsénico, pero se obtiene una menor concentración con la malla #80 debido al aumento del área superficial y a una mayor accesibilidad a los sitios activos del material.

El análisis de varianza multifactorial evidencio que la dosis y el número de malla influyen significativamente de manera individual en la concentración final de arsénico, además de presentarse interacciones significativas entre algunos de estos factores, lo que demuestra que el proceso de adsorción utilizando zeolita modificada depende de la combinación de condiciones operativas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar ensayos adicionales que permitan reducir más la concentración de arsénico en aguas de relaves mineros, evaluando condiciones como tiempo de contacto, velocidad de agitación y dosis.

Se sugiere profundizar en la optimización del proceso de modificación de la zeolita con cloruro férrico, evaluando diferentes concentraciones del reactivo modificador y condiciones del tratamiento.

Se recomienda aplicar métodos estadísticos adicionales, como análisis multivariado o modelos de regresión, para completar los resultados del ANOVA y predecir de forma más precisa el comportamiento de la adsorción bajo distintas condiciones experimentales.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulla, K., Cunningham, L., & Gillie, M. (2020). Experimental study on the mechanical properties of straw fiber–reinforced adobe masonry. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(11). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003410](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003410)
- Vicuña, E., y Soto, A. (2021) Optimización del proceso de remoción del Pb<sup>2+</sup> y por el material adsorbente-floculante neoniteMR. *Rev. Soc. Quim Perú*. Vol. 87(4) <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v87n4/2309-8740-rsqp-87-04-370.pdf>
- Rodríguez, M., Ocharán, G., Calderón, K., y Benavides, V. (2021) *Rev. Boliviana de Química*. Vol. 38 (1) <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v38n1/0250-5460-rbq-38-01-14.pdf>
- Brandao, J., Fuentes, J., Parraga, K., Fontenot, K., Adhikan, A., y Janes, E. (2024) Controlling foodborne pathogens in irrigation water: the effectiveness of zeolite modified with cetrimonium bromide. *Rev. Facultad Nacional de Agronomía*. Vol 77 (1) <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v77n1/2248-7026-rfnam-77-01-10527.pdf>
- Valdés, E., Gutiérrez, O., Jiménez, J., y Álvarez, M. (2022) Determination of copper and zinc by energy dispersive X-Ray fluorescence in modified natural zeolite. *Rev. Cubana Quím*. Vol. 34(3) <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v34n3/2224-5421-ind-34-03-422.pdf>
- Lara, R., Lopez, L., y Cabrera, M. (2022) The effect of the acid pre-treatment temperature of natural diatomaceous earth on the Si/Al ratio of ZSM-5 zeolite. *Rev. Colomb. Quim*. Vol. 51(2) <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v51n2/2357-3791-rcq-51-02-41.pdf>
- Bayardo, C., Guillén, R., Imbert, J., y Hernández, J. (2020) Determinación de la adsorción y desorción de pares zeolita-metanol en un ciclo de enfriamiento. *Rev. Ing. Mecánica*. Vol. 23(3) <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v23n3/1815-5944-im-23-03-e610.pdf>
- Ponce, S., Quino, J., Rodríguez, J., Cevallos, M., Gutarra, A., Belver, C., y Bedia, J. (2025) Estudio de la adsorción de arsénico en agua mediante el uso del nanocompuesto basado en nanopartículas de magnetita y goma de tara. *Ingeniería Industrial*. Vol. 48 (263-281) <http://www.scielo.org.pe/pdf/ingind/n48/1025-9929-ingind-48-263.pdf>
- Maldonado, M. (2024) Remoción de especies acuosas de arsénico usando hierro elemental y su especiación/detección por HPLC-ICPMS. *Rev. Cubana de Química*. Vol. 36(2) <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v36n2/2224-5421-ind-36-02-3.pdf>

- Gonzales, J., Chiken, A, Martin, F., y Cenicerros, A. (2023) Elucidación del mecanismo de remoción de arsénico en disolución acuosa con residuos metalúrgicos. *Rev. Int. Contam. Ambien.* Vol. 39 (25-42) <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v39/0188-4999-rica-39-54399.pdf>
- Molaei, S., Hamidpour, M., Shirani, H., y Sabet, M. (2023) Investigation of factors affecting removal of arsenic from polluted water using iron-based particles: taguchi optimization design. *Rev. Int. Contam. Ambie.* Vol. 39 (307-317) <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v39/0188-4999-rica-39-54830.pdf>
- Escalera, R., Ormachea, O., Ormachea, M., García, J., Suso, J., Eugen, M., Pérez, F., Hornero, J., Fernandez, O., Zelaya, A., y Huallpara, L. (2020) Diseño e implementación de un sistema de tratamiento para la remoción de arsénico del agua de consumo en el altiplano y valles de Bolivia. *Rev. Investigación y desarrollo.* Vol 20 (1-23) [http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v20n1/v20n1\\_a02.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v20n1/v20n1_a02.pdf)
- Guillen, J., Jaramillo, A., Baquerizo, R., y Córdova, R. (2021) Estudio de los procesos de remoción de hierro y manganeso en aguas subterráneas. *Rev. Científico-profesional.* Vol. 6 (9) <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094613>
- Castro, M., y Azevedo, A. (2022) The use of zeolite compounds as adsorbents for the removal of heavy metals (Pb, Cu, Cr and Mn). *Research, society and development.* Vol. 11 (16) <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38159>
- Loya, J. (2022) Remoción de arsénico y cadmio en aguas usando zeolitas como material adsorbente. [Tesis de Maestría]. Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/2459/1/Jes%3%bas%20Daniel%20Loya%20Ram%3%adrez%20-%20Maestr%3%ada%20en%20Ciencia%20y%20Tecnolog%3%ada%20Ambiental%20-%202022.pdf>
- De la Puente, L., y Tello, K. (2022) Eficiencia de la zeolita en la remoción de metales pesados en el río condebamba en relación a los estándares de calidad del agua-categoría 3. [Tesis para obtener el título profesional] Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33611/De%20La%20Puente%20Catalan%20Lidia%20Gabriela%20-%20Tello%20Vasquez%20Kelly%20Erlita.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sáez, P. (2020) Eliminación de metales estratégicos en aguas residuales mediante adsorción con zeolitas naturales. [Tesis doctoral] Universidad Complutense de Madrid. <https://docta.ucm.es/bitstreams/7e5ba554-6c65-40f4-ba5a->

6510fa88fd9b/download

- Rubio, H., Ochoa, J., Villalba, M., Barrientos, E., De la mora, C., y Rocha, B. (2021) Eliminación de metales pesados en agua utilizando filtros empacados con zeolitas naturales de diversos tamaños. *Rev. Tecnología y ciencias del agua*. Vol. 12 (6) <https://www.proquest.com/openview/2051203ec44ceeaefeced2627e491cbc/1?pq-origsite=gscholar&cbl=237286>
- Armas, P., y Calapaqui, R. (2022) Funcionalización y caracterización de una zeolita para la remoción de cobre, plomo y cadmio presentes en medios acuosos. [Tesis para obtener el grado de titulación] Escuela superior politécnica de Chimborazo. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/03f32983-80e0-4e85-8440-255a7129fc28/content>
- Freire, A., y Loja E. (2024) Tratamiento de aguas de drenaje minero utilizando zeolita como adsorbente de metales pesados. [Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas]. Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/14553/1/20071.pdf>
- Capacoila, J. (2020) Remoción de arsénico con biomasa orgánicas. [Tesis para obtener el grado en Bachiller] Universidad Peruana Unión. <https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1e800d1d-19dd-4978-8099-de3de05a61c5/content>
- Corona-Lugo, G., Gallo-González, A., y Vázquez-Rodríguez, G. (2022). Evaluación preliminar de las propiedades superficiales de un composito modernita/magnetita con aplicación en el tratamiento del agua. *Tendencias en Energías Renovables y Sustentabilidad*. Vol. 1 (1) <https://aldeser.org/journals/index.php/TERYS/article/view/234>
- Barrera, C., y Granda, R. (2020) Evaluación de la remoción de plomo y mercurio de aguas sintéticas utilizando zeolitas hidrotermales sintetizadas en pruebas de laboratorio y propuestas de diseño sistemas de adsorción industrial. [Tesis Ingeniería Civil y Ambiental] Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21387>
- Alvarado, A. (2020) Estudio de remoción de Cu(II), Ni(II), y Pb(II) en medio acuoso mediante adsorción con una zeolita. [Tesis para obtener título] <https://zaloamati.azc.uam.mx/server/api/core/bitstreams/6d654d9e-64ab-4a7e-8e86-31d5dbb0c138/content>
- Fernández, K. (2020). Propuesta de obtención de pellets de carbón-arcilla-zeolita para la

- remediación de suelos afectados por actividades mineras. [Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas]. Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10392/1/16018.pdf>
- Lucas, L., Tinoco, O., y Carreño, A. (2022) Eficiencia de microorganismos y filtros de zeolitas en la remoción de metales pesados en aguas de la microcuenca del río Carrizal, Ecuador. *Rev. Agronomía Tropical*. Vol. 72 [https://www.researchgate.net/profile/Leonel-Lucas-Vidal/publication/378265804\\_Eficiencia\\_de\\_microorganismos\\_y\\_filtros\\_de\\_zeolit\\_a\\_en\\_la\\_remocion\\_de\\_metales\\_pesados\\_en\\_aguas\\_de\\_la\\_microcuenca\\_del\\_Rio\\_Carrizal\\_Ecuador/links/65e3b57ce7670d36abee54d/Eficiencia-de-microorganismos-y-filtros-de-zeolita-en-la-remocion-de-metales-pesados-en-aguas-de-la-microcuenca-del-Rio-Carrizal-Ecuador.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Leonel-Lucas-Vidal/publication/378265804_Eficiencia_de_microorganismos_y_filtros_de_zeolit_a_en_la_remocion_de_metales_pesados_en_aguas_de_la_microcuenca_del_Rio_Carrizal_Ecuador/links/65e3b57ce7670d36abee54d/Eficiencia-de-microorganismos-y-filtros-de-zeolita-en-la-remocion-de-metales-pesados-en-aguas-de-la-microcuenca-del-Rio-Carrizal-Ecuador.pdf)
- Pérez, A., Zúñiga, M., López, V., y Ramírez, M. (2025) Síntesis hidrotermal de zeolitas y sus aplicaciones ambientales. *XAHNI Boletín Científico de la escuela preparatoria*. Vol. 3 (5), 63-69. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xahni/article/view/15024>
- Corona, S. (2023). Tratamiento de agua de escorrentía urbana en columnas empacadas con mordenita recubierta de magnetita. [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/bitstream/231104/3280/1/AT26800.pdf>
- Gallo, A., y Vázquez, G. (2020) Recubrimiento de mordenita con magnetita para incrementar su capacidad de descontaminación de agua de escorrentía urbana. *Rev. Inter. Del desarrollo Regional Sustentable*. Vol. 9 (1-2) <http://www.rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/110>
- Correoso, S. (2023). Eliminación del colorante azul de metileno de disoluciones acuosas mediante adsorción en adsorbentes compuestos basados en zeolitas. [Tesis para optar título]. Universidad Politécnica de Cartagena. <https://repositorio.upct.es/entities/publication/c0452a35-d6eb-49bb-b03f-c81b81ae461f>
- Vázquez, G. y Gallo, A. (2021) Uso de la zeolita para el control de fuentes no puntuales de contaminación del agua. *Rev. Ingeniería del agua*. Vol. 25 (4) <https://iwaponline.com/IA/article/25/4/241/85050/Uso-de-zeolitas-para-el-control-de-fuentes-no>
- Abin, A. (2020) Modelación de mecanismos de transporte de cobre en una zeolita para la

- protección de los recursos naturales. [Tesis de doctorado]. Universidad Autónoma de Chihuahua. <http://repositorio.uach.mx/340/>
- Reyes, G., Chaupis, S., y Barreto, C. (2025) Remoção de arsênio em água com zeólitas naturais com cloreto férrico. Em SciELO Preprints. Vol. 1 <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/1168>
- Medina, C., Morales, M., y Morantes, F. (2022). Propuesta de un medio filtrante de zeolitas y carbón activado para la remoción de fosfato en aguas residuales acuícolas [Tesis]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56687>
- Ramirez, R. (2021) Preparacion de composito basado en oxido de grafeno y zeolita aplicada como material adsorbente en colorantes textiles. [Tesis]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/4425/rocio%20ramirez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Córdova, V., Rodríguez, I., Garcell, L., Petranocskii, V., y Rodríguez, D. (2020) Estudio comprensivo sobre la remoción de iones cromatos a diferentes basicidad con zeolita tipo mordenita natural. Rev. Cubana Quím. Vol. 32 (494-510) <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v32n3/2224-5421-ind-32-03-494.pdf>
- Garrido, M., Sosa, M., y Mariño, A. (2022) Remoción de Cu(II) y Ni(II) en medio acuoso empleando zeolita cubana natural. Rev. Minería y Geología. Vol. 38 (4) <http://scielo.sld.cu/pdf/mg/v38n4/1993-8012-mg-38-04-301.pdf>
- Valdez, G. (2023) Equilibrio y cinética de adsorción de metales pesados en solución acuosa sobre nanomateriales de carbono. [Tesis para obtener doctorado] Universidad Autónoma de San Luis Potosí. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/8382/TesisD.FCQ.2023.Equilibrio.Valdez.%28Version%20p%c3%bablica%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

<b>Título: ZEOLITA MODIFICADA Y ADSORCION DE ARSENICO EN AGUAS DE RELAVE MINERO EN EL DISTRITO DE SHOREY, QUIRUVILCA -2025</b>			
<b>Problema General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Metodología</b>
<p>¿De qué manera influye la zeolita modificada en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca-2025?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>1. ¿De qué manera influye la dosis de la zeolita modificada en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca- 2025?</p> <p>2. ¿De qué manera influye la granulometría en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca-2025?</p>	<p>La zeolita modificada influye significativamente en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca- 2025</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>1 La dosis de la zeolita modificada influye significativamente en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca-2025.</p> <p>2. La granulometría influye significativamente en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca-2025.</p>	<p>Determinar la influencia de la zeolita modificada en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca-2025.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>1. Determinar la influencia de la dosis de zeolita modificada en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero en el distrito de Shorey, Quiruvilca- 2025.</p> <p>2. Determinar la influencia de la granulometría en la adsorción de arsénico en aguas de relave minero utilizando zeolita modificada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Enfoque:</b> Cuantitativo</li> <li>- <b>Tipo</b> . <b>Según su fin:</b> Aplicada . <b>Según su profundidad:</b> Experimental</li> <li>- <b>Diseño:</b> Experimental</li> <li>- <b>Técnica:</b> Observación directa</li> <li>- <b>Instrumento:</b> Espectrometría de emisión atómica de plasma.</li> <li>- <b>Población:</b> Aguas de relave.</li> <li>- <b>Muestra:</b> 12 lt de aguas de relave.</li> </ul>

## Anexo 2: Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<p><b>Independiente</b></p> <p>Zeolita modificada</p>	<p>Según Padilla et al. (2022) “Las zeolitas son aluminosilicatos que debido a sus propiedades son utilizadas ampliamente en una variedad de aplicaciones industriales”</p>	<p>La zeolita modificada pasará por un proceso de tamizado para medir su granulometría y después será pesada con una balanza de 0.01 g.</p>	<p>Dosis</p> <p>Granulometría</p>	<p>40, 60 y 80 g</p> <p>20, 40 y 60 #</p>
<p><b>Dependiente</b></p> <p>Adsorción de arsénico</p>	<p>Es un proceso en el que ciertos elementos se separan de una fase fluida y se mueven hacia la superficie de un sólido, donde se unen por fuerzas físicas o enlaces químicos (Ordoño y Mendoza, 2020).</p>	<p>La concentración de arsénico se medirá con un espectrógrafo de masas.</p>	<p>Adsorción de arsénico</p> <p>X<sub>i</sub></p>	

**Figura 1: Ficha técnica**

Pág. 1 de 6

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 422-2024-CT

1.- **Expediente** : 5\_095\_2024  
**SOLICITANTE** : LABONOR E.I.R.L.  
**Dirección** : P3. HUERTA GRANDE MZA. C LOTE. 8 URB. PE CUCHILLA  
 HUERTA GRANDE - TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD.

2.- **EQUIPO O INSTRUMENTO** : **ESTUFA**  
**Marca** : No indica  
**Modelo** : No indica  
**Serie** : No indica  
**Identificación** : GT-2151  
**Procedencia** : No indica  
**Ubicación** : Laboratorio  
**Temperatura de trabajo** : 135 °C ± 2 °C  
**Ventilación** : Natural

3.- **INSTRUMENTO DE MEDICIÓN**

Nombre	Marca/Modelo	Alcance de Indicación	División Mínima	Tipo
Termómetro - Controlador	Autonics / TCN45	No indica	1 °C	Digital

**Fecha de Calibración** : 2024-10-05  
**Lugar** : Laboratorio - LABONOR E.I.R.L.  
**Método** : Tomado como referencia el PC-018 "Procedimiento para la calibración o caracterización de medidores isobáricos con aire como medio termostático", 2da. Edición, Junio 2009, SNM-INDECON.

4.- **PATRONES DE REFERENCIA:**


Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de GRUPO MMJ S.A.C.	Termómetro Patrón de código TG-004 con 12 termopares de código TG-004-1 al TG-004-12	420-G-2024-CT


5.- **CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura (°C)	18,0	19,5
Humedad Relativa (%HR)	62	64
Carga interior	50 %	

6.- **OBSERVACIONES**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La medición se efectuó 2 horas después que se encendió el equipo para la temperatura de trabajo de 135 ± 2 °C.
- Se programó el controlador del equipo a 135 °C, para la temperatura de trabajo de 135 °C ± 2 °C.
- Bajo las condiciones especificadas en el ensayo, la ESTUFA cumple con los límites especificados de temperatura.
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

  
**Herbert J. Barrantes Garcia**  
 Jefe de Metrología



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE CERTIFICADO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE GRUPO MMJ S.A.C.

**GRUPO MMJ S.A.C.** ☎ Calle Viena N° 113 Urb. Los Portales de Javier Prado (5ta Etapa - 2do Piso) Lima - Lima - Ate  
 ☎ Cel.: 942796161 - 940614846 ☎ Email: ventas1@gmmjsac.com - ggeneral@gmmjsac.com ☎ www.gmmjsac.com

Figura 2: panel fotográfico

Relavera en el distrito de Shorey



Nota. Elaboración propia

Figura 3

Recolección de las aguas de relave minero Shorey Quiruvilca.



Nota. Elaboración propia

Figura 4  
Preservación de las muestras de relave



Nota. Elaboración propia

Figura 5  
Codificación de muestras



Nota. Elaboración propia

Figura 6  
Tamizado de zeolita



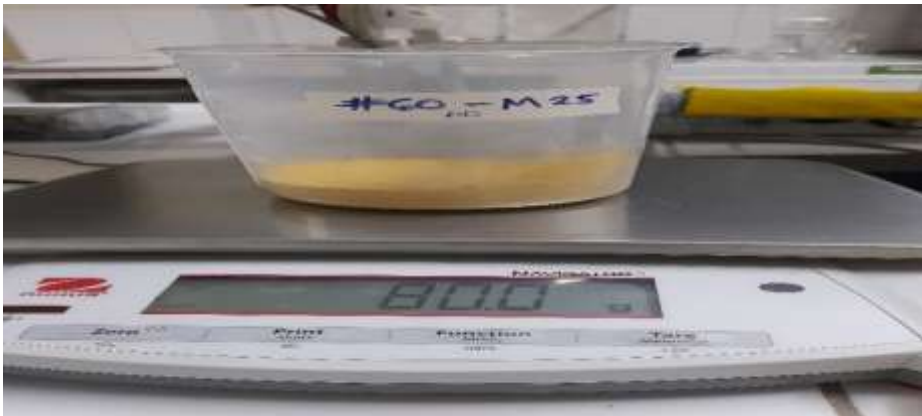
Nota. Elaboración propia

Figura 7  
Secado de zeolita modificada



Nota. Elaboración propia

Figura 8  
Pesado de zeolita modificada



Nota. Elaboración propia

Figura 9  
Agitación de zeolita modificada y las muestras de relave



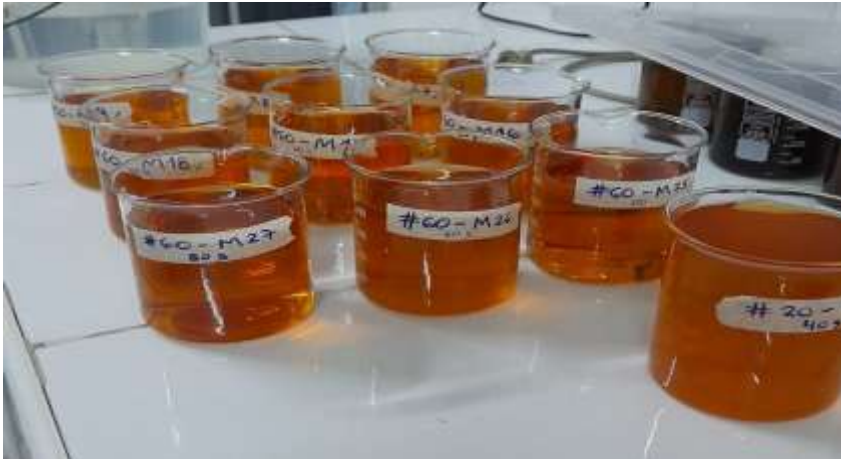
Nota. Elaboración propia

Figura 10  
Filtración de muestras



Nota. Elaboración propia

Figura 11  
Muestras tratadas



Nota. Elaboración propia

## Anexo 7: Reporte de Turnitin



### 17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

#### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

#### Fuentes principales

- 14% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 14% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



### Fuentes principales

- 14% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 14% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos del estudiante PREGRADO on 2025-12-20	2%
2	Internet repositorio.uct.edu.pe	2%
3	Trabajos del estudiante PREGRADO on 2026-01-21	1%
4	Internet www.coursehero.com	<1%
5	Trabajos del estudiante Universidad Cesar Vallejo on 2024-08-18	<1%
6	Internet repositorio.ucv.edu.pe	<1%
7	Internet alicia.concytec.gob.pe	<1%
8	Trabajos del estudiante Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-09	<1%
9	Internet es.scribd.com	<1%
10	Trabajos del estudiante Desarrollo Educativo S.A. Instituto Toulouse Lautrec on 2025-06-25	<1%
11	Trabajos del estudiante Universidad Católica de Trujillo on 2025-10-09	<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2024-12-02	<1%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Boliviana on 2023-04-12	<1%
14	Internet	repositorio.untrm.edu.pe	<1%
15	Internet	apirepositorio.unh.edu.pe	<1%
16	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
17	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
18	Internet	pt.scribd.com	<1%
19	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2025-09-30	<1%
20	Publicación	Chirinos, Fiorella Vanessa Minchola. "Reconsideracion del Rango del Parametro P...	<1%
21	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-09	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD on 2025-05-25	<1%
23	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru on 2022-06-03	<1%
24	Internet	openlibrary.org	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-09	<1%

26	Trabajos del estudiante	Universidad Politécnica del Perú on 2025-08-19	<1%
27	Internet	bibdigital.epn.edu.ec	<1%
28	Internet	repositorio.unaj.edu.pe	<1%
29	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2025-09-07	<1%
30	Internet	ri.ujat.mx	<1%
31	Trabajos del estudiante	ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey on 2023-12-14	<1%
32	Publicación	Scully, Mariana. "Plan de Acción Para Mejorar la Competitividad en la Educación S..."	<1%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María on 2025-10-31	<1%
34	Internet	virtual.urbe.edu	<1%
35	Internet	www.revistacomunicar.com	<1%
36	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2025-09-30	<1%
37	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-10	<1%
38	Trabajos del estudiante	University of Sheffield on 2016-05-16	<1%
39	Internet	repository.uaeh.edu.mx	<1%

40	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2025-10-27	<1%
41	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2025-12-12	<1%
42	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
43	Trabajos del estudiante	FCSH on 2025-09-02	<1%
44	Publicación	J & E CONSULTORES GENERALES S.R.L.. "EIA-SD del Proyecto Instalación de la Líne...	<1%
45	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2025-11-24	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2024-12-17	<1%
47	Internet	cia.uagraria.edu.ec	<1%
48	Internet	dspace.ucuenca.edu.ec	<1%
49	Internet	dspace.ups.edu.ec	<1%
50	Internet	repositorio.unajma.edu.pe	<1%
51	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
52	Internet	repositorio.upsc.edu.pe	<1%
53	Internet	repositorio.urp.edu.pe	<1%

## Anexo 8: Reporte de escritura de inteligencia artificial



### \*% detectado como IA

La detección de IA incluye la posibilidad de que haya falsos positivos. Aunque cierto texto en esta entrega se generó probablemente con IA, los puntajes inferiores al umbral del 20 % no aparecen porque tienen una mayor probabilidad de falsos positivos.

**Precaución:** Se necesita revisión.

Es esencial comprender los límites de la detección de IA antes de tomar decisiones acerca del trabajo del estudiante. Te alentamos a obtener más información acerca de las funciones de detección de IA de Turnitin antes de usar la herramienta.

#### Aviso legal

Nuestra evaluación de escritura con IA está diseñada para ayudar a los académicos a identificar texto que podrían haberse preparado mediante una herramienta de IA generativa. Es posible que nuestra evaluación de escritura con IA no siempre sea precisa (existe la posibilidad de que identifique erróneamente redacciones probablemente generadas por humanos como generadas por IA, y redacciones probablemente generadas por IA como generadas por humanos), por lo que no debe usarse como único fundamento para aplicar sanciones a un estudiante. Para determinar si es un caso de deshonestidad académica, se necesita de un escrutinio mayor y el juicio humano, junto con la aplicación de las políticas académicas específicas de la organización.

### Preguntas frecuentes

#### ¿Cómo debería interpretar los falsos positivos y el porcentaje de escritura con IA de Turnitin?

El porcentaje que se muestra en el reporte de escritura con IA es la cantidad del texto calificado en la entrega que el modelo de detección de escritura con IA de Turnitin determina se generó probablemente con IA desde un modelo de lenguaje de gran tamaño.

Los falsos positivos (que marcan incorrectamente alertas de texto escrito por humanos como generado con IA) son una posibilidad en los modelos de IA.

Los puntajes de detección de IA inferiores al 20 %, que no aparecen en reportes nuevos, tienen una mayor probabilidad de ser falsos positivos. Para reducir la probabilidad de malinterpretación, no se atribuye ningún puntaje o resaltado y se indican con un asterisco en el reporte (\*%).

El porcentaje de escritura con IA no debe ser el único fundamento para determinar si ha ocurrido una mala conducta. El revisor/instructor debería usar el porcentaje como un medio para iniciar una conversación formativa con sus estudiantes o usarlo para examinar el ejercicio entregado según las políticas de la escuela.

#### ¿Qué significa 'texto calificado'?

Nuestro modelo sólo procesa texto calificado en la forma de escritura de formato largo. La escritura de formato largo se refiere a los enunciados individuales en párrafos que constituyen una parte más grande del trabajo escrito, como un ensayo, una disertación, un artículo, etc. El texto calificado que se ha determinado que se generó probablemente con IA se resaltarán en color cian en la entrega.

El texto no calificado, como viñetas, bibliografías comentadas, etc., no se procesará y puede crear disparidad entre los puntos destacados de la entrega y el porcentaje mostrado.

