

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO

“BENEDICTO XVI”

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE MINAS



**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SOSTENIMIENTOS
TIPO MADERA Y TIPO CIMBRA PARA EL MACIZO ROCOSO DE
UNA UNIDAD MINERA EN POMACHAY, PATAZ, 2025**

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

AUTOR

Br. Maldonado Ramos, Marco Antonio

<https://orcid.org/0009-0009-9652-2105>

ASESOR

Dr. Acosta Sánchez, Luis Alberto

<https://orcid.org/0000-0003-0332-2171>

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Optimización de procesos y minería inteligente

TRUJILLO - PERÚ

2026

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura:

Mg. Ing. Henry Alexander Chipana Saldaña

Yo, Dr. Luis Acosta Sánchez con DNI N°17921248, como asesor/a del trabajo de investigación titulado “**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SOSTENIMIENTOS TIPO MADERA Y TIPO CIMBRA PARA EL MACIZO ROCOSO DE UNA UNIDAD MINERA EN POMACHAY, PATAZ, 2025**”, desarrollado por el egresado Maldonado Ramos Marco Antonio con DNI N° 72576073 del Programa de estudios de ingeniería de minas ; considero que dicho trabajo reúne las condiciones técnicas y científicas, las cuales están alineadas a las normas establecidas en el Reglamento de Estudiantes y de Grados y Títulos de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI” y en la normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de ingeniería y arquitectura . 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

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. SILVANA VALVERDE ZAVALETA

Vicerrectora Académica

DRA. GINA GENARA ZAVALETA ESPEJO

Vicerrectora de Investigación

MG. HENRY ALEXANDER CHIPANA SALDAÑA

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

DRA. TERESA SOFÍA REATEGUI MARÍN

Secretaria General

DEDICATORIA

A mis padres Maldonado Inga Felicindo, Ramos Mendieta Agustina, por su amor incondicional, esfuerzo y sacrificio que han sido el motor de mi formación competitiva profesional y personal.

A mis docentes, por haber sido faros en mi camino de formación, compartiendo su experiencia y enseñanzas, así como principios que me motivan a crecer y dar lo mejor de mí en cada etapa.

A mi alma mater, por abrirme las puertas al aprendizaje, brindarme las herramientas necesarias para mi desarrollo y convertirse en el espacio donde forjé sueños y aspiraciones que hoy se hacen realidad.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por concederme la fortaleza, la perseverancia y el conocimiento para culminar-con éxito este trabajo de investigación.

A mi asesor Dr. Luis Acosta Sánchez, quien me acompañó y dirigió en esta exigente labor de investigación.

Así mismo un agradecimiento muy especial a la minera de Pomachay por permitirme acceder a sus instalaciones y desarrollar mi tema de investigación.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Maldonado Ramos Marco Antonio, con DNI N.º 72576073 , 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: “ ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SOSTENIMIENTOS TIPO MADERA Y TIPO CIMBRA PARA EL MACIZO ROCOSO DE UNA UNIDAD MINERA EN POMACHAY, PATAZ, 2025”, el cual consta de un total de 44 páginas, incluyendo 9 tablas y 5 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



Maldonado Ramos Marco Antonio

DNI: 72576073

ÍNDICE

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD	2
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	6
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. METODOLOGÍA.....	25
2.1. Enfoque y tipo de investigación	25
2.2. Diseño metodológico	25
2.3. Población y muestra.....	25
2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos.....	25
2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información.....	26
2.6. Aspectos éticos en la investigación	26
III. RESULTADOS	27
IV. DISCUSIÓN	33
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. RECOMENDACIONES	35
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del estudio- geomecánico- del macizo- rocoso	27
Tabla 2. Desagregación de costos iniciales del material de sostenimiento	28
Tabla 3. Desagregación de costos de transporte del sostenimiento	29
Tabla 4. Desagregación de costos de instalación del sostenimiento	29
Tabla 5. Desagregación de costos de mano de obra directa del sostenimiento	30
Tabla 6. Comparación del costo inicial total de los sistemas de sostenimiento.....	30
Tabla 7. Mínimo de cálculo de vida útil	31
Tabla 8. Mínimo de cálculo de vida útil	31
Tabla 9. Comparación de la vida útil de los sostenimientos tipo madera y cimbra.....	32

RESUMEN

El estudio realizado presentó como objetivo determinar las diferencias entre los sostenimientos tipo madera y cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay durante el año 2025, el estudio se desarrollo bajo un enfoque cuantitativo con una investigación aplicada, a nivel descriptivo y comparativo y con un diseño no experimental. La finalidad fue analizar las características geomecánicas del macizo rocoso y evaluar las diferencias en costos y vida útil entre ambos sistemas de sostenimiento utilizado en las labores mineras. la población estuvo conformada por la unidad minera de Pomachay y con ello se realizó un análisis de los costos y vida útil de los tipos de sostenimiento. Los resultados evidenciaron que el sostenimiento de madera presenta un costo inicial de 3,950 soles, mientras que la cimbra metálica presenta costos de 5,633, de igual forma se determino que la vida útil del sostenimiento de manera varia entre 0.5 y 2 años, en comparación con la cimbra metálica que presenta una vida útil de 4 y 10 años, lo que demuestra una mayor durabilidad y estabilidad estructural de este sistema de soporte. En conclusión, el sostenimiento de madera presenta un menor costo inicial, en cambio el sostenimiento con cimbra metálica mantiene una mayor resistencia y mayor tiempo de vida útil, siendo una alternativa más eficiente para garantizar la estabilidad del macizo rocoso en la unidad minera Pomachay.

Palabras clave: Estudio geomecánico, sostenimiento, macizo rocoso, cimbra metálica, vida útil.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the differences between timber and formwork support for the rock mass of a mining unit in Pomachay during 2025. The study was conducted using a quantitative approach with applied research, at a descriptive and comparative level, and with a non-experimental design. The purpose was to analyze the geomechanical characteristics of the rock mass and evaluate the differences in costs and useful life between the two support systems used in mining operations. The population consisted of the Pomachay mining unit, and an analysis of the costs and useful life of the types of support was carried out. The results showed that wooden supports have an initial cost of 3,950 soles, while metal formwork costs 5,633 soles. It was also determined that the useful life of wooden support varies between 0.5 and 2 years, compared to metal formwork, which has a useful life of 4 to 10 years, demonstrating the greater durability and structural stability of this support system. In conclusion, wooden support has a lower initial cost, while metal support has greater strength and a longer useful life, making it a more efficient alternative for ensuring the stability of the rock mass at the Pomachay mining unit.

Keywords: Geomechanical study, support, rock mass, metal support, useful life.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades económicas a modo global y de mucho interés, pero a la vez con un alto índice de riesgo es la minería, en la última década las empresas se han inclinado por el tema de seguridad y optimización de procesos que a través del tiempo se han incrementado significativamente, todo ello con el fin de disminuir los accidentes laborales mejorando la eficacia operativa, en modo mundial los macizos rocosos son una de las causas de accidentes fatales y ocasionan pérdidas económicas grandes en las empresas por la paralización de las obras especialmente la producción. Según ISRM- Sociedad- Internacional- de Mecánica- de Rocas- (2014) con sede en Lisboa, Portugal la gran mayoría de colapsos de túneles y pasadizos subterráneos se asocian directamente con la falta de investigación geomecánica comprobada. La falta de efectividad en el sostenimiento del macizo rocoso es preocupante, de acuerdo con la OIT (2019) una de las industrias con mayor índice de peligro que origina accidentes laborales es la minería, debido a un estudio geomecánico inadecuado, Mine Safety and Health Administration (MSHA, 2023) de EE. UU. reportó más de 30 accidentes fatales de los cuales 6 se debieron a derrumbes de rocas. Los problemas que afectan a las empresas mineras también incluyen las pérdidas económicas, en la producción y en infraestructura inclusive. La universidad de Witwatersrand en Sudáfrica infirió que los accidentes geomecánicos representan 25% en pérdidas operativas en las mineras subterráneas.

Por otro lado, en un plano nacional, la minería es uno de los sostenes principales económicos en Perú y ha generado proporciones grandes y significativas en el PBI (Producto Bruto Interno), aun así, los factores geológicos son complejas y tienen una variabilidad alta en la región andina, la diversidad de rocas y las fallas geológicas generan un alto riesgo de inestabilidad. Según el MINEM (Ministerio de Energía y Minas, 2023) en su informe demostró que el 15% de accidente ocurridos en los subterráneos del sector minero fueron atribuidos a problemas ocasionados por el sostenimiento, es decir la carencia de una caracterización con una precisión óptima del macizo rocoso conlleva al implemento de sistemas con sostenimientos no aptos o inadecuados, sobredimensionados o sub dimensionados lo que puede generar sobrecostos y sobre todo compromete a la seguridad.

La minera de Pomachay, se caracteriza porque la explotación de yacimientos son subterráneos realizados a través de galerías y túneles, empíricamente se ha observado que en la zona de estudio existen diversas series de inestabilidad localizada a través de las

labores diarias, y se manifestaron por los desprendimientos de roca y las fallas notorias en el sostenimiento. Todo este conjunto de fallas detectadas se ha evidenciado a pesar de que la empresa ha aplicado todas las técnicas y metodología modernas de sostenimiento, que literalmente deberían ser eficaces. Las contradicciones entre los diseños y la realidad han sugerido que las diversas clasificaciones de geomecánica del macizo rocoso empleada no son tan precisas y tienen un margen de ineficacia, siendo en algunos casos hasta imprecisa o incompleta (Hoek, E., & Brown, E. T. 1997). En la realidad no existen estudios geomecánicos detallados y actualizados por lo que se ha llegado a implementar sistemas de sostenimientos empíricos, que se han basado en la experiencia propia de los trabajadores y especialistas, pero no cuentan con respaldo científico debido a la carencia de datos técnicos robustos. Todo ello expone un riesgo alto en la seguridad personal y puede llegar a provocar daños en maquinarias y esto originarias pérdidas económicas cuantiosas en la empresa.

En el Perú la minería- es una- actividad- económica fundamental en el impulso del desarrollo económico. La labor minera brinda el 10 % del PBI, 19 % de tributos pagados por empresas, 16 % de inversión privada y 60 % de exportaciones. La minería subterránea se considera una de las actividades más peligrosas que ejecuta el hombre. Muchos factores de riesgo están involucrados en este negocio. La demanda de materias primas (minerales) ha aumentado y con ella la profundización de las minas, lo que ha llevado al desarrollo de nuevos métodos y equipos mineros más sofisticados y eficientes. El progreso de inspecciones para evitar la caída de rocas es un compromiso intervenido entre todos los campos de actividad, el campo de la geomecánica, como se encarga del estudio de la conducta mecánica del macizo rocoso, tiene un papel clave para avalar el bienestar de los trabajadores. El desprendimiento de rocas es uno de los riesgos más severos que afectan a los operadores de minería sobre todo en sistema subterráneo. Es importante recordar que el riesgo en las excavaciones subterráneas empieza desde las acciones de exploramiento hasta el proceso de cierre minero. En Perú, se estima que los deslizamientos de tierra han representado el 32% de las muertes en los últimos 15 años.

La unidad minera Divino Niño Jesús, se encuentra profundizando labores con fines de exploración y explotación. Las labores presentan un diseño de sostenimiento convencional de cuadros de madera. La Galería 1 N presenta una sección de 2.70 m x 2.40 m, actualmente se tienen problemas de inestabilidad debido al sostenimiento inadecuado, donde los cuadros de madera se caen, obligando a reforzar el sostenimiento.

Esto se debe, a que la roca es de pésima calidad y además contiene agua por más esfuerzo que se induzca en el procesamiento de explotación que, a pesar de presentar una magnitud relativamente baja, logran vencer las muy bajas resistencias del macizo rocoso. Uno de las principales causas que encontraron en el problema fue que el macizo rocoso no está suficientemente caracterizado, es decir a falta de estudios profundos sobre geomecánica no se tienen parámetros técnicos claros y precisos como por ejemplo la resistencia- de la roca- intacta- (UCS), calidad de la roca (RQD) y resistencia- de la roca, la resistencia- al corte- de las discontinuidades- (Palmstrom, A., & Broch, E. 2006); por otro lado, la viabilidad geológica debido a los diversos tipos de roca asociadas a las fallas geológicas que afectan el diseño del sostenimiento. Las empresas también no invierten mucho en tecnología que facilite un buen diagnóstico y el descuido de compras de herramientas y contratación de personal especialista sobre todo para las labores subterráneas también son causales del problema.

Los riesgos en la seguridad del personal minero se convierten en consecuencias críticas de este problema de investigación dado que, si el macizo rocoso es inestable puede ocurrir algún tipo de accidente fatal, ocasionando pérdidas humanas y económicas. Clasificar los macizos rocosos es parte de las herramientas esenciales para evaluar la estabilidad y el diseño del sostenimiento en las minas subterráneas. Existen indicadores que sirven para correlacionar calidad de rocas con la cantidad y soportes necesarios vitales para la reducción de riesgos como el RMR (Rock Mass Rating); Q-System (Bieniawski, 1989) pese a ser sistemas antiguos se aplican adaptándose a nuevas tecnologías. La investigación se alinea a la ODS 9 el cual se basa el análisis de construcción de infraestructura resiliente, promoviendo que el proceso de industrialización sea sostenible y fomenta innovación (Industrial, innovación e infraestructura), dado que los estudios geomecánicos sirven para que las operaciones mineras estabilicen las excavaciones y los soportes necesarios que previenen los desprendimientos evitando accidentes, y garantizan la seguridad y sostenibilidad de los trabajadores contribuyendo al desarrollo de una industria responsable y segura, y representa innovación dado que el sector minero debe crear una infraestructura segura y eficiente.

Luego de la exposición del problema se formuló el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es la diferencia entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025?.

Los problemas específicos fueron:

¿Cuáles son las características geomecánicas del macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025?

¿Cuáles es la diferencia de costos entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025?

¿Cuáles es la diferencia en el tiempo de vida útil entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025?

El estudio geomecánico del macizo rocoso se justifica teóricamente porque enriquece los conocimientos ya existentes sobre geomecánica y la minería subterránea aplicando metodologías que generaran datos empíricos para que sean utilizados en validaciones y refinaciones desafiando los modelos empíricos actuales. Al analizar propiedades geomecánicas de la formación rocosa de la localidad de Pomachay se identificarán características únicas como la anisotropía así como se determinará el grado de fracturación los cuales no se encuentran actualmente detalladas en los modelos generales, por lo que este estudio podría ampliar el mayor conocimiento resolviendo interrogantes sobre los macizos rocosos más complejos que existen en la minería. Por otro lado, se complementarán las teorías de sostenimiento ya existentes evaluando la efectividad de los diferentes sistemas actuales de soporte como por ejemplo pernos de roca, los shotcretos o mallas electrosoldadas fundamental en un diseño de seguridad en las excavaciones mineras.

A través de la perspectiva práctica, la investigación se justifica por su relevancia para el sector minero subterráneo, debido a que los resultados del estudio geomecánico del macizo rocoso serán aplicados directamente en la unidad minera Pomachay durante el año 2025, con la finalidad de mejorar la seguridad y estabilidad de las labores subterráneas. El análisis geomecánico permitirá identificar las propiedades del macizo rocoso, su calidad y sus condiciones estructurales, información fundamental para la selección y diseño adecuado de los sistemas de sostenimiento en las excavaciones mineras. La investigación contribuirá a reducir los riesgos asociados a la inestabilidad del macizo rocoso, desprendimientos o colapsos en galerías y frentes de explotación, protegiendo la integridad de los trabajadores, equipos e infraestructura subterránea. Así como optimizar el diseño del sostenimiento a través de la utilización de parámetros geomecánicos confiables, tal como RQD, GIS, índice Q de Barton y resistencia de la roca.

El objetivo principal fue: Determinar la diferencia entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.

Los Objetivos específicos fueron:

Describir las características geomecánicas del macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.

Determinar la diferencia de costos entre los sostenimientos tipo madera y cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.

Determinar la diferencia de la vida útil entre los sostenimientos tipo madera y cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.

Las hipótesis se han planteado siguiendo el orden de los objetivos, teniendo H_G : Existe diferencia significativa entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025. La HE1: Existe diferencia significativa de costos entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025, y la HE2: Existe diferencia significativa de vida útil entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.

Existen diversos estudios que han demostrado la importancia del análisis geomecánico del macizo rocoso para el diseño del sostenimiento en minería subterránea, como lo es el estudio de Zhang (2025), se realizaron revisiones sobre el modelamiento geológico tridimensional aplicado a minería, indicando que la integración de los datos geológicos, geotécnicos y estructurales permite mejorar la precisión en la caracterización del macizo rocoso y optimizar el diseño de sostenimiento en excavaciones subterráneas. El estudio destaca que los modelos 3D contribuyen a reducir la incertidumbre geológica y a mejorar la seguridad operativa en minas subterráneas, ya que facilitan la identificación de zonas que pueden llegar a estar débiles estructuralmente y la selección de sistemas de soporte.

Para Liu (2024), igualmente en el país de China se desarrolló un método de modelamiento geológico tridimensional basado en algoritmos de aprendizaje automático para integrar datos geológicos y geomecánicos. Los resultados evidenciaron que el uso de estas herramientas permite mejorar la precisión en la caracterización del macizo rocoso, lo cual incide directamente en el diseño del sostenimiento y en la estabilidad de las excavaciones mineras. Así como la integración de datos geomecánicos en los modelos

digitales, optimizando la selección de sistemas de soporte según la calidad del macizo rocoso.

Según Erharter (2024), en la investigación se analiza el desarrollo de los sistemas de clasificación geomecánica del macizo rocoso mediante RMR, Q y GIS, para su aplicación en minería y túneles. se menciona que la caracterización geomecánica es la base para seleccionar el sostenimiento adecuado, ya que permite estimar la estabilidad del macizo y el comportamiento frente a excavaciones subterráneas. Este trabajo respalda sobre la calidad del macizo rocoso depende del diseño del sostenimiento.

Valencia (2025), propone que el análisis geomecánico en cuanto a la estabilidad se puede hacer mediante el uso de inteligencia artificial para generar informes de geomecánica del macizo rocoso a partir de los datos de campo e imágenes de la zona de estudio. Con ello se ha demostrado que la caracterización geomecánica permite evaluar la estabilidad y seguridad de excavaciones subterráneas, facilitando decisiones sobre sostenimiento. Se establece que estos estudios de geomecánica son fundamentales para la prevención de fallas y colapsos en las mineras o yacimientos.

Un estudio internacional de Hansen (2024) utilizó datos de perforaciones y aprendizaje automático para clasificar la calidad del macizo rocoso y relacionarla con decisiones de diseño de sostenimiento. Los resultados muestran que la correcta caracterización del macizo permite anticipar zonas inestables y seleccionar sistemas de soporte adecuado.

En la parte nacional se ha encontrado estudios como el de Orcopampa (2023), estudio realizado para analizar el macizo rocoso mediante parámetros geomecánicos, en donde se aplicó análisis estructural para diseñar el sostenimiento del yacimiento, con ello, se determinó que la caracterización del macizo permitió seleccionar el sistema de sostenimiento más adecuado según la calidad de la roca y sus discontinuidades.

Para Martínez (2024) en su investigación evaluó el macizo rocoso para determinar el sostenimiento en labores subterráneas, con ello indicó que el análisis geomecánico permitió mejorar la estabilidad y reducir los riesgos de colapso en excavaciones mineras; ya que los datos obtenidos en el valor de RQD fue de 62, RMR de 47,5 por lo que indicó una calidad regular de B y un factor de ajuste de -2,5, en tanto el valor del índice de Q fue de 7.6 lo que indicó de igual forma una calidad regular.

La sociedad peruana de geingeniería en el 2021 realizó un estudio en cuanto al índice Q de Barrton, en donde permite definir el tipo de sostenimiento en mineras

subterráneas, mejorando la seguridad y eficiencia operativa. Según Sánchez (2023), el estudio consistió en evaluar las condiciones geomecánicas del macizo rocoso para determinar el tipo de sostenimiento en la galería 570 de la mina chaparral, en Arequipa; los resultados evidenciaron que la calidad del macizo rocoso influye directamente en la selección del sistema del sostenimiento, estableciendo con ello cuales son las zonas con menor calidad de roca se requiere mayor densidad de pernos, shorcrete y refuerzos sistemáticos.

Para Hilasaca (2024), desarrolló su investigación en la mina de San Juan Cien en Puno con el fin de diseñar un sistema de sostenimiento adecuado a través de la evaluación geomecánica del macizo rocoso en la galería principal, para determinar aquello se realizaron métodos empíricos de clasificación mediante RMR, Q de Barton y GIS, como el uso de software especializado como Dips, Unwedge para analizar estabilidad, con lo que se demostró que la calidad geomecánica del macizo rocoso determino el tipo de sostenimiento requerido, recomendándose con ello un sostenimiento sistemático con pernos y concreto lanzado en zonas de baja calidad de roca.

La investigación permite conocer la realización unas evaluaciones geomecánicas de los macizos rocosos utilizando toda la información y herramientas de uso en el cálculo de la mecánica rocosas utilizando también un análisis para las labores de sostenimiento.

Geomecánica: Es una rama que nos permite conocer y comprender la conducta y reacción que muestran los macizos rocosos en las excavaciones, los macizos rocosos son materia prima heterogéneos y complejos, de acuerdo con Osinergmin (2017) la representación y definición de sus peculiaridades requiriendo enormes números de investigaciones geomecánicas para sus estudios y sus interpretaciones.

Mecánica de rocas: ciencias aplicadas y teóricas de la mecánica de rocas que se encarga de la investigación del comportamiento mecánico de macizos rocosos y roca; de este modo, la mecánica de rocas examina y estudia la resistencia de las rocas cuando se practican diferentes rangos de fuerza de su medio (Valeriano, 2015).

Análisis estructural de las montañas: La investigación para determinar el análisis estructural en las montañas representa mostrar la orientación espacial de las estructuras físicas con el fin de determinar los diversos mecanismos de falla o desproporción y definir la distribución de los esfuerzos resultantes (Valeriano, 2015).

Roca: Las rocas se pueden conceptualizar como incorporados sólidos o material geológico en zonas extensas de la corteza terrestre su componente son los diversos

minerales (Ricse, 2020). Características de las rocas: Guerra (2017) nos comenta que, según su origen, las rocas pueden ser ígneas, sedimentarias y metamórficas: Rocas ígneas, son las que se han formado por la afirmación del magma; Rocas sedimentarias, desarrolladas por la precipitación de sedimentos; Rocas metamórficas, desarrolladas por procesos de altas presiones y temperaturas. La roca intacta es el bloque que se encuentra entre las discontinuidades y podría estar representado por una muestra manual o una pieza de control que se utiliza para pruebas de laboratorio.

Las rocas y sus propiedades físicas: Las rocas se distinguen por sus propiedades físicas, al igual que la mayoría de los materiales sólidos. Según Flores (2019), estas propiedades surgen de la estructura mineralógica de la roca, su fábrica y su historia geológica, deformacional y ambiental, las cuales incluyen los procesos de alteración y meteorización. Por consiguiente, las propiedades físicas son fundamentales ya que definen el comportamiento mecánico de las rocas. La medición de dichas propiedades se realiza utilizando técnicas especializadas y pruebas de laboratorio. Basándonos en esta idea, a continuación, se presentarán las propiedades físicas consideradas más cruciales.

Peso específico: El peso específico o peso de la roca, es dependiente del material, y es expresado como peso en volumen. Las rocas, a diferencia de la tierra, son de tamaño relativamente grande. Tienen cambios en valores de gravedad específicos (Flores, 2019).

Porosidad: La debilidad de los cálculos se refiere al volumen de poros expresado como: el porcentaje del tamaño de la roca. Al respecto, Rivas (2019) define la porosidad la “relación entre las aberturas internas o los volúmenes de las puertas”. Rocas, V_v y volumen total (m partículas sólidas)” Apariencia La cuenta tiene este aspecto:

$$n (\%) = V_v$$

Datos

n: Porosidad

VV: Volumen que ocupa los poros en la roca V: Volumen total

Durabilidad

Esto se puede describir como la firmeza que tiene la roca mediante los procesos de alteración y desintegración, se le puede conocer también como alterabilidad. Sus propiedades del macizo rocoso cambian por diferentes procesos como la hidratación, disolución, oxidación, etc. Se conoce como prueba de pérdida de humedad o Kuma Prueba de Slake Test (SDT). Básicamente esta prueba es colocar el material o muestra

previamente descompuesto en el ciclo de humedad correcto durante 10 minutos en el laboratorio.

Matriz Rocosa. La matriz de roca se conceptualiza como el material en su estado íntegro o sin discontinuidades (bloques de roca intactos). De acuerdo con Huamán (2019), la matriz exhibe una conducta anisótropa y heterogámica vinculada a su microestructura mineral y a su origen. Dicha conducta también está relacionada con características como su resistencia, el peso específico y su capacidad de deformación.

Macizo Rocoso. Por otro lado, el macizo rocoso constituye la masa de roca que ha sido afectada por la presencia de discontinuidades y planos de debilidad. Huamán (2019) lo describe como un medio de naturaleza anisótropa y heterogénea.

Anisotropía y heterogeneidad: De esta forma se puede demostrar que tanto la roca, la matriz rocosa como el macizo rocoso tienen una conducta anisotrópica y heterogénea, lo que quiere decir, que sus propiedades mecánicas varían según la dirección de investigación (comportamiento anisotrópico); Por su parte, tienen diferentes propiedades físico-mecánicas en diferentes áreas de la roca, como la ciencia de las rocas, el grado de meteorización y los recursos hídricos, que pueden asumir propiedades muy desiguales (comportamiento heterogéneo).

Discontinuidad: Una discontinuidad es un plano que cuenta con un origen mecánico o sedimentario que desliga o retira los bloques de matriz rocosa en un macizo rocoso (Huamán, 2019). En macizos rocosos, están formados por discontinuidades, como juntas y fallas, provoca la rotura de las propiedades mecánicas de los bloques de roca, dando como resultado el comportamiento geomecánico discontinuo se manifiesta, estando definido por cómo son y cómo se sitúan los bloques de roca en la realidad.

Juntas o diaclasas: Son fisuras o aberturas que están presentes en las rocas y se caracterizan por no haber ocurrido deslizamientos entre los bloques rocosos (Chura, 2016).

Fallas: Una falla es, sencillamente, una estructura donde la roca ha experimentado una rotura (fractura o fisura) seguida de un deslizamiento entre los dos bloques que quedaron separados por esa fractura (Chura, 2016).

Esfuerzos de Deformación. Cuando hablamos de deformación en geología, nos referimos a los cambios de forma o volumen que experimenta una roca. Estos cambios suceden cuando la roca es sometida a diferentes tipos de tensión, y el resultado final

depende de sus características mecánicas y físicas (Valencia, 2021). Los principales tipos de esfuerzos que causan deformación son: Compresión: Imagina que las rocas son apretadas o empujadas por fuerzas externas que se dirigen una hacia la otra. Esto provoca que la roca se acorte en la dirección donde se aplica el esfuerzo, generando estructuras como fallas inversas y pliegues (Valencia, 2021). Tensión: Aquí, las fuerzas- actúan- en direcciones opuestas a lo largo de la misma línea, como si estuvieran estirando la unidad de roca. El efecto es el alargamiento o la separación de la masa rocosa (Valencia, 2021). Cizalla: Este esfuerzo ocurre cuando las fuerzas se aplican de manera paralela, pero en sentidos contrarios. El resultado es un deslizamiento lateral de una capa de roca sobre otra (Valencia, 2021).

Plegamientos. Según la definición de Meza (2018), los pliegues son esencialmente curvaturas u ondulaciones que se forman en las rocas de la corteza terrestre. Se desarrollan con mayor prominencia en capas de roca, como las sedimentarias, volcánicas y metamórficas (rocas estratificadas). Aunque las rocas aparentan ser completamente rígidas, poseen una cierta plasticidad. Esta característica les permite, en muchos casos, doblarse o plegarse sin llegar a romperse cuando son sometidas a grandes fuerzas de compresión o presiones laterales, que son las responsables de deformar estas capas.

Descripción Cuantitativa de Estructuras. La Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) ha establecido diez parámetros clave para realizar una descripción cuantitativa precisa de las discontinuidades de la roca. Estos elementos son cruciales para el análisis geotécnico: Identificación de los grupos de estructuras presentes. La orientación y posición de cada familia de estructuras. La separación o el espacio existente entre las entidades de una misma categoría. La permanencia o continuidad de las estructuras en cada grupo de interrupción. La textura o las irregularidades en las superficies de cada grupo familiar. La apertura o distanciamiento de las estructuras en cada grupo familiar. El material de relleno presente en cada grupo familiar. La resistencia a la compresión sencilla de la roca en su estado original (roca caja) para cada grupo de familias. El grado de filtración de agua (percolación) que ocurre en cada conjunto de familias. El tamaño o volumen de los bloques que definen el macizo rocoso.

Mapeo superficial de las estructuras: El mapeo superficial su propósito es inspeccionar de forma metodológica las particularidades geológicas estructurales en el macizo rocoso, estando presentemente dos métodos: Mapeo Lineal (Line Survey):

Valeriano (2015) explica que este enfoque consiste en estirar una cinta métrica sobre la pared del macizo. El objetivo es registrar las discontinuidades que cruzan directamente esa línea. La longitud típica de esta línea de muestreo suele estar entre 50 y 100 metros. Mapeo de Ventana (Window Mapping): Esta técnica, según Valeriano (2015), busca mapear detalladamente un área representativa o "característica" de las discontinuidades dentro del macizo. Las dimensiones de la "ventana" de estudio son habitualmente de unos 10 metros.

Familia de Discontinuidades y su Orientación. La geometría de las discontinuidades es crucial para la estabilidad de taludes, ya que su disposición en el espacio es el factor más influyente. En este contexto, Meza (2018) señala que la ubicación de un plano de discontinuidad en el espacio se determina por su inclinación y su orientación de inclinación. Ambos parámetros se miden comúnmente con una brújula geológica.

Buzamiento: Se refiere al ángulo que existe entre el plano de la discontinuidad y un plano de referencia horizontal. Orientación de Inclinación: Nos dice hacia dónde se está inclinando el plano, y se mide como la proyección horizontal de la línea de máxima pendiente del plano. Buzamiento: Viene hacer el ángulo que forma el plano horizontal y el plano; Dirección de buzamiento: Nos indica a donde se inclina el plano o su proyección horizontal de la línea con máxima pendiente.

Espaciamiento de las Estructuras. El espaciamiento es simplemente la distancia que separa a dos planos de discontinuidad que pertenecen a la misma familia. Para medirlo, se utiliza una cinta métrica a lo largo de un plano de muestreo de, como mínimo, 3 metros de largo. Esta cinta debe colocarse perpendicularmente a los planos que se miden, asegurándose de registrar el recorrido entre las discontinuidades vecinas o adyacentes (Meza, 2018).

Persistencia de las Estructuras. La persistencia (o firmeza y continuidad) de una estructura se relaciona con la extensión o el tamaño de las discontinuidades. Este parámetro se mide cuantificando la longitud de los afloramientos en las direcciones de buzamiento y rumbo, utilizando la cinta métrica como herramienta de medición (Meza, 2018).

Rugosidad de las Estructuras. Este término se refiere a la textura áspera de los planos y a la forma ondulada de las discontinuidades. La rugosidad puede ser evaluada en campo a través de métodos cualitativos (descriptivos) y cuantitativos (numéricos). El

método cualitativo, que emplea los conocidos "Perfiles de Rugosidad Estándar", es el más frecuentemente utilizado para este fin (Meza, 2018).

Apertura de las Estructuras. La apertura se define como la separación o distancia vertical que existe entre las paredes de la discontinuidad, asumiendo que no hay material de relleno presente. Para medir esta dimensión, se emplea una regla graduada en milímetros (Gonzáles, 2002).

Relleno de las discontinuidades: Este apartado se refiere a las discontinuidades y a los diversos materiales que las conforman o que se encuentran dentro de ellas. Dichos componentes pueden diferir de los materiales que forman la roca. La representación del tipo de relleno debe relacionarse con la mineralogía y el contenido de humedad, el relleno presente en una discontinuidad tiene la función de regularizar el comportamiento de la roca circundante. Por esta razón, es imprescindible describir minuciosamente el origen de este material de relleno y sus propiedades características (Gonzáles, 2002), como la granulometría, la permeabilidad y el grado de meteorización.

Filtración de las discontinuidades: En las formaciones rocosas, el agua que proviene de su interior se manifiesta principalmente a través del flujo que discurre por las discontinuidades; la calidad del agua se destaca considerablemente por la estabilidad de los taludes (Meza, 2018). Fuera de esto, se clasificada como: Seco; Ligeramente húmedo; Húmedo; Goteando; Fluyendo.

Resistencia de las paredes de las discontinuidades: La resistencia puede establecerse mediante la prueba de carga puntual o utilizando el martillo Schmidt (Gonzáles, 2002).

Meteorización: Se refiere al proceso mediante el cual los materiales se desintegran y se separan. Esto implica que los cambios físico-químicos modifican las propiedades y características del macizo rocoso. La meteorización incrementa la permeabilidad, la porosidad, la capacidad de deformarse y también mejora la resistencia del macizo rocoso (Gonzáles, 2002).

Clasificaciones geomecánicas RQD: Se trata de una medida cuantitativa de la roca, la cual se determina utilizando dos métodos: Primero, se basa en la cantidad de núcleos de roca con una longitud mayor a 10 centímetros que se obtienen mediante sondeos; segundo, considera el conjunto de juntas y las discontinuidades que se observan en el macizo rocoso. La fórmula que se presenta a continuación fue propuesta por Priest

y Hudson (1976) y se establece a partir del número de juntas presentes por cada metro lineal de roca:

$$RQD = 100e^{-0.1\delta} \times (0.1\delta + 1)$$

Dónde: δ = Número medio de discontinuidades por metro lineal.

El cálculo del RMR o sistema de clasificación de Bieniaswki (1989) tiene como objetivo evaluar los elementos de deformabilidad y resistencia que exhibe el macizo rocoso (Meza, 2018). Fue elaborada por Bieniawski en 1973, con ajustes realizados en 1979 y 1989. Este método clasifica el macizo rocoso utilizando cinco parámetros: resistencia, RQD, separación entre diaclasas, estado de las discontinuidades y drenaje del agua. Se trata de segmentar el macizo rocoso en secciones que presenten características más o menos homogéneas, llevando a cabo la recopilación de información. De esta manera, se asigna un valor a cada parámetro, lo que facilita la clasificación del macizo rocoso en diferentes categorías y/o grupos de calidad de la roca.

GSI: Su función es determinar la calidad de la roca según la estructura del macizo rocoso y del estado de las estructuras propuestas por Hoek en 1995.

Factor de seguridad: Suárez (2016) lo define como: un índice que enuncia la relación entre: La firmeza al corte medio del macizo a lo largo de una viable superficie de ruptura v.s. la firmeza de corte rigurosamente necesaria para conservar el terrenal en equilibrio. Posteriormente, se exponen los índices de factores de seguridad: F.S = 1: Equilibrio, puede producirse falla; F.S > 1: Relativamente firme; F.S < 1: Inseguro; F.S = 1.5: Ideal.

Geomecánica de rocas: Según Sota (s.f.), La geomecánica es una extensión de las ciencias que tratan el tema de la mecánica de rocas e investiga la conducta de materiales cohesivos que están en procesos de tensión y deformación. Caracterización geomecánica: Descripción de lechos rocosos y buenos hábitos. Lo que no está en la asignatura es una profesión que no se puede evitar en muchos estudios. Una materia cuyo propósito principal es conocer las propiedades y sus características geotécnicas del macizo rocoso. Se realiza en las iniciales etapas del levantamiento de campo o sección, distribución, identificación y representación detallada de la roca. Las características del suelo son un proceso gradual de movimiento en el macizo rocoso (Meza, 2018).

Macizo rocoso: Según la definición de Medina (2017), el macizo rocoso entre ellos, hay rocas en el medio nativo. Una confabulación tan rocosa, está formado por rocas

y distribuciones, donde las rocas aguantarán el plano. Características organizadas como estratificación, fallas, juntas y pliegues. Al respecto, Medina (2017) también definieron parcelas de tierra, la roca y toda la matriz de la roca y discontinuidades, su presencia hace que los macizos rocosos posean características diversas y un comportamiento discontinuo, según su naturaleza, periodicidad y orientación del comportamiento. En forma global, el macizo rocoso podría sintetizar en el conjunto de las características de la roca intacta y de las discontinuidades.

En cuanto a la definición de términos básicos, se tiene:

Cimbra: La cimbra se construye con perfiles de acero, de acuerdo con los requerimientos para la forma de la sección de excavación, es decir, en forma de tronco, herradura o redonda, se recomienda que se realicen estas almas completas. Existen dos tipos de cimbra, la denominada "rígida" y la "deslizante o fluida".

Costos: Son los recursos económicos que se manejan para producir bienes o servicios.

Cuadros de madera: Es un marco de madera que puede ser cónico, recto y cojo, que sirve para sostener los frontones de una obra minera.

Geomecánica: Es la ciencia que se aplica a la conducta mecánica del macizo rocoso en relación con el campo de fuerza de su ambiente físico.

Labor: Nombre genérico para todas las obras de minería subterránea, tales como: túnel, sumidero, galería, chimenea, subnivel, rampa, etc.

Macizo rocoso: Es el junto de bloques de la matriz rocosa y las discontinuidades que se encuentran en la naturaleza.

Perforación: Es una operación mecánica que consiste en realizar taladros en el macizo rocoso o mineral.

Puntales: Son troncos de madera que se utilizan para formar marcos de madera y ayudar a las actividades mineras.

Sostenimiento: Son los métodos de soporte de rocas para mejorar la estabilidad y mantener la capacidad de soportar las cargas creadas por las rocas cerca del perímetro de la excavación subterránea.

II. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque y tipo de investigación

El enfoque propuesto para el estudio es cuantitativo de acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), este tipo de estudio busca recolectar información cuantitativa analizando datos con pruebas de hipótesis, se basa en la cuantificación numérica y evaluación estadística, estos patrones de comportamiento prueban teorías y generalizan resultados de muestras a poblaciones y el tipo de investigación es aplicada y su nivel de profundidad es descriptiva exploratorio.

2.2. Diseño metodológico

El diseño de la investigación es no experimental con una profundidad descriptiva comparativa. Debido a que las muestras se van a comparar (sostenimiento tipo madera y sostenimiento tipo cimbra)

RG₁ O₁ X₁ O₂

R: Asignación al azar o aleatoria.

G₁: Galería de Minera.

X₁: Macizo rocoso

O₁: Sostenimiento tipo cimbra.

O₂: Sostenimiento tipo madera.

2.3. Población y muestra

La población del proyecto de investigación está formada por el macizo rocoso de la unidad minera ubicada en Pomachay, específicamente por todas las galerías y labores subterráneas donde se realizan actividades de explotación. Esta población comprende el conjunto de estructuras geológicas, discontinuidades y condiciones geomecánicas que influyen en la estabilidad de las excavaciones mineras.

La muestra es de tipo no probabilístico e intencional, ya que se seleccionó un sector representativo del macizo rocoso que presenta condiciones geomecánicas críticas para el estudio. En ese sentido, la muestra está conformada por la Galería 320 NW, la cual posee una sección aproximada de 3m x 3m y se encuentra desarrollada en roca de calidad suelta a media, representativa de las condiciones geomecánicas de la mina

2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos

En este estudio se consideraron como técnicas para recolectar los datos, la observación y como instrumento una ficha de registro donde se obtendrá la información relevante en base a las dimensiones e indicadores realizándose en dos tiempos, un pretest

y un posttest se efectuaron visitas in situ para la investigación directa de las particularidades físicas y geomecánicas del macizo rocoso y su respectivo registro.

2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información

Para la codificación, tabulación y sistematización de los datos obtenidos en ficha se registró y para el análisis de la información se empleó un enfoque estadístico descriptivo preexperimental. La prueba de normalidad de datos aplicados a las diferencias pretest menos posttest determinó datos no paramétricos y se trabajó con la prueba estadística rangos de Wilcoxon para muestras relacionadas, el software fue el SPSS v.30 así como la herramienta Microsoft Excel 2025 que se utilizó para la base de datos y elaboración de tablas y gráficos estadísticos.

2.6. Aspectos éticos en la investigación

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo siguiendo el marco ético de manera rigurosa y las disposiciones académicas de cumplimiento de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI. Asimismo, se garantiza el respeto a la propiedad intelectual, motivo por el cual toda la información tomada de libros, artículos y otros documentos será debidamente citada y referenciada conforme a las normas correspondientes; se mantuvo la conducta con honestidad en la recolección, análisis de la información y su interpretación, evitando manipulación forzada o falsificación alguna. Toda la información utilizada ha sido citada con sus respectivas referencias evitando plagios y respetando los principios de integridad científica y datos, así como el respeto a la propiedad intelectual, se condujo con principios de la ética de beneficencia y no maleficencia.

III. RESULTADOS

En base al primer objetivo específico: Describir las características geomecánicas del macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del estudio geomecánico del macizo rocoso

		Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar
Propiedades geomecánicas del macizo rocoso					
Resistencia a la compresión y la tracción	Pretest	55	130	86.50	25.869
	Postest	55	130	86.50	25.869
Deformabilidad	Pretest	2	9	5.20	2.355
	Postest	1	5	2.27	1.258
Caracterización del macizo rocoso					
RQD (Rock quality designation)	Pretest	30	70	50.00	13.065
	Postest	30	70	50.00	13.065
GSI (Geological strength index)	Pretest	25	65	45.00	13.144
	Postest	25	65	45.00	13.144
Q Barton	Pretest	8	80	34.07	25.563
	Postest	8	80	34.07	25.563
Condiciones- estructurales-del macizo rocoso					
N° de fallas asociadas del yacimiento	Pretest	2	9	5.53	2.209
	Postest	0	3	1.47	.937
N° Pliegues	Pretest	1	4	2.30	.952
	Postest	1	4	2.30	.952
N° fracturas	Pretest	5	28	15.97	7.504
	Postest	1	12	5.53	2.909

Nota: cuadro comparativo de resultados iniciales y finales

En la tabla 1, se muestran estadísticamente los datos del estudio geomecánico del macizo rocoso de la unidad minera en Pomachay, dando a relucir las propiedades geomecánicas, la resistencia a la compresión y tracción que mantienen valores mínimos de 55 y máximos de 130, con una media de 86.50, lo que evidencia que existe una viabilidad moderada en la resistencia del macizo rocoso estudiado. En la deformabilidad se registró una media de 5.20 en el pretest y 2.27 en el postest, reflejando que existe un comportamiento deformacional del macizo rocoso.

En cuanto a la caracterización del macizo rocoso, el RQD, presenta un valor de 50 dentro de un rango entre 30 y 70, lo que corresponde a una calidad de roca regular a buena; por otra parte, el GSI presentan valores de 45 lo que demuestra que el macizo

rocoso se encuentra en un rango muy bajo a regular de la resistencia geológica. Asimismo, el índice Q de Barton presenta un promedio de 34.07 evidenciando una alta variabilidad en la calidad del macizo rocoso, oscilando entre las condiciones de calidad mala a buena.

Las condiciones estructurales del macizo rocoso, presenta en el número de falla promedios de 5.53 en el pretest y 1.47 en el posttest, mientras que el número de pliegues mantiene un promedio de 2.30, estas variaciones evidencian que la distribución es discontinua dentro del macizo rocoso; haciendo imprescindible analizar correctamente le tipo de sostenimiento desde su calidad hasta su vida útil.

En base al segundo objetivo específico: Determinar las diferencias en costos entre los sostenimientos tipo madera y cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2. *Desagregación de costos iniciales del material de sostenimiento*

Elemento		Cantidad referencial	Costo unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
Postes de madera	(und)	8	80	640
Soleras	(und)	4	60	240
Tablones de refuerzo	(und)	6	45	270
Clavos y pernos	(kg)	5	18	90
Total				1,240
Arco metálico	(und)	2	467	934
Planchas corrugadas	(und)	6	135	810
Pernos de anclaje	(und)	8	16	128
Total				1,872

En tabla 2 se muestra la desagregación de los costos de los materiales necesarios para la implementación de los sistemas de sostenimiento tipo madera y tipo cimbra metálica en el macizo rocoso de la unidad minera; en el caso del sostenimiento la madera el costo de instalación S/.1240.00 donde el mayor gasto corresponde a los postes de madera, seguido de solera, tablones y clavos.

En el caso de realizar el sostenimiento con cimbra metálica presenta un costo total de S/1,872 siendo los arcos metálicos el componente de mayor costo, seguido las planchas corrugadas y los pernos de anclaje. Estos resultados muestran que el sostenimiento con cimbra metálica requiere de una mayor inversión en materiales comparado con el sostenimiento de madera, debido principalmente al uso de elementos estructurales metálicos.

Tabla 3. *Desagregación de costos de transporte del sostenimiento*

Tipo de sostenimiento	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
Cuadro de madera	Flete externo mina	viaje	1	650	650
	Manipuleo	día	1	100	100
	Total transporte madera				750
Cimbra metálica	Flete especializado	viaje	1	1,300	1,300
	Manipuleo	día	1	400	400
	Total transporte de cimbra				1,700

Nota: Registro de datos obtenido para el estudio

La tabla 3 corresponde a los costos de transporte, en donde se muestra las diferentes logísticas entre ambos sistemas de sostenimiento muestran que el cuadro de madera tiene un costo total de 750 soles en donde ya se incluye el flete externo a la mina. En cambio, el sistema de cimbra metálica presenta un costo de transporte significativamente mayor, alcanzando 1,700 soles debido al uso de flete especializado con un costo de 1,300. esta diferencia se debe principalmente al mayor peso y características estructurales del material metálico, lo que exige equipos y condiciones logísticas mas especializadas para su traslado.

Tabla 4. *Desagregación de costos de instalación del sostenimiento*

Tipo de sostenimiento	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
Cuadro de madera	Maestro en madera	día	2	150	300
	Ayudante	día	2	130	260
	Herramientas y desgaste	día	5	40	200
	Total instalación madera				760
Cimbra metálica	Maestro en cimbra / soldador	día	2	180	360
	Ayudante	día	2	150	300
	Equipos y energía	día	3	67	201
	Total instalación cimbra				861

Fuente: Registro de datos obtenido para el estudio

La tabla 4 presenta la tabla de los costos de instalación y los recursos humanos y técnicos necesarios para la colocación de los sistemas de sostenimiento. En el caso de la madera el costo de instalación asciende a 760 soles, considerando el trabajo de las personas en madera. Por otra parte, el sostenimiento con cimbra metálica presenta un costo de instalación de 861 soles, debido a la participación de personal especializado como el maestro en cimbra o soldador con un costo de 360. Estos datos demuestran que la instalación de la cimbra metálica requiere mayor especialización técnica y equipamiento, lo que incrementa ligeramente los costos respecto al sistema de madera.

Tabla 5. *Desagregación de costos de mano de obra directa del sostenimiento*

Tipo de sostenimiento	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
Cuadro de madera	Supervisor	día	2	400	800
	Personal de apoyo	día	2	200	400
	Total mano de obra madera				1,200
Cimbra metálica	Supervisor	día	2	400	800
	Personal de apoyo	día	2	200	400
	Total mano de obra cimbra				1,200

Nota: Registro de datos obtenido para el estudio

En la tabla 5, se muestra la mano de obra directa de ambos sistemas de sostenimiento, los cuales presentan el mismo costo de estos componentes, con un valor total de 1,200 soles. Estos resultados indican que, independientemente del tipo de sostenimiento utilizado, la estructura organizativa del personal encargado de la supervisión y apoyo en la instalación se mantiene constante, por lo que no se presentan diferencias en los costos de mano de obra directa entre ambos sistemas.

Tabla 6. *Comparación del costo inicial total de los sistemas de sostenimiento*

Tipo de sostenimiento	Material (S/.)	Transporte (S/.)	Instalación (S/.)	Mano de obra (S/.)	Costo total (S/.)
Cuadro de madera	1,240	750	760	1,200	3,950
Cimbra metálica	1,872	1,700	861	1,200	5,633

Nota: Registro de datos obtenido para el estudio

En la tabla 6, se presentan las diferencias entre las muestras que el sostenimiento tipo madera y cimbra presentan, siendo la diferencia entre ambos sistemas de 1,683 soles, siendo la cimbra metálica el sistema con mayor inversión inicial. Esta diferencia presentada se explica principalmente por lo mayores costos de material y transporte requerido para la cimbra metálica, debido a las características estructurales de los

elementos metálicos y a la necesidad de logística especializada para su traslado e instalación.

En base al tercer objetivo específico: Determinar las diferencias en el tiempo de vida útil entre los sostenimientos tipo madera y cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7. *Mínimo de cálculo de vida útil*

Concepto	Madera	Cimbra Metálica	Diferencia
Costo inicial (S/.)	3,950	5,633	1,683
Vida útil (años)	1/2	4	3 1/2
CALCULANDO (S/.)	1,975	22,532	20,557

Según la tabla 7, el calculo de la vida útil mínima presenta la comparación entre el sostenimiento de madera y cimbra metálica considerando el escenario mas conservador de duración del sistema de soporte; el sostenimiento de madera presenta un costo inicial de 3,950 y una vida útil de 0.5 años, mientras que el sostenimiento de cimbra metálica presenta un costo inicial de 5,633 con una vida útil mínima de 4 años.

Si se comprara las veces que se deben realizar los cambios de cada material se refleja que el sostenimiento de madera presenta un menor costo inicial, pero su vida útil es considerablemente menor en comparación con la cimbra metálica, lo que implica la necesidad de reemplazos más frecuentes dentro de las operaciones mineras.

Tabla 8. *Mínimo de cálculo de vida útil*

Concepto	Madera	Cimbra Metálica	Diferencia
Costo inicial (S/.)	3,950	5,633	1,683
Vida útil (años)	2	10	8
CALCULANDO (S/.)	7,900	56,330	48,430

Según la tabla 7, se muestran los cálculos de la vida útil máxima en un escenario donde ambos sistemas de sostenimiento alcanzan su mayor duración estimada; en este caso el sostenimiento de madera presenta una vida útil de 2 años, mientras que la cimbra metálica alcanza una vida útil de 10 años. Los cálculos realizados evidencian que la cimbra metálica presenta una mayor durabilidad estructural, permitiendo periodos mas prolongados de funcionamiento sin necesidad de reemplazo.

Tabla 9. *Comparación de la vida útil de los sostenimientos tipo madera y cimbra*

Tipo de sostenimiento	Vida útil mínima (años)	Vida útil máxima (años)
Cuadro de madera	0.5	2
Cimbra metálica	4	10

En la tabla 8, muestra la comparación de la vida útil entre los sistemas de sostenimiento de madera y cimbra metálica. El sostenimiento de madera presenta una vida útil que varia entre 0.5 y 2 años, mientras que la cimbra metálica presenta una duración considerablemente mayor, con valores entre 4 y 10 años. Estos resultados muestran que la cimbra metálica ofrece mayor durabilidad y estabilidad estructural, lo que reduce la frecuencia de reemplazo del sistema de sostenimiento en las labores mineras.

IV. DISCUSIÓN

Los hallazgos del estudio evidenciaron en la presente investigación que existen diferencias significativas en la vida útil entre los sistemas de sostenimiento en madera y cimbra metálica. Los datos muestran que el sostenimiento de madera presenta una vida útil estimada entre 0.5 y 2 años, mientras que el sostenimiento con cimbra metálica presenta una vida útil considerablemente mayor, con valores entre 4 y 10 años. Estos resultados permiten afirmar que, aunque el sostenimiento de madera presenta menores costos iniciales, su durabilidad es significativamente menor en comparación con la cimbra.

Estos resultados coinciden con lo estudiado por Hoek y Brown (2020) en donde el comportamiento del macizo rocoso y los sistemas de sostenimiento en minería subterránea, indican que las estructuras metálicas presentan mayor resistencia estructural frente a las cargas del macizo rocoso, lo que permite incrementar la estabilidad de las labores mineras y prolongar el tiempo de vida útil del sostenimiento. De igual forma, los autores señalan que los sostenimientos de madera son más susceptibles al deterioro por humedad, presión del macizo rocoso y desgaste por condiciones ambientales propias de la minería subterránea.

Brady y Brown (2021) mencionan que el sostenimiento con tablonés de madera ha sido ampliamente utilizado en operaciones mineras debido a su bajo costo y facilidad de instalación; sin embargo, su vida útil es limitada debido a factores como la degradación del material, la presencia de humedad y las cargas geomecánicas del macizo rocoso. En contraste, las estructuras metálicas como las cimbras presentan mayor durabilidad y capacidad de soporte, permitiendo una mayor estabilidad de las galerías y labores subterráneas.

La investigación realizada por Bieniawski (2022) sobre clasificación geomecánica del macizo rocoso señala que la selección del sistema de sostenimiento debe considerar tanto las condiciones geológicas como la durabilidad del material empleado. El autor destaca que las estructuras metálicas presentan mayor resistencia y estabilidad en macizos rocosos de calidad regular o mala, lo que coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde la cimbra metálica presenta una vida útil considerablemente mayor en comparación con el sostenimiento de madera.

V. CONCLUSIONES

El análisis geomecánico del macizo rocoso permitió determinar que la calidad de la roca presenta valores promedio de RQD en 50, lo que corresponde a una calidad de roca regular, mientras que el GSI presenta un promedio de 45, indicando condiciones geológicas entre muy bajas y regulares. De igual forma el índice Q de Barton presentó promedios altos, evidenciando una variabilidad considerable en la calidad del macizo rocoso. Estas características geomecánicas permitieron identificar que el macizo rocoso presenta condiciones que requieren sistemas de sostenimiento adecuados para garantizar la estabilidad de las labores minera.

El análisis comparativo de los costos evidencio que el sostenimiento tipo madera presenta costos iniciales de 3,950, mientras que el sostenimiento con cimbra metálica alcanza un costo de 5,633, registrando una diferencia de 1,683 soles entre ambos sistemas. Estos resultados demuestran que el sostenimiento de madera representa una alternativa de menor inversión inicial, mientras que la cimbra metálica requiere mayores costos debido al valor de material y al transporte de estos materiales.

La vida útil y su análisis determino que los sistemas de sostenimiento evidenciaron que la madera presenta una duración estimada entre 0.5 y 2 años, mientras que la cimbra metálica presenta una vida útil entre 4 y 10 años. Estos resultados indican que la cimbra metálica ofrece una mayor durabilidad y resistencia estructural, lo que reduce la frecuencia de reemplazo del sistema de sostenimiento en comparación con el de madera.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar realizando evaluaciones de la geomecánica del macizo rocoso a través del uso de las diferentes metodologías como RQD, GIS y Q de Barton, con el fin de monitorear las condiciones estructurales del macizo y garantizar con ello la selección adecuada de los sistemas de sostenimiento en las labores mientras.

Se recomienda que las empresas mineras realicen una evaluación comparativa de los costos antes de seleccionar el sistema de sostenimiento, considerando no solo el costo inicial, si no también los costos asociados al mantenimiento, reemplazo y operación a largo plazo en el tiempo.

Es recomendable priorizar el uso de sostenimientos con mayor vida útil, como las cimbras metálicas, especialmente en zonas donde el macizo rocoso presenta condiciones geomecánicas desfavorable so donde se requiera una mayor estabilidad estructural en las labores subterráneas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTON, N. (1976). The shear strength of rock joints. Barton, creador del sistema Q de clasificación, argumenta que el sostenimiento debe considerar la rugosidad de las discontinuidades en el macizo rocoso, un factor clave en la inestabilidad.

BIENIAWSKI, Z. T. (1989). Engineering Rock Mass Classifications: A Practical Guide for Engineers. Bieniawski es el creador del RMR (Rock Mass Rating), una de las clasificaciones geomecánicas más utilizadas a nivel mundial. Su trabajo enfatiza que un diseño de sostenimiento debe estar basado en la calidad del macizo rocoso.

CALDERÓN, M. (2018) Caracterización geomecánica para la determinación del tipo de sostenimiento en la galería gavián de oro de la UEA Ana María – 2018. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Altiplano] <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8409?show=full>

CHUYES, F. (2019) Aplicación de la clasificación geomecánica del Q de Barton para la elección del sostenimiento en mina Santa Clotilde 7- Chongoyape. [Tesis de Titulación, Universidad César Vallejo] <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35213>.

GESTIÓN (2020, agosto 20) Minería puede ser el salvavidas para economía peruana en recesión. <https://gestion.pe/economia/mineria-puede-ser-el-salvavidas-para-economia-peruana-en-recesion-noticia/>

HOEK, E. & Brown, E. T. (1997). Practical Rock Engineering. Este es un texto fundamental en la ingeniería de rocas que subraya la importancia de la clasificación de macizos rocosos y el diseño de sostenimiento basado en principios geomecánicos sólidos.

HOEK, E., & Brown, E. T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 34(8), 1165-1186. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136516099700007X>

http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/387/1/T026_46015660_T.pdf

HUAMÁN, J. y Huamanlazo, Y. (2019). Mejoramiento del proceso constructivo para corte de taludes en tajo abierto, Mina Rosarina (Tesis de pregrado).

https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2595/T030_43957158_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

JUÁREZ, M. (s.f) Método Raise Boring. Scrib. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/424033979/METODO-RAISE-BORING>

LOARTE, O. (2018) Geomecánica para el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la corporación minera Toma La Mano – CORMITOMA S.A. – año 2018. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo] <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2383>

LOZADA, J. (2014) Investigación aplicada. Revista CienciAmérica, 3, (1), 47-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

MEZA, J. (2018). Evaluación geomecánica de la masa rocosa en el análisis del modelamiento de cuerpos mineralizados del nivel 10 al nivel 8 Compañía Minera Casapalca (Tesis de pregrado).

MINE SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (MSHA) 2023: Para las estadísticas de EE.UU., se puede consultar el sitio oficial de la MSHA: www.msha.gov.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MINEM), Perú. Reporte anual de accidentes en la minería subterránea 2023. [El informe es de acceso interno en la web del MINEM, no hay un enlace público directo, pero se puede solicitar el acceso o consultar un resumen en su página oficial].

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT): En 2019, la OIT publicó un informe sobre seguridad y salud en el trabajo en la minería, destacando los riesgos geomecánicos. Puedes encontrar el informe en su sitio web: www.ilo.org.

PALMSTROM, A., & Broch, E. (2006). The Rock Mass Rating (RMR) system and the Q-system: a review. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 132(10), 1261-1270. Disponible en: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9410%282006%29132%3A10%281261%29>

RICSE, K.O. (2020). Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de roca en mina Paola (Tesis de pregrado). http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/387/1/T026_46015660_T.pdf

SOCIEDAD INTERNACIONAL DE MECÁNICA DE ROCAS (ISRM). ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 2007-2014. ISRM International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering. [Libro/Compendio de

métodos de libre acceso en su web, con la posibilidad de consultar documentos específicos]. Disponible en:

https://www.isrm.net/publications/suggested_methods_booklet.asp

TIGRE, M. (2016) Estudio de las características geomecánicas del macizo rocoso en la construcción del túnel Papallacta del proyecto hidroeléctrico Quijos. [Tesis de Titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4907>

VALENCIA, E.W.. (2021). Evaluación geomecánica de la masa rocosa en el análisis del modelamiento de cuerpos mineralizados del nivel 10 al nivel 8 Compañía Minera Casapalca (Tesis de pregrado). https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6191/T010_70117412_T%20-%20Ricse%20jeremias.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VELASCO, E. (2016) Diseño de sostenimiento en base a la caracterización geomecánica del macizo rocoso en el sector vetilla 1 subniveles 1 y 2 de sociedad minera liga de oro [Tesis de Titulación, Universidad Central del Ecuador] <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6292>

VILCAPOMA, A. (2020). Evaluación geomecánica de la estructura mineralizada veta 23 en el modelamiento del dimensionamiento de tajeo y pilar de seguridad en la compañía minera Milpo S.A.A. unidad [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2076>

VILLANUEVA, E. (2018). Diseño de sostenimiento dinámico para mitigar los estallidos de rocas (Tesis de maestría).

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16529/Valencia_ch

[e.pdf?sequence=1](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16529/Valencia_ch) Bieniawski, Z. T. (1989). Engineering rock mass classifications: a practical guide for engineers. John Wiley & Sons. [No aplica enlace, libro físico].

Hilasaca Mamani, A. (2024). Evaluación geomecánica para determinar el diseño de sostenimiento en la galería principal, mina San Juan Cién, Lampa–Puno [Tesis de título profesional, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional UNAP.

Sánchez Peña, J. L. (2023). Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la determinación del tipo de sostenimiento en la galería 570 nivel 0 en la mina Chaparral – Arequipa. Universidad Nacional de Cajamarca.

Sociedad Peruana de Geoingeniería. (2021). Aplicaciones del índice Q en sostenimiento minero. <https://geoingenieria.org.pe/2021/programa>

Martínez Pajares, F. E., & Izquierdo Linares, M. A. (2024). Análisis geomecánico para el diseño de sostenimiento de una labor subterránea en Callacpuma. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/40590>

Morales Valdivia, J. A., Osorio Valdivia, J. G., & Machaca Quispe, N. M. (2023). Diseño de sostenimiento subterráneo utilizando el análisis mecánico estructural. Universidad Tecnológica del Perú.

Hansen, T. F., Erharter, G. H., Liu, Z., & Torresen, J. (2024). A comparative study on machine learning approaches for rock mass classification using drilling data. arXiv.

Valencia, C., Llumigusín, A., Álvarez, S., Arias, A., & Mejía-Escobar, C. (2025). Automatización de informes geotécnicos para macizos rocosos con IA. arXiv.

Osorio Valdivia, J. G., & Machaca Quispe, N. M. (2023). Diseño de sostenimiento subterráneo utilizando el análisis mecánico estructural para el túnel 4225 del sector Misahuanca, Orcopampa, Arequipa – 2022 [Tesis de título profesional, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP.

Zhang, C., Jia, S., Hua, Y., & Song, Q. (2025). Research progress of my 3D geological modeling: Principle, method and application. Mining Technology.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema General	Hipótesis general	Objetivo general	Variables
¿Cuál es la diferencia entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025?	Existe diferencia significativa entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.	Determinar la diferencia entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.	Sostenimiento
Problemas específicos ¿Cuáles son las características geomecánicas del macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025?	Hipótesis específicas:	Objetivos específicos: Describir las características geomecánicas del macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.	D1: Costos
¿Cuáles es la diferencia de costos entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025?	Existe diferencia significativa de costos entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.	Determinar la diferencia de costos entre los sostenimientos tipo madera y cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.	D2: Vida Útil
¿Cuáles es la diferencia en el tiempo de vida útil entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025?	Existe diferencia significativa de vida útil entre los sostenimientos tipo madera y tipo cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.	Determinar la diferencia de la vida útil entre los sostenimientos tipo madera y cimbra para el macizo rocoso de una unidad minera en Pomachay, Pataz, 2025.	

Nota: Diseño de investigación: Descriptivo comparativo

Anexo 2: Cuadro de operacionalización variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones
Sostenimiento	El sostenimiento es el conjunto de estructuras instaladas en excavaciones subterráneas para mantener la estabilidad del macizo rocoso y prevenir fallas o desprendimientos, garantizando la seguridad y continuidad de las operaciones (Hoek & Brown, 2020).	Se compararán los tipos de sostenimiento (madera y cimbra) analizando su tiempo de vida útil y su costo y se medirán mediante fórmulas específicas	Costo
			Tiempo de vida útil

Anexo 3: Panel fotográfico



IMAGEN 1

La imagen muestra el interior subterráneo de la mina de sección $3\text{m} \times 3\text{m}$, reforzado con anillos metálicos y láminas de acero ondulado.



IMAGEN 2

La imagen muestra el interior subterráneo de la mina, tiene estructuras metálicas en forma de arco y láminas onduladas de acero que protegen el techo y las paredes.



IMAGEN 3

La imagen muestra el acceso principal de la labor minera subterránea en la bocamina cuenta con elementos visibles de sostenimiento y señalización.



IMAGEN 4

La imagen muestra el compromiso de una mejora en conocimientos en el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo.



IMAGEN 5

La imagen muestra el mapeo geomecánico



IMAGEN 6

La imagen muestra la medición de buzamiento y rumbo, evaluación de estabilidad del macizo

Anexo 04: Reporte de Turnitin

Facultad De INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

1 INFORME DE TESIS - MALDONADO RAMOS

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:568907174

Fecha de entrega

18 mar 2026, 19:50 GMT

Fecha de descarga

18 mar 2026, 21:50 GMT

Nombre del archivo

1 INFORME DE TESIS - MALDONADO RAMOS.docx

Tamaño del archivo

3.5 MB

44 páginas

11.052 palabras

62.192 caracteres

15% 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

- 12%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 13%  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

- 12% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 13% 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	Universidad Cesar Vallejo on 2020-06-28	2%
2	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2025-09-28	2%
3	Internet	repositorio.uct.edu.pe	1%
4	Internet	repositorio.unap.edu.pe	1%
5	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2025-08-01	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-05	<1%
7	Internet	hdl.handle.net	<1%
8	Internet	repositorio.undac.edu.pe	<1%
9	Internet	tesis.unap.edu.pe	<1%
10	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2026-02-26	<1%
11	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-24	<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad de los Hemisferios on 2025-05-22	<1%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2022-05-14	<1%
14	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE on 2024-10-03	<1%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-06	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-10	<1%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2018-10-04	<1%
18	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2025-12-04	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universidad Catolica de Trujillo on 2025-06-13	<1%
20	Internet	www.coursehero.com	<1%
21	Internet	www.scielo.br	<1%
22	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2025-09-06	<1%
23	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
24	Internet	www.repsi.org	<1%
25	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	<1%

26	Internet	www.revista.ister.edu.ec	<1%
27	Trabajos del estudiante	Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2025-03-14	<1%
28	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2026-01-10	<1%
29	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2025-11-28	<1%
30	Internet	bdigital.unal.edu.co	<1%
31	Internet	1library.co	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-05	<1%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Moquegua on 2025-12-10	<1%
34	Internet	www.ila.org.pe	<1%
35	Internet	21155268.fs1.hubspotusercontent-na1.net	<1%
36	Publicación	Mercado Ayamamani, Nestor Omar. "Caracterización físico química de materiales..."	<1%
37	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2017-07-04	<1%
38	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2023-08-21	<1%
39	Internet	dspace.utpl.edu.ec	<1%

40	Internet	es.slideshare.net	<1%
41	Internet	www.diputados.gob.mx	<1%
42	Publicación	Miranda Miranda, Denis Alex. "Caracterización geomecánica para el sostenimient...	<1%
43	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2021-07-21	<1%
44	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2017-05-31	<1%
45	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2023-02-02	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-07-25	<1%
47	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac on 2026-01-14	<1%
48	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Trujillo on 2021-10-15	<1%
49	Internet	dspace.unitru.edu.pe	<1%
50	Internet	patents.google.com	<1%
51	Internet	repositorio.unasam.edu.pe	<1%
52	Internet	repositorio.unp.edu.pe	<1%
53	Internet	repositorio.upla.edu.pe	<1%

54 Trabajos del
estudiante
uncedu on 2025-01-05

<1%

Facultad De INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

1 INFORME DE TESIS - MALDONADO RAMOS

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:568907174

Fecha de entrega

18 mar 2026, 19:50 GMT

Fecha de descarga

18 mar 2026, 21:50 GMT

Nombre del archivo

1 INFORME DE TESIS - MALDONADO RAMOS.docx

Tamaño del archivo

3.5 MB

44 páginas

11.052 palabras

62.192 caracteres

0 % detectado como IA

El porcentaje indica la cantidad de texto calificado en la entrega que probablemente se generó usando IA.

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 resaltará 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.

