

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

ECONÓMICAS, CONTABLES Y ADMINISTRATIVAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN RADAR DE MONITOREO DE
TALUDES Y LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA MINERA SGE
EN EL DISTRITO DE HUAMACHUCO, PROVINCIA DE
SÁNCHEZ CARRIÓN, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD
PERIODO 2023 - 2024**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: ADMINISTRACIÓN Y GERENCIA EMPRESARIAL

Presentada por:

JHAN MARCO DÍAZ DÍAZ

Asesora:

Dra. JANETH ESTHER NACARINO DÍAZ

Cajamarca, Perú

2025



**Universidad
Nacional de
Cajamarca**
"Norte de la Universidad Peruana"



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Jhan Maco Díaz Díaz
DNI: 71292491
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Administración y Gerencia Empresarial
2. Asesora: Dra. Janeth Esther Nacarino Díaz
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☒ **Maestro** ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ **Tesis** ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Implementación de un radar de monitoreo de taludes y la rentabilidad de la Empresa Minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de la Libertad periodo 2023-2024
6. Fecha de evaluación: **06/10/2025**
7. Software antiplagio: ☒ **TURNITIN** ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **12%**
9. Código Documento: **3117:508574805**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ **APROBADO** ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **20/11/2025**

Firma y/o Sello Emisor Constancia
 Dra. Janeth Esther Nacarino Díaz DNI: 17824415

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 by
JHAN MARCO DÍAZ DÍAZ
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 horas del día 16 de setiembre de dos mil veinticinco, reunidos en el Aula IQ-107 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por *el Dr. EDWARD FREDY TORRES IZQUIERDO, el Dr. VÍCTOR HUGO DELGADO CÉSPEDES, el Dr. EDWIN HORACIO FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ*, y en calidad de Asesor la *Dra. JANETH ESTHER NACARINO DÍAZ*. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y la Directiva para la Sustentación de Proyectos de Tesis, Seminarios de Tesis, Sustentación de Tesis y Actualización de Marco Teórico de los Programas de Maestría y Doctorado, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN RADAR DE MONITOREO DE TALUDES Y LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA MINERA SGE EN EL DISTRITO DE HUAMACHUCO, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD PERIODO 2023-2024"**; presentada por el **Bachiller en Ingeniería de Minas JHAN MARCO DÍAZ DÍAZ**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR con la calificación de Diecisiete (17) Excelente la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bachiller en Ingeniería de Minas JHAN MARCO DÍAZ DÍAZ**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Económicas, Contables y Administrativas, con Mención en **ADMINISTRACIÓN Y GERENCIA EMPRESARIAL**.

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dra. Janeth Esther Nacarino Díaz
Asesor

.....
Dr. Edward Fredy Torres Izquierdo
Jurado Evaluador

.....
Dr. Víctor Hugo Delgado Céspedes
Jurado Evaluador

.....
Dr. Edwin Horacio Fernández Rodríguez
Jurado Evaluador

A:

A mi familia, y de manera especial a mi hijo Íhan Santino Díaz Robles, por ser mi principal motivación para seguir creciendo profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Cajamarca por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios en Posgrado.

A mi asesora por su apoyo y contribución.

"El monitoreo continuo y la evaluación son fundamentales para mejorar cualquier proceso" (William Edwards Deming).

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Contextualización.....	1
1.1.2. Descripción del problema.....	3
1.1.3. Formulación del problema	4
1.2. Justificación e importancia.....	5
1.2.1. Justificación Científica	5
1.2.2. Justificación técnica-práctica	5
1.2.3. Justificación institucional y personal	6
1.3. Delimitación de la investigación	6
1.4. Limitaciones	6
1.5. Objetivos de la investigación.....	6
1.5.1. Objetivo general:.....	6
1.5.2. Objetivos específicos:	7
CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco legal.....	8
2.2. Antecedentes de la investigación.....	8
2.3. Bases Teóricas	13
2.4. Marco conceptual	16
2.4.1. Radar de monitoreo de taludes	16
2.4.2. Implementación de radar de monitoreo de taludes.....	19
2.4.3. Procedimientos para implementar un radar de monitoreo de taludes.....	19
2.4.4. Características de los radares de monitoreo de taludes	30
2.4.5. Generación de alertas y reportes a partir del monitoreo con radar	33
2.4.6. Rentabilidad de empresas mineras.....	35
2.4.7. Rentabilidad financiera	38
2.5. Definición de términos básicos	46

CAPITULO III.....	51
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	51
3.1. Hipótesis	51
3.1.1. <i>Hipótesis general:</i>	51
3.1.2. <i>Hipótesis específicas:</i>	51
3.2. Variables.....	51
3.3. Operacionalización de los componentes de las hipótesis	52
CAPITULO IV	55
MARCO METODOLÓGICO.....	55
4.1. Ubicación Geográfica	55
4.2. Diseño de la investigación	56
4.3. Métodos de investigación	57
4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación	57
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información	59
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	61
4.7. Matriz de consistencia metodológica	61
 CAPÍTULO V	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
5.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados.	64
5.1.1. <i>Análisis descriptivo de la variable implementación de un radar.....</i>	<i>64</i>
5.1.2. <i>Análisis descriptivo de la dimensión procedimientos para implementar un radar</i>	<i>65</i>
5.1.3. <i>Análisis descriptivo de la dimensión características de los radares</i>	<i>66</i>
5.1.4. <i>Análisis descriptivo de la dimensión generación de alertas y reportes.....</i>	<i>67</i>
5.1.5. <i>Análisis descriptivo de la variable rentabilidad de la empresa minera SGE</i>	<i>68</i>
5.1.6. <i>Análisis de los estados financieros de la empresa minera SGE</i>	<i>69</i>
5.2. Contrastación de hipótesis	75
5.2.1. <i>Contrastación de la hipótesis general</i>	<i>76</i>
5.2.2. <i>Contrastación de las hipótesis específicas</i>	<i>78</i>
 CONCLUSIONES	84
SUGERENCIAS	86

REFERENCIAS.....	88
APENDICES.....	93
ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Umbrales de alertas para radar de monitoreo de taludes	34
Tabla 2: Operacionalización de los componentes de las hipótesis	53
Tabla 3. Muestra seleccionada	58
Tabla 4. Datos de los validadores.....	60
Tabla 5. Resumen del proceso de casos	60
Tabla 6. Estadísticas de fiabilidad de la variable implementación de un radar	60
Tabla 7 Estadísticas de fiabilidad de la variable rentabilidad de la empresa minera SGE.....	61
Tabla 8: Matriz de consistencia metodológica.....	62
Tabla 9: Estado de Situación Financiera	69
Tabla 10: Estado de Resultados	72
Tabla 11: Fórmula del ROA	73
Tabla 12: Cálculo del ROA	73
Tabla 13: Fórmula del ROE.....	74
Tabla 14: Cálculo del ROE.....	74
Tabla 15: Resumen de procesamiento de variables	75
Tabla 16: Prueba de normalidad	75
Tabla 17: Correlación entre implementación de un radar y la rentabilidad de la empresa minera SGE	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Radar SSR 802 implementado en SGE	21
Figura 2. Ubicación del proyecto minero	55
Figura 3. Análisis variable implementación de un radar	64
Figura 4. Análisis dimensión procedimientos para implementar un radar	65
Figura 5. Análisis dimensión características de los radares.....	66
Figura 6. Análisis dimensión generación de alertas y reportes.....	67
Figura 7. Análisis variable rentabilidad de la empresa minera SGE.....	68

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo analizar la relación de la implementación de un radar de monitoreo de taludes con la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad en el periodo 2023-2024. Esta investigación es de tipo básica, según su enfoque cuantitativo, de alcance correlacional, de diseño no experimental y, por su temporalidad transeccional-transversal; utiliza los métodos inductivo deductivo y analítico-sintético. La población y muestra de estudio estuvo conformada por 196 trabajadores y la muestra 25 trabajadores del nivel de jefatura. Se concluye que: La implementación del radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE demostró ser una estrategia eficaz para mejorar tanto la seguridad operativa como la rentabilidad de la empresa. Los análisis financieros y operativos realizados entre los años 2023 y 2024 evidencian un impacto positivo en los indicadores clave de rentabilidad, lo cual refleja una optimización en el uso de los activos y una mayor eficiencia en las operaciones.

Palabras clave: radar de monitoreo de taludes, rentabilidad.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the relationship of the implementation of a slope monitoring radar on the profitability of the mining company SGE in the district of Huamachuco, province of Sánchez Carrión, department of La Libertad during the 2023–2024 period. This is a basic research study, with a quantitative approach, correlational scope, non-experimental design, and cross-sectional temporality; it employs inductive-deductive and analytical-synthetic methods. The population and sample consisted of 196 workers, with a sample of 25 supervisory-level employees. The study concludes that: the implementation of the slope monitoring radar at the SGE mining company proved to be an effective strategy for improving both operational safety and company profitability. The financial and operational analyses conducted between 2023 and 2024 show a positive impact on key profitability indicators, reflecting optimized asset use and greater operational efficiency.

Key words: slope monitoring radar, profitability.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

La caída de rocas en las minas es uno de los principales motivos de muerte, lesiones graves y de pérdidas económicas directas e indirectas que pueden fácilmente exceder millones de dólares.

El radar escanea continuamente en tiempo real la pared del talud, alertando a los usuarios de movimientos que van desde pequeñas caídas de rocas hasta toneladas de material, permitiendo desarrollar en forma continua todas las actividades asociadas a la extracción del mineral y por ende obtener ganancias económicas trabajando con seguridad. (Harries, Noon y Pritchett, 2009)

La gestión de los riesgos vinculados a la inestabilidad de taludes resulta fundamental en las operaciones seguras y eficientes de minas a cielo abierto. En diversas minas a nivel mundial, se han implementado más de 80 radares para monitoreo de taludes (SSR, por sus siglas en inglés) con el propósito de abordar y controlar estos riesgos. Actualmente, esta tecnología se considera la práctica óptima en la industria minera a nivel mundial para gestionar taludes inestables. Estos sistemas permiten a numerosas operaciones mineras obtener beneficios en términos de productividad, planificación y seguridad. (Harries et al., 2009)

Los primeros radares fueron implementados en las operaciones mineras de Australia, Estados Unidos y África, entre los años 2005 al 2010 como es el caso de la Compañía Thompson Creek Mining que optó por comprar un radar para monitoreo de taludes (SSR) de GroundProbe en julio de 2008. El radar identificó en octubre del mismo año el colapso de la falla de manera anticipada (unos días antes) permitiendo a que

Thompson Creek poder despejar al personal y a los equipos de la zona y lograra que ningún empleado saliera herido y ningún equipo fuera afectado por 70 000 toneladas de material. La Mina Smoky Canyon, utilizó el Radar SSR para monitorear una zona que consideraba de alto riesgo (Harries et al., 2009). El Radar proporcionó alertas tempranas mientras se continuaba con la extracción de material. Asimismo, en el Perú las grandes minas implementaron los primeros radares en sus unidades y continúan utilizando la tecnología SSR para hacer seguimiento al comportamiento de sus taludes. Antapaccay cuenta con un Sistema de Vigilancia Geotécnica desde el año 2008. Así como la mina antes mencionada, los primeros en utilizar esta tecnología fueron Soutther Perú, Minera Yanacocha, Minera Barrick Misquichilca, Compañía Minera Antamina, Sociedad Minera Cerro verde, Las Bambas, Hudbay Perú, Minera Chinalco, Sociedad Minera El Brocal. Actualmente casi todas las minas a cielo abierto (gran y mediana minería) de nuestro país utilizan la tecnología SSR.

La implementación de tecnologías avanzadas de monitoreo, como los radares, influye directamente en la rentabilidad de las operaciones mineras. La prevención de fallas catastróficas y la optimización de las operaciones mediante el monitoreo continuo contribuyen a la reducción de costos y al aumento de la productividad. Además, las empresas que adoptan estas tecnologías pueden mejorar su reputación en términos de seguridad y sostenibilidad, lo que puede tener beneficios adicionales en términos de acceso a capital y relaciones con la comunidad.

El incremento de la rentabilidad en una empresa no solo repercute positivamente en los empresarios, sino también en todos los trabajadores y empleados. El mejoramiento de la rentabilidad permite crear mejores condiciones laborales, ofrecer recompensas más generosas y proporcionar mayores oportunidades a los empleados. Estos factores, a su vez, incrementan la satisfacción en el trabajo y motivan a los trabajadores a ser más

productivos y comprometidos. Este ciclo virtuoso, donde la rentabilidad, la productividad y la competitividad se retroalimentan, es esencial para el crecimiento sostenible y el éxito a largo plazo de una empresa. Además, una empresa rentable tiene la capacidad de invertir en su propio crecimiento, lo que puede conducir a la expansión de las operaciones, la creación de nuevos puestos de trabajo y un impacto económico más amplio en la comunidad en su conjunto (Mendez, 2012).

1.1.2. Descripción del problema

La gestión de riesgos en minas a cielo abierto es fundamental para asegurar tanto la seguridad de las operaciones como la sostenibilidad económica de la empresa. Uno de los principales riesgos geotécnicos es la estabilidad de los taludes, ya que los deslizamientos pueden ocasionar interrupciones operativas, pérdidas materiales, y, en casos graves, daños a la infraestructura y al personal. Estas fallas impactan directamente en la rentabilidad de la mina al generar costos adicionales y reducir la eficiencia operativa.

Tradicionalmente, los métodos de monitoreo de taludes han sido limitados en su capacidad de anticipación y precisión, lo que aumenta la probabilidad de incidentes costosos. Ante esta situación, se implementó un radar de monitoreo de taludes en la mina SGE en el distrito de Huamachuco en 2023. Este radar permite un monitoreo continuo, preciso y en tiempo real, ofreciendo la posibilidad de detectar movimientos geotécnicos tempranamente y tomar decisiones oportunas para mitigar riesgos. Sin embargo, la inversión de esta tecnología también implica costos significativos, lo que hace necesario evaluar la relación con los estados financieros del antes y después para determinar si los beneficios superan a los costos.

Actualmente, no se cuenta con un análisis detallado que evidencie la relación entre la implementación del radar y la evolución de los estados financieros de la empresa, en particular el estado de resultados y el estado de situación financiera, antes y después de

su aplicación. Examinar esta relación resulta fundamental para sustentar la inversión y para establecer con claridad el vínculo entre la mejora en la gestión de riesgos geotécnicos y la rentabilidad general de la mina.

Este estudio busca, por lo tanto, analizar la relación de la implementación del radar con la rentabilidad de la empresa minera, considerando tanto los beneficios económicos directos, como la reducción de costos operativos y la mejora en la seguridad, como los beneficios indirectos en términos de continuidad de las operaciones y optimización de los recursos.

1.1.3. *Formulación del problema*

Problema general

¿De qué manera se relaciona la implementación de un radar de monitoreo de taludes con la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024?

Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son las características del proceso de implementación de un radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024?
- b) ¿Cuál es el nivel de rentabilidad en la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 antes de la implementación del radar de monitoreo de taludes?
- c) ¿Cuál es el nivel de rentabilidad en la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 después de la implementación del radar de monitoreo de taludes?

1.2. Justificación e importancia

1.2.1. *Justificación Científica*

La investigación se justifica teóricamente en la necesidad de mejorar el monitoreo de taludes en la industria minera, específicamente en el distrito de Huamachuco. Basándose en la teoría de recursos y capacidades, se argumenta que la implementación de tecnologías avanzadas como el radar que puede proporcionar una ventaja competitiva al detectar y gestionar riesgos de manera más eficaz. Además, se incorporan la teoría de la rentabilidad financiera y la teoría del valor compartido para explorar cómo el uso de esta tecnología puede no solo mejorar la seguridad y eficiencia operativa, sino también contribuir a la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo de las operaciones mineras en el contexto local. Además, a través de la investigación, se espera que se puedan identificar nuevas perspectivas teóricas y se pueda mejorar la comprensión del tema.

1.2.2. *Justificación técnica-práctica*

Esta investigación tiene un valor técnico-práctico porque aporta evidencia sobre el impacto que tiene la implementación de un radar de monitoreo de taludes en la rentabilidad de una operación minera. Desde el punto de vista técnico, permite sustentar la utilidad de esta herramienta como una solución efectiva para la gestión geotécnica y la prevención de deslizamientos en zonas inestables. Además, desde la práctica operativa, los resultados obtenidos pueden orientar la toma de decisiones en la asignación de inversiones en tecnología de monitoreo, contribuyendo a reducir riesgos, evitar pérdidas económicas, proteger la infraestructura y optimizar los costos asociados a paralizaciones no planificadas. Así, la investigación no solo aporta conocimiento académico, sino también soluciones concretas aplicables al contexto minero.

1.2.3. *Justificación institucional y personal*

La investigación sirve como base para futuros trabajos referentes a la línea de investigación, permitirá profundizar conocimientos respecto al tema y a la vez obtener el grado de maestro en ciencias.

1.3.Delimitación de la investigación

- a) **Delimitación Espacial:** La investigación se ejecutó en una minera ubicada en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad.
- b) **Delimitación Temporal:** El periodo de desarrollo del estudio fue en el año 2023 y 2024.

1.4.Limitaciones

Uno de los principales desafíos fue la obtención de los estados de resultados y el estado de situación financiera de la empresa, documentos clave para evaluar la rentabilidad y el impacto económico de la implementación del radar de monitoreo de taludes. A pesar de los esfuerzos realizados, este proceso resultó complejo, debido a la necesidad de solicitar repetidamente la información a través de correos electrónicos. Finalmente, y tras una serie de gestiones de comunicación, fue posible acceder a estos documentos, permitiendo la inclusión de los análisis necesarios en este estudio.

1.5.Objetivos de la investigación

1.5.1. *Objetivo general:*

Analizar la relación de la implementación de un radar de monitoreo de taludes con la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024.

1.5.2. *Objetivos específicos:*

Describir las características de los procedimientos de implementación de un radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024.

Establecer el nivel de rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024, antes de la implementación del radar de monitoreo de taludes.

Establecer el nivel de rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024, después de la implementación del radar de monitoreo de taludes.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.Marco legal

D.S N° 024-2016 EM, modificado por D.S N° 023-2017 EM, Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, ya que tiene como propósito prevenir la ocurrencia de incidentes, incidentes peligrosos, accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, promoviendo una cultura de prevención de riesgos laborales en la actividad minera, alineado a los propósitos del radar de monitoreo de taludes y por ende con la determinación de mejorar la rentabilidad de las empresas mineras.

2.2.Antecedentes de la investigación

López (2022) en su investigación internacional: *Aplicación de técnicas de interferometría radar satélite al análisis de estabilidad de taludes en zonas mineras*. Se presenta como: Diseño de la investigación: Experimental. Tipo de la Investigación: Aplicada. Considerándose como Población las minas Sierra Minera, Las Cruces y El Feixolín y como muestra: Los taludes de cada una de estas minas. Tiene como objetivo el desarrollo y la aplicación de una metodología de monitorización, análisis y modelización de inestabilidades y roturas de talud en zonas mineras, con la finalidad de reducir el riesgo asociado a estos peligros geológico-mineros. Finalmente, concluye que los resultados derivados de la aplicación de la metodología propuesta en los casos de estudio indican la eficacia de las técnicas InSAR satélite para investigar las inestabilidades y rupturas de talud en la industria minera tanto a nivel regional, como lo demuestran los hallazgos en la Sierra Minera, como a nivel local, como se refleja en los resultados obtenidos en Las Cruces y El Feixolín. Este estudio verificó que estas técnicas brindan un rendimiento excepcional en la evaluación de tales fenómenos, ya que permiten

abarcó áreas extensas de terreno, incluso de cientos de kilómetros cuadrados, con una alta densidad de mediciones y una precisión del orden de milímetros. De esta manera se logró monitorear y asegurar la vida de los trabajadores y la continuidad operativa de las minas sin interrupciones por deslizamientos.

Strydom (2022) en su investigación internacional: *Utilising interferometric synthetic aperture radar and ground-based radar data to predict time to failure and to calibrate numerical models on an opencast coal mine*. Se presenta como: Diseño de la investigación: Experimental. Tipo de la Investigación: Aplicada. Considerándose como Población la mina New Vaal Colliery y como muestra: Los taludes. Tiene como objetivo complementar el monitoreo con radar RAR que se tenía en mina, con un monitoreo satelital (inSAR) para identificar taludes potencialmente inestables sin movilizar los radares terrestres y obtener un modelo predictivo de falla. Finalmente, concluye que las predicciones del tiempo de fallo del radar RAR es significativamente más confiable, reafirmando la importancia de tener un monitoreo en tiempo real. Además, el desplazamiento medido por el radar terrestre se correlacionó muy bien con la magnitud y posición de desplazamiento predecido por el software de modelo numérico FEM.

Niekrasz (2018) en su investigación internacional: *Review of radar system performance and estimation of slope deformation threshold values for the Leveäniemi open pit*. Se presenta como: Diseño de la investigación: Experimental. Tipo de la Investigación: Aplicada. Considerándose como Población la mina Leveäniemi y como muestra: Los taludes. Tiene como objetivo definir el rango de valores (umbral) en el que pueda operar el SSR en la mina a cielo abierto de Leveäniemi y con esto aumentar la comprensión del funcionamiento del sistema SSR analizando varios casos de estudios, además de establecer procedimientos operativos después de completar los análisis de las propiedades del macizo rocoso de el tajo y los parámetros de diseño utilizados. Concluye

que el sistema de monitoreo SSR puede proporcionar datos confiables sobre deformaciones de los taludes de la mina y se puede utilizar para ayudar en la predicción de fallas del talud. Destaca que el sistema SSR es sólo una herramienta que recopila los datos y que lo más importante en este proceso es la interpretación de los datos que el ingeniero de geotecnia/mecánica de rocas tiene que dar para poder definir cuándo cambia el comportamiento de los taludes y predecir si ocurrirá una falla y estimar la fecha de fallo, de tal manera que se puedan aplicar todas las medidas preventivas y permitir la continuidad de las operaciones al minimizar costos asociados a emergencias y paradas imprevistas, contribuyendo de esta manera a la rentabilidad de la mina.

Navarro (2020) en su investigación nacional: *Prevención de accidentes por deslizamiento de taludes mediante uso de radar en unidad minera Colquijirca II Sociedad Minera El Brocal – Cerro de Pasco*. Se presenta como: Diseño de la investigación: Experimental. Tipo de la Investigación: Aplicada. Considerándose como Población el Tajo La Llave de la mina Colquijirca de la Sociedad minera el Brocal y como muestra: la parte inferior del tajo la Llave. Tiene como objetivo analizar el nivel de incidencia del uso de radar para la prevención de accidentes por deslizamiento de taludes en la Unidad Minera de Colquijirca II, de Sociedad Minera el Broca. Finalmente, concluye que el uso de tecnología radar para supervisar taludes proporciona alertas anticipadas sobre la deformación de taludes inestables, lo que permite continuar las operaciones de extracción de minerales de manera normal, ya que es una tecnología moderna que brinda información precisa sobre los movimientos del talud, con una precisión de menos de un milímetro, facilitando la toma de decisiones seguras y generando la confianza necesaria para llevar a cabo extracciones en áreas de alto riesgo, manteniendo en todo momento la seguridad como prioridad. Además, reafirma que la capacidad de visualizar los movimientos de las paredes de los tajos en tiempo real mediante el radar proporciona un

control constante para gestionar los riesgos de deslizamiento de taludes durante las operaciones de extracción en áreas específicamente inestables y en todas las secciones del tajo. Después de someter el equipo Radar a pruebas en 2017, llegó a la conclusión de que este dispositivo resulta de gran utilidad para prevenir accidentes. Como resultado de estas pruebas exitosas, la unidad minera optó por adquirir el equipo en lugar de mantenerlo en alquiler, reconociendo su valor en la mejora de la seguridad y eficiencia de las operaciones mineras, ayudando de manera significativa en la rentabilidad de la mina ya que asegura la continuidad de la operación.

Huarache (2020) en su investigación nacional: *Monitoreo de taludes con radares para el control de riesgos geotécnicos en la mina a tajo abierto, Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. Departamento de Arequipa, Provincia Arequipa, Distrito Uchumayo*. Se presenta como Nivel de la investigación: Explicativa, Tipo de Investigación. Aplicada, siendo la Población los taludes del tajo Santa Rosa y los taludes del tajo Cerro Verde y su muestra: taludes del sector NE y E. Tiene como objetivo analizar las tendencias de desplazamiento y velocidad de deformación con el software IBIS Guardian, con la finalidad de prevenir anticipadamente deslizamientos sin afectar a las personas, equipos y garantizar la continuidad de los procesos. Concluye que, mediante la supervisión y análisis proporcionados por el radar de estabilidad, y haciendo uso del software IBIS Guardian, se llevaron a cabo evaluaciones de tres categorías distintas de procesos de deformación: Lento, Intermedio y Rápido. Cada una de estas categorías presenta características específicas en función del tiempo, el desplazamiento acumulado, el área o tamaño del talud y la capacidad del radar para detectar el objetivo en su línea de visión (sensibilidad). Para los casos 1 y 2, clasificados como Lento e Intermedio, se logró anticipar estos eventos con un tiempo de preaviso de 3 horas y 1 hora respectivamente, utilizando una curva de velocidad inversa como método de predicción. En el caso 3,

clasificado como rápido, el análisis retrospectivo indica que la anticipación, siguiendo la misma curva de velocidad inversa, puede ajustarse a tan solo 15 minutos como medida preventiva. Se argumenta que, en la práctica, identificar y dar seguimiento a eventos de esta naturaleza resulta complicado.

Rea (2017) en su investigación nacional: *Implementación del sistema de monitoreo geotécnico integral para evaluar el comportamiento de taludes en la mina Antapacay Región Cusco-2017*. Se presenta como Nivel de la investigación: Explicativa, Tipo de Investigación. Aplicada, siendo la Población el tajo de la mina y su muestra: 15 bancos del tajo. Tiene como objetivo Implementar un sistema de monitoreo geotécnico integral para evaluar el comportamiento de los taludes del tajo abierto de la mina Antapacay. Finalmente concluye que el factor de seguridad no proporciona una comprensión completa de todos los parámetros geotécnicos y las fuerzas que actúan sobre los taludes. Por lo tanto, las evaluaciones realizadas en la fase posterior a las pruebas de esta investigación indican que, tras la implementación de un sistema de monitoreo geotécnico en un servidor web externo, se logró centralizar los datos de los sensores en la mina en una única base de datos, lo que permitió su procesamiento automático. Esto, a su vez, posibilitó la evaluación del comportamiento de los taludes a través de la predicción oportuna de deslizamientos y la generación de mapas de riesgo, alertas tempranas y reportes en tiempo real. Como resultado, se redujo drásticamente el tiempo necesario para generar estos resultados, pasando de días a minutos.

De La Cadena y Jambo (2017) en su investigación local: *Determinación de umbrales de alarma y velocidad de colapso, utilizando el radar MSR 300 en la pared Nor-Este del tajo Tapado Oeste en Minera Yanacocha*. Se presenta como Nivel de la investigación: Explicativa, Tipo de Investigación. Cuasi experimental, siendo la Población la Pared Nor-Este del Tajo Tapado Oeste y su muestra: Las fallas geológicas

colapsadas: Shingo y Subfase. Tienen como objetivo analizar el monitoreo geotécnico de la pared Nor-Este del tajo Tapado Oeste donde se encuentran la falla Shingo y la falla Subfase aplicando la metodología de Broadbent y Zavodni basado en el tratamiento estadístico y back análisis de eventos geotécnicos para determinar la velocidad de colapso y generar los umbrales de alarmas: crítica y geotécnica. Finalmente concluyen que basándose en los datos obtenidos a través del Radar Reutech MSR 300 y en las observaciones realizadas en el lugar, se establecieron las velocidades de colapso y se desarrollaron modelos de criterios de alerta en función a la velocidad y el tiempo con la finalidad de garantizar la seguridad del personal y de los equipos involucrados en las operaciones. De esta manera se logró la continuidad de la operación minera, continuar con los planes operacionales proyectados y ayudar a mejorar la rentabilidad de la operación minera.

2.3.Bases Teóricas

a) Teorías de la interferometría de radar SAR

Según Hanssen (2001), la interferometría de radar InSAR se centra en la utilización de imágenes radar de apertura sintética para medir movimientos del terreno. Funciona al medir la diferencia de fase entre dos o más imágenes radar tomadas desde diferentes ángulos, permitiendo la detección precisa de cambios en la superficie terrestre. Para Ferrett et al. (2001) DInSAR mejora la precisión de InSAR al utilizar pares de imágenes SAR para medir desplazamientos en el tiempo. Esta técnica es crucial para el monitoreo de movimientos lentos y pequeños en el terreno, como los que ocurren en taludes mineros. Las teorías de la interferometría radar, como InSAR desarrollada por Hanssen y Massonnet, y DInSAR avanzada por Ferretti y Prati, son fundamentales para el monitoreo efectivo de taludes en entornos mineros. Estas técnicas permiten medir con

precisión los movimientos del terreno al analizar las diferencias de fase entre múltiples imágenes SAR.

En el contexto de la implementación de un radar de monitoreo de taludes en la empresa minera de Huamachuco, la aplicación de estas teorías no solo mejoraría la seguridad al detectar movimientos sutiles del terreno, sino que también optimizaría las operaciones al proporcionar datos precisos y continuos sobre la estabilidad del talud.

b) Teoría de recursos y capacidades

Según Barney (1991), los recursos son los activos tangibles e intangibles que una empresa controla y utiliza para llevar a cabo sus operaciones. Pueden incluir infraestructura física, capital humano, tecnología, reputación de marca, relaciones con clientes y proveedores, entre otros. Las capacidades son la capacidad de una organización para integrar, desarrollar y desplegar sus recursos a través de procesos y actividades organizativas. Estas capacidades son cruciales porque determinan cómo una empresa utiliza sus recursos para obtener ventajas competitivas. Jay Barney Es uno de los principales teóricos de la teoría de los recursos y capacidades. En sus escritos, Barney explora cómo los recursos y capacidades pueden ser fuentes de ventaja competitiva sostenible para las empresas.

En el contexto sobre la implementación de un radar de monitoreo de taludes en una empresa minera, se puede concluir que el radar (recurso) puede mejorar la capacidad de la empresa para monitorear y gestionar los taludes de manera eficiente y segura. Las capacidades organizativas existentes (por ejemplo, en gestión de riesgos o integración tecnológica) pueden ser aprovechadas para implementar y operar efectivamente el radar.

c) Teorías de la rentabilidad empresarial

Según Myers et al. (1984), las teorías de la rentabilidad se centran en explicar cómo las empresas generan ganancias y cómo estas pueden ser maximizadas en relación con los recursos y las decisiones estratégicas.

- **Teoría del valor agregado**

Según Myers et al. (1984), esta teoría se centra en medir la creación de valor para los accionistas a través de métricas como el Economic Value Added (EVA) o el Cash Flow Return on Investment (CFROI). Argumenta que la rentabilidad económica se mide mejor por el retorno generado sobre el capital invertido, considerando tanto el costo de capital como los beneficios generados.

- **Teoría de la Inversión**

Según Myers et al. (1984), esta teoría explora cómo las decisiones de inversión afectan la rentabilidad económica a largo plazo de una empresa. Se centra en cómo las decisiones de financiamiento e inversión pueden influir en la creación de valor para los accionistas y en la maximización del retorno sobre el capital invertido.

Para integrar estas teorías con la investigación, podemos decir: El radar de monitoreo de taludes (como recurso tecnológico) podría influir en la rentabilidad económica mediante la reducción de costos operativos, la mejora de la eficiencia en la producción y la mitigación de riesgos. Las decisiones de inversión asociadas con la implementación del radar (costos de adquisición, mantenimiento y capacitación) podrían ser evaluadas bajo el marco de la teoría de la inversión, asegurando que las inversiones contribuyan a la creación de valor a largo plazo.

d) Teoría del valor compartido

Según Porter y Kramer (2011), la teoría del valor compartido sostiene que las empresas pueden resolver problemas sociales y ambientales importantes mediante la

identificación y aprovechamiento de oportunidades de negocio que simultáneamente generen beneficios económicos para la empresa y para la sociedad en general. Se enfoca en la integración de propósitos sociales y ambientales en la estrategia empresarial como una fuente de ventaja competitiva sostenible.

La implementación de un radar de monitoreo de taludes en la empresa minera en Huamachuco no solo busca mejorar la eficiencia operativa y reducir costos de mantenimiento, sino también promover el valor compartido con la comunidad local. Según la teoría del valor compartido de Porter y Kramer, las empresas pueden generar beneficios económicos al tiempo que abordan desafíos sociales y ambientales. Por ejemplo, al implementar esta tecnología, la empresa no solo fortalecerá la seguridad en el lugar de trabajo y reducirá el riesgo de accidentes relacionados con deslizamientos de tierra, sino que también mejorará las condiciones ambientales y contribuirá al desarrollo sostenible de la región mediante iniciativas de capacitación y empleo local.

2.4.Marco conceptual

2.4.1. *Radar de monitoreo de taludes*

El Radar (Radio Detection and Ranging) es una tecnología de sensoramiento remoto que se basa en la emisión de ondas electromagnéticas hacia un objeto de interés, seguida por el análisis y la interpretación de la señal reflejada. El radar ofrece mediciones con una precisión de milímetros y es capaz de operar en cualquier condición climática, incluyendo la oscuridad, condiciones de incendio o lluvia (Reeves et al., 2001). En el contexto de la estabilidad de taludes, los radares permiten la detección de movimientos al mapear la superficie del talud y comparar las fases de píxeles en cada exploración con respecto a la fase en la primera exploración. (Harries y Holmstrom, 2007)

Un radar de monitoreo de taludes es un sistema de radar especializado utilizado en la industria minera y la geotecnia para monitorear la estabilidad de los taludes de

excavaciones en una mina o cantera. Su principal función es detectar cualquier movimiento o deformación en el terreno, lo que puede ser un indicador temprano de un posible colapso o deslizamiento.

A continuación, se describen las características y funciones clave de un radar de monitoreo de taludes:

- **Tecnología de Radar:** Estos sistemas emplean la tecnología de radar para emitir pulsos de radiofrecuencia que rebotan en el terreno y regresan al radar. Al medir el tiempo que tarda la señal en regresar y su frecuencia, el radar puede determinar la distancia y velocidad de los puntos de interés en el talud.
- **Detección Temprana de Deformaciones:** Un radar de monitoreo de taludes es capaz de detectar incluso pequeñas deformaciones en el terreno. Esto es esencial para identificar problemas de estabilidad antes de que se conviertan en amenazas graves.
- **Operación Continua:** Estos radares funcionan de manera continua, proporcionando monitoreo en tiempo real. Algunos sistemas son capaces de monitorear múltiples puntos de interés al mismo tiempo.
- **Alertas Automatizadas:** Cuando se detectan movimientos significativos o deformaciones que superan ciertos umbrales predefinidos, el radar puede generar alertas automáticas. Estas alertas permiten a los operadores tomar medidas de mitigación de riesgos de inmediato.
- **Historial de Datos:** Los sistemas de radar almacenan datos a lo largo del tiempo, lo que facilita la revisión y el análisis retrospectivo del comportamiento del talud. Esto es valioso para la toma de decisiones y la planificación a largo plazo.
- **Reducción de Riesgos:** La implementación de radares de monitoreo de taludes contribuye a la reducción de riesgos, mejora la seguridad en la mina y puede evitar daños costosos en equipos y pérdida de recursos.

- **Aplicaciones Versátiles:** Además de la minería, estos sistemas también se utilizan en obras civiles, construcción de carreteras, presas y otras situaciones donde la estabilidad de taludes es crítica.

En general, un radar de monitoreo de taludes es una herramienta esencial para garantizar la seguridad y la estabilidad en la industria minera y otras aplicaciones geotécnicas. Ayuda a prevenir accidentes, ahorra costos y mejora la eficiencia operativa al brindar una visión en tiempo real de la estabilidad del terreno.

Su objetivo principal consiste en la detección remota de objetos a través de la medición de distancias utilizando ondas de radio. Estas ondas, también conocidas como microondas de radio, son ondas electromagnéticas que tienen longitudes de onda que varían desde 1 mm hasta 1 metro. Los radares están equipados con antenas que emiten pulsos con amplitudes y longitudes de onda predefinidas. Además, cuentan con antenas receptoras que calculan la distancia, miden la amplitud y determinan la fase (el tiempo entre ondas) de estos pulsos. (Rea, 2017)

A diferencia de las ondas infrarrojas, las ondas de radio se ven menos afectadas por las condiciones atmosféricas, lo que permite realizar adquisiciones incluso en condiciones de lluvia intensa o niebla densa. Sin embargo, es importante destacar que a medida que la longitud de onda aumenta, la precisión y resolución disminuyen, pero se obtiene una mejor capacidad de penetración y una señal de retorno más estable. Los radares de apertura sintética, conocidos como SAR (Synthetic Aperture Radar), son una técnica que permite observar la superficie terrestre en varias polaridades y lograr resoluciones muy nítidas. (Bazin, 2012)

2.4.2. Implementación de radar de monitoreo de taludes

La implementación de un radar de monitoreo de taludes en una operación minera o en cualquier sitio donde se requiera monitorear la estabilidad de taludes es un proceso crítico para garantizar la seguridad y la eficiencia.

La implementación exitosa de un radar de monitoreo de taludes requiere planificación, inversión en equipo adecuado y capacitación del personal. Un monitoreo efectivo puede contribuir significativamente a la seguridad y la rentabilidad en operaciones mineras y sitios donde la estabilidad de taludes es una preocupación importante.

2.4.3. Procedimientos para implementar un radar de monitoreo de taludes

A continuación, se detallan los procedimientos clave para implementar un radar de monitoreo de taludes los mismos que se utilizaron esta investigación:

a) Selección del radar

Investigar y seleccionar un radar de monitoreo de taludes adecuado según las necesidades y el entorno específico. Asegurarse de que el radar sea compatible con las condiciones geotécnicas y las dimensiones de los taludes.

Existen 2 tecnologías principales de radares, RAR (Radares de Apertura Real) y SAR (Radares de Apertura Sintética), además, hay dos procesos dimensionales para la formación de imágenes (2D y 3D). Las imágenes en 2D y 3D pueden ser creadas tanto con radares de apertura real (RAR) como con los radares de apertura sintética (SAR). Los procesos RAR y SAR tiene que ver con la formación del frente de onda, mientras que la generación de imágenes 2D y 3D tiene que ver con la forma de dicho frente de onda y cómo este recolecta información de la superficie del talud. (Huarache, 2020)

Un radar con procesamiento de imágenes 3D usa las tres dimensiones (ejemplo: radar SSR-XT). Los radares con procesamiento de imágenes en 3D, como el SSR-XT

dirige el frente de ondas en azimut y elevación a medida que va recolectando información de rango. (Huarache, 2020)

Un radar que escanea en 2D no tiene resolución en elevación, sólo escanea en las dimensiones de Azimut y Rango (ejemplo: El SSR-FX, SSR-SARx, y todos los sistemas SAR de IDS disponibles son radares 2D). Estos radares sólo tienen resolución en Azimut y Rango y carece de información de elevación. La información de elevación se infiere a partir de información externa, como modelo digital de terreno (DTM) o mapas de elevación. (Huarache, 2020)

Los radares de apertura real (RAR) fueron los primeros radares diseñados específicamente para su aplicación en el monitoreo geotécnico. Estos sistemas presentan las siguientes características distintivas:

- Realizan un escaneo en dos dimensiones mediante la rotación en azimut y elevación de la antena.
- Permiten la medición en tres dimensiones: azimut, rango y elevación, de manera independiente para cada píxel.
- La generación de imágenes se realiza de manera completamente independiente de la geometría del talud.
- No es necesario contar con un modelo topográfico para la visualización de las imágenes obtenidas. (Huarache, 2020)

Figura 1

Radar RAR SSR-802 implementado en SGE



Nota. Equipo de radar en trabajo de mina

Los radares de apertura sintética (SAR) surgieron como una evolución posterior a los radares de apertura real y presentan las siguientes características distintivas:

- Realizan un escaneo en una sola dimensión, de manera horizontal, mediante el desplazamiento de la antena a lo largo de un riel.
- Miden dos dimensiones: azimuth y rango, y los píxeles de la imagen están interconectados y dependen de la geometría del talud
- Los píxeles generados por estos radares están condicionados por la configuración del talud.
- El proceso de sintetización del frente de ondas genera lóbulos elongados que se subdividen debido a la geometría del talud, lo que da lugar a cálculos intensivos.

(Huarache, 2020)

Después de rigurosas evaluaciones y conversaciones con las empresas proveedoras de radares y servicios de monitoreo, en la unidad minera se optó por la adquisición de un radar RAR-XT de la empresa GroundProbe de la serie más moderna.

b) Diseño de comunicación

La determinación de la ubicación de la estación de control y la conexión a la fuente de energía es un aspecto crucial en la implementación de sistemas de radar, sin importar el tipo o modelo específico. Cada radar, independientemente de sus características técnicas, requiere un sistema de comunicación dedicado para asegurar la transmisión de datos en bruto desde el entorno de campo hacia los servidores u oficinas de control, donde se llevará a cabo el análisis de la información para fines de planificación y contingencias. (Huarache, 2020)

Es importante destacar que esta comunicación es bidireccional, lo que significa que, además de enviar datos con el propósito de analizar deformaciones, es posible acceder y monitorear en tiempo real la operación del radar desde cualquier ubicación dentro de la mina mediante una conexión remota. (Huarache, 2020)

La configuración de la estación de control debe considerar aspectos cruciales, como la disponibilidad de una fuente de energía confiable y continua para el funcionamiento del radar y de los equipos de comunicación. Además, se debe garantizar la ubicación estratégica de la estación de control para permitir una comunicación eficiente con el radar en el campo. (Huarache, 2020)

La información recopilada por el radar tiene un propósito principal de análisis de deformaciones, pero también puede ser accesible desde cualquier parte de la mina en tiempo real a través de conexiones remotas. Esto permite la supervisión y el monitoreo constante de la operación del radar, lo que es esencial para la toma de decisiones informadas y la detección de problemas en una fase temprana. (Huarache, 2020)

Finalmente se puede decir que, la ubicación de la estación de control y la implementación de una conexión a una fuente de energía fiable son aspectos fundamentales en la configuración de sistemas de radar, ya que garantizan la transmisión

eficiente de datos y permiten un monitoreo en tiempo real de la operación del radar desde cualquier ubicación dentro de la mina, contribuyendo así a la seguridad y la eficiencia operativa. (Huarache, 2020)

Mediante este protocolo de comunicación podemos setear alarmas de operación cuando el radar está detenido en base a muchos factores.

- Pérdida de comunicación (data no actualizada)
- Estado de las baterías internas (sistema autónomo de energía)
- Espacio en disco de controlar de campo.
- Generación de archivos de monitoreo
- Sistema interno de operación y funcionamiento.
- Nivel de combustible del generador
- Sistema operativo del radar

Los medios de comunicación se basan en distintos tipos de acuerdo con el medio a utilizar para el envío de la data. (Huarache Chilo, 2020)

- **Comunicación vía WIFI o Inalámbrico:**

El medio de comunicación más común y de mayor cobertura en una operación minera se destaca por su amplio desarrollo para abarcar la mayoría de los equipos mineros. Este medio se considera especialmente compatible con los radares de GroundProbe, principalmente debido al tamaño de archivo correspondiente a un escaneo. Sin embargo, en el caso de los radares de IDS GeoRadar, modelos IBIS-FM e IBIS-Rover, debido al tamaño considerable de los archivos generados por escaneo, no se garantiza la posibilidad de un monitoreo en tiempo real. (Huarache Chilo, 2020)

Este medio de comunicación es particularmente adecuado para radares versátiles que pueden requerir reubicación inmediata, ya que permite reiniciar el monitoreo en cualquier momento, especialmente en áreas críticas. La elección de este medio se basa en

la capacidad de manejar eficazmente los tamaños de archivo y en su utilidad para una variedad de situaciones, lo que lo convierte en una opción preferida en muchas operaciones mineras. (Huarache Chilo, 2020)

- **Comunicación con enlace punto a punto**

Este medio de comunicación destaca por su capacidad para admitir envíos de archivos más grandes de lo que se podría lograr mediante conexiones WIFI convencionales, incluso con una impresionante ratio de hasta 500MB por segundo. Se compone de un par de antenas que siempre deben estar apuntando frontalmente una a la otra, y su alcance efectivo abarca distancias de hasta 2 kilómetros. La característica más sobresaliente de este medio radica en su practicidad para garantizar una comunicación en tiempo real desde el radar hacia sus servidores, lo que es especialmente importante desde cualquier punto del Tajo en la mina. (Huarache, 2020)

La configuración de este medio en cada reubicación de un radar desempeña un papel crucial en la rapidez con la que el radar puede volver a estar operativo en el campo con datos actualizados. Esto se debe a que requiere que el equipo de informática enlace las antenas de manera efectiva para establecer una conexión exitosa. La eficiencia de esta conexión es esencial para mantener el monitoreo en tiempo real y garantizar la disponibilidad de datos precisos en todo momento. (Huarache, 2020)

- **Comunicación con Fibra Óptica o LAN**

El medio más fiable para garantizar la transferencia de datos desde el campo hacia los servidores se basa en la implementación de un tendido de fibra óptica (F.O). Esta estrategia implica extender una red de fibra óptica desde un punto central de red hacia cualquier ubicación donde se encuentre el radar. El tendido de fibra óptica es de vital importancia para evaluar y diseñar un plan que se ajuste a las fases operativas de la

minería, ya que la operación minera es dinámica y requiere la flexibilidad de tendido a lo largo de las banquetas de los taludes. (Huarache, 2020)

No obstante, implementar una red de fibra óptica hasta cada radar dentro de la mina puede ser un desafío complicado debido a la necesidad de una coordinación constante. Esto se relaciona tanto con la inversión requerida para el tendido de la fibra óptica como con su mantenimiento en el campo. (Huarache, 2020)

La inversión y la gestión de la infraestructura de fibra óptica en un entorno minero demandan una planificación meticulosa y la adaptación a las cambiantes necesidades operativas. A pesar de los desafíos, la fibra óptica sigue siendo uno de los medios más confiables para garantizar la transmisión de datos en un entorno minero.

El área de sistemas se encargará de brindar el soporte y las facilidades para que el radar en campo pueda enviar los datos hasta la computadora ubicada en el área de geotecnia. Para ello, en el radar se adaptará una antena receptora de señal inalámbrica y la computadora base o denominada PMP se conectará con fibra óptica o LAM. Estos dos puntos se conectarán a una antena base instalada a kilómetros de la unidad minera.

c) Adquisición y preparación de equipos

Adquirir el radar y todos los componentes necesarios. Realizar pruebas y verificaciones previas al despliegue para asegurarse de que el equipo funcione correctamente. La adquisición y preparación de radares de monitoreo de taludes es un proceso crítico para el éxito del monitoreo geotécnico. Garantizar que el radar esté instalado, configurado y operado adecuadamente es esencial para obtener datos precisos y confiables. Además, es importante estar preparado para responder a alertas y amenazas geotécnicas en función de los datos proporcionados por el radar.

En resumen, la adquisición y preparación de radares de monitoreo de taludes es un proceso crítico que garantiza la obtención de datos precisos y confiables para el

monitoreo geotécnico. Además, prepararse para responder a amenazas geotécnicas es esencial para la seguridad y la eficacia en la gestión de los taludes en entornos mineros.

La empresa GroundProbe solicitó el equipo a su sede central de Australia, realizaron el ensamblaje y una semana de pruebas en su almacén en Lima antes de enviar el equipo a Mina.

d) Instalación y configuración

Una vez que se ha definido el sistema de procesamiento de los datos crudos del campo, es esencial contar con una aplicación específica proporcionada por cada sistema de radar para la visualización, revisión, evaluación y análisis de los riesgos geotécnicos. (Huarache, 2020)

En el caso de los radares GroundProbe, se utiliza la aplicación IQ Monitor para el control de los riesgos geotécnicos y el análisis de deformación. Esta aplicación está diseñada para proporcionar una interfaz que permite a los expertos en monitoreo geotécnico revisar y evaluar los datos generados por los radares GroundProbe, lo que les permite identificar posibles amenazas y tomar medidas adecuadas (Huarache, 2020)

Por otro lado, los radares IBIS de IDS GeoRadar utilizan la aplicación Guardián para controlar los riesgos geotécnicos y analizar la deformación. Guardián proporciona una plataforma específica para la visualización y análisis de los datos generados por los radares IDS, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la gestión efectiva de los riesgos geotécnicos. (Huarache, 2020)

Estas aplicaciones específicas son esenciales para que los expertos en monitoreo geotécnico puedan acceder y analizar los datos de manera eficiente, lo que contribuye a la detección temprana de amenazas y a la implementación de medidas de mitigación adecuadas en entornos minero.

El técnico de GroundProbe ya en la unidad minera, después de desplegar el radar en campo, instaló todos los programas principales en la PMP o computadora base como son el IQ monitor y el Alarm Centre para el análisis de los datos adquiridos con el monitoreo del radar.

e) Capacitación del personal

Capacitar al personal encargado de operar y mantener el sistema de monitoreo de taludes. Asegurarse de que el personal comprenda cómo interpretar los datos y responder a las alertas. La capacitación adecuada del personal es crucial para aprovechar al máximo las capacidades de un radar de monitoreo de taludes y para garantizar la seguridad en operaciones geotécnicas.

La empresa GroundProbe brindó usuarios y contraseñas para todo el personal de geotecnia para que podamos ingresar a la plataforma de entrenamiento sobre uso y manejo de radar para asegurar el correcto manejo del equipo, además se tiene soporte inmediato de los especialistas de la empresa ya sea de la sede de Perú o de Chile cuando se tenga consultas sobre anomalías en el normal funcionamiento del radar.

f) Implementación de protocolos de respuesta

La implementación de protocolos de respuesta ante amenazas geotécnicas es fundamental para garantizar la seguridad de las personas y la infraestructura en áreas propensas a eventos geotécnicos, como deslizamientos de tierra, avalanchas, colapsos de taludes y otros peligros relacionados con la geotecnia.

Cuando se recibe una alerta, se inician acciones de respuesta de acuerdo con los protocolos previamente establecidos. Estas acciones pueden incluir la evacuación de zonas en riesgo, la detención de operaciones o la implementación de medidas de mitigación.

Las amenazas geotécnicas detectadas por un radar de monitoreo de taludes pueden variar en gravedad y naturaleza, por lo que las acciones de respuesta deben adaptarse a la situación específica. A continuación, se presentan algunas acciones típicas de respuesta ante amenazas geotécnicas detectadas por radar:

- **Alerta y Notificación:** Cuando se detecta una amenaza geotécnica, se debe activar una alerta inmediata. Se notifica a todo el personal relevante, incluyendo ingenieros geotécnicos, personal de seguridad y operadores en la zona de riesgo.
- **Evacuación:** Si la amenaza es grave y existe el riesgo de colapso o deslizamiento inminente, activar un plan de evacuación, asegurándose de que las personas se alejen del área de peligro de manera segura y eficaz.
- **Detención de Operaciones:** En áreas de riesgo, detener cualquier operación o actividad que pueda aumentar el peligro o exponer a las personas a amenazas geotécnicas.
- **Análisis Adicional:** Llevar a cabo un análisis más detallado de los datos del radar y la situación geotécnica para comprender la naturaleza de la amenaza y su alcance.
- **Evaluación Geotécnica:** El equipo de ingenieros geotécnicos debe evaluar la estabilidad del talud y determinar las acciones necesarias. Esto puede incluir inspecciones de campo, mapeo geotécnico y análisis de riesgos.
- **Mitigación:** Implementar medidas de mitigación para reducir el riesgo, como la construcción de muros de contención, la estabilización de taludes o la implementación de sistemas de drenaje.
- **Comunicación a los responsables de las áreas involucradas:** Se tiene que informar a los superintendentes, jefes y supervisores de las áreas involucradas sobre la

situación y las acciones tomadas. Cooperar estrechamente con las autoridades en la gestión de la amenaza.

- **Monitoreo Continuo:** Se tiene que mantener un monitoreo continuo de la situación geotécnica. Los radares de monitoreo de taludes deben seguir operando para proporcionar datos actualizados.
- **Planificación de Recuperación:** Significa desarrollar un plan de recuperación que aborde la restauración y la reanudación de actividades una vez que se haya mitigado la amenaza.
- **Documentación:** Mantener registros detallados de todas las acciones tomadas, las evaluaciones de riesgos y las medidas de mitigación implementadas. Esto es esencial para futuras evaluaciones y aprendizaje.
- **Revisión y Actualización de Protocolos:** Después de la amenaza, revisar y actualizar los protocolos de respuesta, los umbrales de alerta y los procedimientos en función de la experiencia adquirida.

En el área de Geotecnia se generaron los respectivos procedimientos operacionales sobre “monitoreo geotécnico con Radar” por ende, el IPERC línea base y el protocolo de respuesta de emergencia ante amenazas geotécnicas, en el cual se especifica los planes de acción, las alarmas, los responsables, el sistema de comunicación.

g) Mantenimiento preventivo

Establecer un programa de mantenimiento preventivo regular para el radar y sus componentes. El mantenimiento preventivo de radares de monitoreo de taludes es esencial para garantizar que estos equipos funcionen de manera confiable y proporcionen datos precisos a lo largo del tiempo. El mantenimiento preventivo adecuado asegura que el radar de monitoreo de taludes funcione correctamente y continúe proporcionando datos confiables para la detección de movimientos y amenazas geotécnicas. Siguiendo un

programa de mantenimiento preventivo regular, puede minimizar el riesgo de interrupciones no planificadas y mantener la integridad de su sistema de monitoreo. Adicionalmente a la compra de radar, se adquirió un software *Complete Car*, de paga mensual que incluye el mantenimiento preventivo y un stock de herramientas y piezas que son consumibles. Los Técnicos de GroundProbe se encargan de subir a la unidad minera y realizar trimestralmente el mantenimiento del radar SSR 802.

2.4.4. Características de los radares de monitoreo de taludes

Los radares de monitoreo de taludes son sistemas especializados diseñados para monitorear la estabilidad de laderas, taludes y pendientes en diversas aplicaciones, como la minería, la construcción, las carreteras y otras operaciones geotécnicas. Estos radares se caracterizan por una serie de características que los hacen eficaces para su propósito.

a) Detección de movimientos en tiempo real

Los radares de monitoreo de taludes operan en tiempo real, lo que significa que pueden detectar movimientos o deformaciones en las laderas y taludes en tiempo real. Es una de las capacidades más críticas de los radares de monitoreo de taludes. Permite identificar cambios o desplazamientos en la superficie del terreno en el momento en que ocurren, lo que es esencial para tomar medidas preventivas o correctivas de manera inmediata. Es esencial para el monitoreo de taludes en áreas críticas como minas, carreteras, ferrocarriles y áreas urbanas. Permite la respuesta rápida a amenazas geotécnicas, como deslizamientos de tierra, lo que puede ayudar a prevenir accidentes y daños. La precisión y la confiabilidad en la detección en tiempo real son fundamentales para la seguridad y la gestión de riesgos. (GroundProbe, 2022).

b) Monitoreo continuo

Estos radares funcionan de manera continua, lo que permite un monitoreo ininterrumpido de las áreas de interés. Pueden realizar mediciones periódicas o continuas,

dependiendo de la configuración. El monitoreo continuo con radares es un proceso constante y automatizado que implica la recopilación de datos geotécnicos a lo largo del tiempo para evaluar la estabilidad del terreno y detectar cualquier cambio significativo. Los datos recopilados se procesan automáticamente a medida que se adquieren. El software de procesamiento realiza tareas como la conversión de señales de radar en información geotécnica utilizable (Rojas, 2023)

c) Mediciones a distancia

Los radares de monitoreo de taludes pueden medir distancias a objetos en movimiento en taludes, lo que les permite detectar incluso movimientos mínimos. Los radares pueden medir el desplazamiento de objetos o superficies, así como determinar la velocidad a la que un objeto o una superficie se mueve, además pueden detectar y rastrear objetos móviles, como vehículos o maquinaria, en un área de interés. Esto se utiliza para la gestión de la seguridad en entornos geotécnicos y de construcción. La tecnología de radar ha demostrado ser versátil y precisa en la recopilación de datos a distancia. Cabe señalar que mientras el radar se encuentre a mayor distancia menor será su presión de análisis ya que el píxel será de mayor tamaño y deformaciones menores al tamaño del píxel no podrán ser detectadas. (Rojas, 2023)

d) Alta resolución

Estos radares pueden proporcionar mediciones con alta resolución espacial, lo que significa que pueden detectar cambios muy pequeños en la superficie del talud. El análisis de alta resolución de radares se refiere a un enfoque detallado y preciso para evaluar los datos recopilados por radares de monitoreo geotécnico. Este análisis implica la utilización de tecnologías avanzadas y técnicas especializadas para obtener una visión más detallada de las condiciones geotécnicas y detectar cambios sutiles en el terreno. (Burckley, 2014).

e) Alertas automatizadas

Cuando se detecta un movimiento o deformación significativa que supere umbrales predefinidos, el radar puede generar alertas automáticas, lo que permite una respuesta inmediata. Estas alertas pueden ser audibles y se puede configurar para ser enviadas por correo, y mensaje de texto a los celulares. (Burckley, 2014)

f) Amplio alcance y cobertura

Los radares de monitoreo de taludes pueden cubrir áreas extensas, lo que los hace adecuados para aplicaciones en grandes minas, obras civiles y proyectos de infraestructura.

g) Reducción de riesgos

Al detectar movimientos inminentes o cambios en la estabilidad, estos radares ayudan a reducir riesgos de accidentes, pérdida de equipos y costos asociados con problemas de estabilidad. Los radares de monitoreo de taludes desempeñan un papel fundamental en la reducción de riesgos geotécnicos al proporcionar información temprana y precisa sobre la estabilidad del terreno. Esto permite una gestión eficaz de los riesgos y la implementación de medidas de mitigación que contribuyen a la seguridad de las personas y las propiedades. (GroundProbe, 2022)

h) Versatilidad

Pueden aplicarse en diversas condiciones climáticas y geológicas, siendo útiles en una amplia variedad de entornos. La versatilidad de los radares de monitoreo de taludes los convierte en herramientas esenciales en aplicaciones geotécnicas y de seguridad, ya que pueden adaptarse a una amplia gama de situaciones y proporcionar información valiosa para la prevención de riesgos y la gestión de la seguridad. (Rojas, 2023).

i) Ahorro de tiempo y recursos

Al automatizar el monitoreo y la detección, los radares reducen la necesidad de personal para tareas de inspección continua. El personal puede enfocarse en tareas de respuesta y mitigación cuando sea necesario. En aplicaciones industriales, como la minería, los radares pueden ayudar a prevenir tiempos de inactividad costosos al detectar deslizamientos de tierra o amenazas geotécnicas antes de que afecten la producción, además los radares pueden operar en diversas condiciones climáticas, lo que ahorra tiempo al permitir el monitoreo continuo incluso en situaciones climáticas adversas. (Davies, 2023)

Los radares ofrecen eficiencia en el monitoreo, detección temprana de problemas y toma de decisiones informadas. Esto se traduce en ahorro de tiempo y recursos en una variedad de aplicaciones, desde la seguridad geotécnica y medioambiental hasta la gestión de proyectos y la planificación de recursos naturales. (GroundProbe, 2022)

2.4.5. Generación de alertas y reportes a partir del monitoreo con radar

a) Establecimiento de umbrales de alarma

Las operaciones mineras se tornan cada vez más agresivas en su producción eso implica alterar las condiciones de estabilidad en tiempos muy cortos y para dar continuidad a la operación los departamentos de geotecnia deben tener conocimiento y debe estar preparados para dar respuesta inmediata ante algún indicio de inestabilidad, para el efecto descrito se debe contar con instrumentos que monitoreen permanentemente el área de operación y sus componentes o estructuras de producción. (Rea, 2017)

Se realiza un análisis de datos históricos para comprender el comportamiento normal del área de interés. Esto proporciona una referencia inicial para establecer los umbrales de alarma, se tienen en cuenta factores de riesgo específicos del entorno minero, como la geología, la topografía, las condiciones climáticas y las actividades de

explotación. En caso necesario, se realizan ajustes para garantizar que las alertas se activen de manera precisa y oportuna, Una vez que se establecen los umbrales de alarma, se inicia el monitoreo continuo de taludes. Los radares generan alertas cuando los umbrales se superan, lo que permite tomar medidas preventivas o de respuesta en caso de amenazas geotécnicas.

Tabla 1

Umbrales de alertas para radar de monitoreo de taludes

UMBRALES DE ALERTA GEOTÉCNICA			
NIVEL DE ALERTA GEOTÉCNICA	ALERTA GEOTÉCNICA VERDE	ALERTA GEOTÉCNICA AMARILLA	ALERTA GEOTÉCNICA ROJA
NIVEL DE RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO
TENDENCIA	No se observa movimiento. <i>Tendencia lineal o transicional</i>	Presenta movimiento. Tendencia transicional a progresiva. Modo de falla en desarrollo.	Presenta movimiento acelerado. Tendencia progresiva a crítica. Falla del macizo rocoso. Modo de falla con probabilidad inminente de colapso.
MOVIMIENTO DE GRIETAS DE Tensión	Algunas grietas de tensión cerradas o con mínima apertura	Presencia de agrietamientos en banquetas y cara del talud con apertura entre 20mm y 40mm.	Evidencia de agrietamientos con apertura mayor a 50 mm
DEFORMACIÓN DE TALUD	Velocidad de desplazamiento 0 a 10 mm/h (Alerta Verde)	Velocidad de desplazamiento 10 mm/día a 25 mm/h (Alerta Amarilla)	Velocidad de desplazamiento mayor a 25 mm/día (Alerta Roja)
INSPECCIÓN VISUAL	No se observa caída de rocas, ni asentamientos.	Se observa caída de rocas de manera puntual, deformación en el talud y ligero asentamiento.	Asentamientos y Deslizamiento violento del material y/o caída de rocas. Restringir actividades cerca al área de influencia de la zona inestable. Incrementar la frecuencia de monitoreo. Acceso restringido, si se requiere el ingreso solicitar autorización a Geotecnia, Seguridad y Superintendencia de Operaciones.
CONTROLES	Se puede trabajar con normalidad.	Se puede trabajar con controles, previa coordinación con geotecnia. Inspeccionar en campo e instrumentación geotécnica. Colocar muro de seguridad en zonas de interacción con caída de rocas.	

Nota. Esta tabla muestra los umbrales verde, amarillo y rojo implementados.

a) Análisis de tendencias

Zavodni y Broadbent trabajaron para obtener a partir de una curva semi logarítmica una bilinealidad para obtener el tiempo de colapso, sobre el cual se ha definen los umbrales (Rea, 2017). Se realizan análisis de tendencias para comprender los patrones de movimiento y las condiciones de estabilidad a largo plazo en los taludes.

b) Reportes y documentación

Se generan reportes que documentan las mediciones, las alertas y las acciones de respuesta. Estos reportes pueden incluir datos en tiempo real y un historial de mediciones a lo largo del tiempo. La generación de reportes de monitoreo con radares es esencial para documentar y comunicar de manera efectiva los datos y resultados recopilados a partir del monitoreo del terreno. Estos informes proporcionan información clave para la toma de decisiones, la gestión de riesgos y la evaluación de la estabilidad geotécnica.

2.4.6. Rentabilidad de empresas mineras

La rentabilidad de una empresa minera se refiere a su capacidad para generar ganancias y beneficios en relación con la inversión realizada y los costos involucrados en la extracción y procesamiento de minerales. La rentabilidad en este contexto se mide generalmente a través de varios indicadores financieros y operativos que proporcionan una visión completa de la eficiencia y el rendimiento de la empresa. (Polo, 2020)

La rentabilidad en la industria minera puede variar ampliamente según factores como el tipo de mineral extraído, la ubicación geográfica de la mina y las condiciones del mercado. Las empresas mineras exitosas se esfuerzan por optimizar sus operaciones, controlar costos y diversificar sus actividades para mantener una rentabilidad sólida a lo largo del tiempo.

En términos generales, la rentabilidad se define como "la capacidad o aptitud de la empresa para generar un excedente a partir de un conjunto de inversiones efectuadas".

En resumen, la rentabilidad se refiere a la obtención de un resultado positivo a partir de una actividad económica específica, lo que se traduce en un excedente generado a través del intercambio de recursos y operaciones comerciales. (Torres, 2020)

La rentabilidad se basa en la capacidad de una organización o empresa para generar utilidad o beneficios. En términos sencillos, una organización se considera rentable cuando sus ingresos son superiores a sus egresos, es decir, cuando los ingresos superan los costos. Esto indica que la empresa está generando ganancias y beneficios, lo que es un indicador clave de su salud financiera y su capacidad para crear valor. (Morales, 2022)

La rentabilidad es el indicador financiero más comúnmente utilizado para evaluar el éxito o fracaso en la gestión empresarial. Además, permite evaluar diversas relaciones financieras, como la existente entre las ventas y los activos, la inversión de los propietarios o el valor de las acciones. Entre los indicadores de rentabilidad se incluyen el margen bruto o neto de utilidades, el rendimiento de la inversión, el rendimiento del capital y la razón precio-utilidades. Estos indicadores proporcionan información valiosa sobre la salud financiera de una empresa y su capacidad para generar ganancias a partir de sus operaciones y activos. (Torres, 2020)

La rentabilidad es un aspecto fundamental en la gestión de una empresa, representa la capacidad de una inversión para generar ganancias y beneficios superiores en un período determinado. La rentabilidad desempeña un papel central en los procesos de planificación económica y financiera, y su análisis es crucial para evaluar la calidad de las decisiones tomadas en busca de los objetivos de la empresa. Además, la rentabilidad es esencial para tomar decisiones informadas después del período de evaluación. (Morales, 2022)

Los elementos que inciden en la capacidad de una empresa para generar ganancias y mejorar su rentabilidad pueden ser diversos y depender de la industria, el mercado y la situación particular de la empresa en cuestión. A continuación, se ofrece una breve explicación de estos factores:

- Intensidad de inversión: La cantidad de capital necesaria para operar o expandir un negocio puede tener un impacto en la rentabilidad de la empresa
- Productividad: La capacidad de utilizar eficazmente los recursos y la fuerza laboral puede aumentar la rentabilidad al reducir costos y aumentar la producción.
- Participación del mercado: Obtener una mayor participación en el mercado puede conducir a un aumento en las ventas y las ganancias.
- Tasa de crecimiento del mercado: Los mercados en crecimiento ofrecen oportunidades para aumentar la rentabilidad.
- Calidad de productos o servicios: Ofrecer productos o servicios de alta calidad permite a una empresa cobrar precios más altos y mantener la fidelidad de los clientes.
- Innovación y diferenciación: La capacidad de desarrollar nuevos productos o diferenciarse de los competidores puede mejorar la rentabilidad.
- Integración vertical: La integración vertical, que implica expandirse hacia adelante o hacia atrás en la cadena de suministro, puede influir en la rentabilidad.
- Costos operativos: La gestión eficiente de los costos operativos puede elevar la rentabilidad al reducir los gastos.
- Compromiso y esfuerzo: La dedicación y el esfuerzo para mejorar estos factores determinantes pueden impactar directamente en la rentabilidad de la empresa.

(Mendez, 2012)

Para aumentar la rentabilidad los empresarios deben actuar sobre los factores determinantes. Si ya se cuenta con el factor, es necesario mejorarlo. Si no se tiene, es necesario adquirirlo. (Mendez, 2012)

Para elevar la rentabilidad de las empresas, Alberto Leer y César Quirós destacan cinco estrategias clave:

- Aumentar las ventas: Expande la participación en el mercado y realiza acciones para incrementar las ventas, lo que es fundamental para aumentar las ganancias y la rentabilidad.
- Mejorar la mezcla de ventas y la gestión de clientes: Mantener una adecuada mezcla de ventas y gestionar a los clientes de manera efectiva, incentivando la fidelidad a la marca o empresa, es esencial para optimizar la rentabilidad.
- Reducir los costos de los recursos: La reducción de costos en los factores de producción contribuye directamente a aumentar la rentabilidad. Áreas como viajes, establecimiento, energía, seguridad y suministros de oficina son candidatas para reducir costos.
- Mejorar los procesos: La mejora continua en productos, procesos y sistemas es crucial para incrementar la eficiencia y, por lo tanto, la rentabilidad.
- Eliminar actividades que no aportan valor: Identificar y eliminar actividades superfluas o poco significativas es esencial para optimizar los recursos y centrarse en aquellas que realmente aportan valor al negocio (Mendez, 2012).

2.4.7. Rentabilidad financiera

La rentabilidad financiera se emplea como un indicador financiero destinado a la evaluación de la eficacia y desempeño económico de una entidad, tomando en consideración sus propios recursos y el beneficio que obtiene de su inversión. En inglés, se conoce como 'Return on Assets' (ROA). En resumen, la rentabilidad financiera

cuantifica la capacidad de la empresa para aprovechar sus activos y generar utilidades (Chávez, 2015).

La fórmula básica para calcular la rentabilidad financiera (ROA) es la siguiente:

$$\text{ROA} = \text{Utilidad Neta} / \text{Total de Activos}$$

Donde:

"Utilidad Neta" se refiere a las ganancias netas después de impuestos de la empresa en un período determinado.

"Total de Activos" representa el valor total de los activos de la empresa, que incluye tanto activos corrientes como activos fijos.

El resultado del cálculo suele expresarse en términos de un porcentaje. Un ROA más elevado refleja una mayor eficiencia en la generación de ganancias a partir de los activos disponibles. En otras palabras, evalúa la capacidad de una empresa para obtener rendimientos a partir de sus recursos. La rentabilidad financiera se erige como un indicador de relevancia para los inversionistas y analistas financieros, ya que les proporciona información para valorar la eficacia en la gestión de activos de la empresa. Un ROA elevado se percibe como un indicio positivo, indicando que la empresa emplea eficientemente sus activos para generar ganancias. Por el contrario, un ROA bajo podría sugerir que la empresa no aprovecha efectivamente sus activos para generar utilidades (Chávez, 2015).

Es crucial considerar que la rentabilidad financiera puede fluctuar dependiendo de la industria y el sector en los que opera la empresa. Por lo tanto, se emplea con el propósito de comparar el rendimiento financiero relativo de empresas que pertenecen a la misma industria o sector.

En resumen, la rentabilidad financiera (ROA) es un indicador financiero que mide la eficiencia de una empresa en la generación de ganancias a partir de sus activos. Ayuda

a los inversionistas y analistas a evaluar el rendimiento financiero y la gestión de activos de la empresa.

La rentabilidad financiera es fundamental para evaluar el desempeño de los recursos propios de una empresa durante un período específico. Proporciona información crítica a los dueños y accionistas de la empresa sobre la solidez financiera del negocio y cómo se están generando los ingresos a partir de los recursos propios. Además, se utiliza para tomar decisiones financieras importantes que pueden tener un impacto significativo en el futuro de la empresa (Chávez, 2015). Algunas de las decisiones clave que pueden derivarse de la evaluación de la rentabilidad financiera incluyen:

- **Recurrir al financiamiento interno:** Si la rentabilidad financiera es sólida, la empresa puede optar por reinvertir las ganancias en lugar de buscar financiamiento externo. Esto puede ayudar a financiar el crecimiento y las operaciones de la empresa sin diluir la propiedad o incurrir en costos financieros adicionales.
- **Recurrencia a financiamiento externo:** Si la rentabilidad financiera es insuficiente para respaldar las operaciones y el crecimiento planificado, la empresa puede considerar buscar financiamiento externo, ya sea a través de préstamos o emisión de acciones. Esto es especialmente relevante si la empresa tiene grandes proyectos de inversión o planes de expansión.
- **Ampliación de capital:** En algunos casos, la empresa puede decidir ampliar su capital emitiendo nuevas acciones. Esto puede ser una forma de recaudar fondos adicionales para financiar proyectos ambiciosos o reducir la deuda.
- **Combinación de financiamiento con ampliación de capital:** Dependiendo de la situación financiera y las necesidades de la empresa, a veces se recurre a una

combinación de financiamiento externo y ampliación de capital para obtener el capital necesario (Mendez, 2012).

En resumen, la rentabilidad financiera proporciona una visión crítica de cómo se están utilizando los capitales propios y cuánto valor se está generando a partir de ellos. Esta información es esencial para tomar decisiones financieras estratégicas y para comunicar la salud financiera de la empresa a sus propietarios y partes interesadas.

a) Rentabilidad sobre el patrimonio

El Return On Equity (ROE) es un indicador financiero esencial para evaluar la rentabilidad de una empresa en relación con su capital propio. Se obtiene al dividir la utilidad neta de la empresa entre su capital promedio durante un período específico. Este indicador ofrece información acerca de cuán eficientemente la empresa utiliza su capital propio para generar ganancias (Andrade, 2023).

El ROE es importante por varias razones:

- Mide la rentabilidad del capital propio: El ROE se centra en evaluar cuánto retorno se obtiene sobre la inversión de los accionistas y dueños de la empresa. Es un indicador clave para los inversionistas y propietarios.
- Refleja la eficiencia en la gestión: Un ROE alto sugiere que la empresa está utilizando eficazmente su capital para generar beneficios. Esto puede ser un signo de una gestión eficiente.
- Comparación con otras empresas: El ROE permite comparar la rentabilidad entre diferentes empresas, independientemente de su tamaño o estructura de capital. Es útil para evaluar cómo se desempeña una empresa en relación con sus competidores

- Toma de decisiones financieras: Los gerentes y directores utilizan el ROE para evaluar la rentabilidad y tomar decisiones relacionadas con la financiación, la inversión y la distribución de utilidades (Andrade, 2023).

En resumen, el ROE es un indicador financiero esencial que proporciona una visión clara de la rentabilidad de una empresa en relación con su patrimonio. Un ROE sólido generalmente se considera un signo de salud financiera y eficiencia en la gestión.

El Return On Equity (ROE) refleja la rentabilidad de una empresa en relación con su capital o patrimonio. En términos sencillos, muestra cuán eficazmente la empresa utiliza los recursos financieros proporcionados por accionistas y propietarios para obtener ganancias. Un ROE más elevado suele indicar una mayor rentabilidad en relación con la inversión de capital, lo que generalmente se interpreta como un signo positivo de salud financiera y eficiencia empresarial. Por el contrario, un ROE bajo podría sugerir que la empresa no está aprovechando eficazmente su capital para generar beneficios. El ROE es un indicador crítico para inversionistas, directivos y otros interesados en la empresa, ya que brinda información valiosa sobre su desempeño financiero y su capacidad para generar ganancias a partir de su inversión de capital (Andrade, 2023).

Conocida también como rentabilidad financiera, se calcula dividiendo la utilidad neta del período por el total del patrimonio de la empresa.

$$\text{ROE} = \text{UN/PP} \times 100$$

Donde:

ROE = Rentabilidad Financiera

UN = Utilidad Neta

PP = Patrimonio Promedio

Este indicador es vigilado de cerca por los actuales y posibles inversionistas de la empresa, ya que una rentabilidad financiera adecuada es esencial para mantener o atraer

inversiones. También es posible calcular algunas medidas de rentabilidad intermedias para obtener información más específica sobre el desempeño de la gerencia media. Razones como la rentabilidad sobre activos fijos, la utilidad bruta en relación con los ingresos, la utilidad operativa en relación con propiedades, planta y equipo, y la utilidad antes de impuestos en relación con el patrimonio deben calcularse para obtener una visión más detallada de los rendimientos de la organización. En las 21 fórmulas o razones financieras publicadas por SMV, encontramos diversas herramientas para evaluar la rentabilidad de una empresa (Chávez, 2015).

b) Rentabilidad sobre los activos

La Rentabilidad Económica, medida mediante el indicador Return On Assets (ROA), evalúa la eficiencia con la que una empresa utiliza sus recursos totales para generar beneficios contables. Esta métrica se enfoca en la rentabilidad de los activos sin tener en cuenta factores financieros. En otras palabras, ROA establece cuánto beneficio genera la empresa en relación con sus activos totales, independientemente de cómo estén financiados. (Mendez, 2012)

ROA es un indicador importante para evaluar la eficiencia operativa de la empresa y su capacidad para generar beneficios a partir de sus activos. Cuanto mayor sea el ROA, más eficiente es la empresa en la utilización de sus recursos para generar beneficios. Por otro lado, un ROA más bajo indica que la empresa no está utilizando eficazmente sus activos para generar beneficios (Morales, 2022).

El cálculo del Return On Assets (ROA) se basa en la relación entre la utilidad neta de una empresa y la totalidad de sus activos. Si el resultado del cálculo es positivo, significa que la empresa está generando beneficios a partir de sus activos, lo que indica que es rentable. Un ROA más alto indica que la empresa está generando más beneficios

en relación con la cantidad de activos que posee, lo que es un signo positivo de eficiencia en la gestión de activos (Morales, 2022).

En resumen, el ROA es una métrica que evalúa la eficiencia de una empresa en la generación de ganancias a partir de sus recursos. Un ROA positivo y alto es deseable, ya que significa que la empresa está aprovechando eficazmente sus activos para crear valor y beneficios.

Según Court (2010) la rentabilidad económica es una relación entre la utilidad operativa sobre los activos totales de la empresa y muestra la utilidad obtenida en unidades monetarias por una determinada cantidad de unidades monetarias invertidas sin importar las fuentes de financiamiento, y se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{ROA} = \text{UO}/\text{AT}$$

Donde:

ROA = Rentabilidad de los Activos

UO = Utilidad Operativa

AT = Activos Totales

La rentabilidad económica, o ROA, es una métrica esencial en la evaluación de la salud financiera de una empresa. Su importancia radica en varias razones:

- Medir la capacidad de generar valor: La rentabilidad económica proporciona información sobre la capacidad de una empresa para generar beneficios a partir de sus activos. Esto es fundamental para evaluar si la empresa es eficiente en la utilización de sus recursos. (Morales, 2022)
- Comparar empresas de manera equitativa: Al no tener en cuenta el financiamiento de la empresa, el ROA permite comparar la rentabilidad de diferentes empresas de manera justa. Esto es especialmente útil al comparar empresas en diferentes sectores o con diferentes estructuras de financiamiento.

- Evaluar la eficiencia de la gestión: El ROA es un indicador clave para determinar si la gestión de la empresa es eficiente. Si una empresa puede generar ganancias sólidas en relación con sus activos, sugiere una gestión efectiva. (Morales, 2022)
- Conocer la rentabilidad real: Al no considerar el financiamiento, el ROA muestra la rentabilidad real de las operaciones de la empresa. Esto permite a los inversores y gerentes evaluar la rentabilidad independientemente de la deuda y los costos financieros. (Morales, 2022)

En resumen, la rentabilidad económica es una herramienta esencial para evaluar la eficiencia operativa y la capacidad de generar valor de una empresa, lo que la convierte en un indicador crucial en el análisis financiero y la toma de decisiones empresariales.

c) Rentabilidad sobre las ventas

La fórmula de la Rentabilidad sobre las Ventas (ROS) es una medida financiera clave que se utiliza para evaluar la rentabilidad de una empresa en relación con sus ingresos por ventas. Sin embargo, no se atribuye a una referencia bibliográfica específica, ya que es un cálculo financiero ampliamente reconocido y aceptado en el mundo empresarial y financiero. (Warren et al., 2017)

El cálculo de la ROS se realiza dividiendo el beneficio neto de una empresa entre sus ingresos totales por ventas y se expresa generalmente como un porcentaje. La fórmula es la siguiente:

$$\text{ROS} = \text{Beneficio Neto} / \text{Ingresos por Ventas} \times 100$$

Donde:

"Utilidad Neta" se refiere a las ganancias netas después de impuestos de la empresa en un período determinado.

"Capital Propio" representa el valor de los fondos propios o patrimonio de la empresa, que incluye el capital aportado por los accionistas y las ganancias retenidas.

Un ROE más alto indica una mayor rentabilidad en relación con el capital propio invertido, lo que generalmente se considera positivo. Un ROE bajo podría indicar que la empresa no está utilizando eficientemente su capital propio para generar ganancias. El ROE es un indicador esencial para los inversionistas y analistas financieros, ya que les proporciona información sobre el rendimiento financiero de la empresa y su capacidad para generar valor para los accionistas. Sin embargo, es importante considerar que un ROE alto no siempre significa que una empresa sea financieramente saludable, ya que factores como el endeudamiento excesivo pueden influir en la interpretación del indicador (Morales, 2022).

En resumen, la rentabilidad sobre el capital (ROE) es un indicador financiero clave que mide la eficiencia de una empresa en la generación de ganancias con su propio capital. Proporciona información valiosa para evaluar el rendimiento financiero y la capacidad de creación de valor de una empresa.

2.5. Definición de términos básicos

- **Activos:** Un activo es un recurso con valor económico que una entidad posee o controla con la expectativa de que proporcionará un beneficio futuro. (Kieso et al., 2020)
- **Banco:** Un banco en minería se refiere a una capa horizontal de material removido de una mina a cielo abierto. Estos bancos son escalones que forman la mina, y su diseño es crucial para la estabilidad de los taludes y la eficiencia operativa. (Hustrulid et al., 2013)
- **Botadero:** Los botaderos, también conocidos como escombreras o "wastes dumps," son estructuras construidas para acumular material estéril o con un contenido mineral muy bajo que se genera como resultado de las operaciones mineras a cielo abierto o de las labores de preparación en minas subterráneas.

Estas estructuras suelen estar ubicadas cerca de las áreas de extracción o del frente de trabajo minero. (Ortiz, 2019)

- **Deformación:** La deformación se refiere a cualquier cambio en la forma, tamaño o estructura de un material como resultado de fuerzas externas aplicadas sobre él. Esta puede manifestarse de diversas formas, como elongación, compresión, flexión, torsión, corte, entre otras, dependiendo de las fuerzas y condiciones específicas a las que esté sometido el material. (Beer et al., 2014)
- **Deslizamiento:** Un deslizamiento es el movimiento hacia abajo y hacia afuera de una masa de roca, escombros o tierra a lo largo de una pendiente debido a la gravedad. Este fenómeno puede ser desencadenado por varios factores como la saturación del suelo por lluvia, terremotos, erupciones volcánicas o actividades humanas. (Price et al., 2019)
- **Escaneo:** El escaneo se refiere al proceso de registro o captura de una imagen o fotografía de un área o superficie específica utilizando un dispositivo, como un radar. En el monitoreo geotécnico y en aplicaciones como la teledetección, el escaneo se utiliza para obtener datos e imágenes de la superficie de la Tierra, como el terreno, estructuras o características geológicas.
- **InSAR:** El InSAR, que significa Interferometric Synthetic Aperture Radar (Radar de Apertura Sintética Interferométrico), es una tecnología de teledetección que utiliza datos de radar para medir deformaciones en la superficie de la Tierra con una alta precisión. Esta técnica es especialmente valiosa para monitorear cambios en el terreno, como desplazamientos de tierra, hundimientos, levantamientos y deformaciones de estructuras geológicas y superficies terrestres. (Huarache, 2020)
- **Lixiviación:** Proceso por el que se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido. Ambas fases entran en contacto

íntimo y el soluto o los solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que produce una separación de los componentes originales. (Perú Construye, 2018)

- **Macizo Rocoso:** Un macizo rocoso es una masa de roca que se presenta como una entidad geotécnica, con propiedades mecánicas y características estructurales que influyen en su comportamiento bajo cargas y condiciones específicas. La comprensión del macizo rocoso es crucial para la ingeniería civil, la minería y otras aplicaciones geotécnicas. (Ting, 2021)
- **Monitoreo:** El monitoreo se define como el proceso sistemático de recolección de datos y observaciones sobre el estado o el cambio de condiciones ambientales, utilizando técnicas y herramientas específicas. Este proceso es fundamental para la evaluación de impactos ambientales, la gestión de recursos naturales y la toma de decisiones informadas. (Pant y Tiwari, 2021)
- **PAD:** El PAD, o Pila de Lixiviación en Pilas (Heap Leach Pad, en inglés) son áreas previamente preparadas sobre las que se dispone el mineral para luego pasar por un proceso físico y químico, sobre el mineral se riega con una solución lixiviada, que origina una reacción con el mineral y recupera la solución. “De esta manera la solución se colecta en tuberías y se lleva hacia una poza, para luego pasar a la planta de procesos, para finalmente convertirlo en barras de dore de oro, cobre, plata entre los más comunes”. (Perú Construye, 2018)
- **Píxel:** Un píxel es una unidad básica de una imagen que representa un punto en un espacio bidimensional. En el contexto del monitoreo de taludes con radares, un píxel se refiere a una región específica del talud que se mide mediante el radar. La información recopilada de cada píxel se utiliza para crear una imagen o mapa del área escaneada por el radar, lo que permite detectar movimientos o cambios en el

talud con alta resolución y precisión. Cada píxel en la imagen proporciona datos sobre esa ubicación específica en el talud, y el conjunto de todos los píxeles forma el área de escaneo completa que se está monitoreando. (Burckley, 2014)

- **RADAR:** Un radar, en el contexto de monitoreo geotécnico y georadar, es un sistema de teledetección activa que utiliza ondas de microondas para recopilar información sobre la superficie del terreno. El radar emite pulsos de microondas y registra las señales reflejadas para determinar la distancia a los objetos en la superficie y su movimiento. Los radares terrestres se utilizan para monitorear áreas específicas de la superficie del terreno y pueden ser una herramienta valiosa en aplicaciones geotécnicas para detectar movimientos, deformaciones o cambios en los taludes, estructuras o áreas de interés. Este monitoreo se realiza con la ayuda de un sensor radar específico y permite recopilar datos precisos sobre la superficie escaneada. (Herrera et al, 2009)
- **RAR:** El término "RAR" se refiere a "Radar de Apertura Real" (por sus siglas en inglés, Real Aperture Radar). Los radares de apertura real fueron los primeros radares desarrollados para aplicaciones de monitoreo geotécnico y tienen la capacidad de medir tres dimensiones de la superficie de la Tierra: azimut, rango y elevación. Cada una de estas dimensiones se mide de forma independiente para cada píxel en la imagen generada por el radar. (Huarache, 2020)
- **Rentabilidad:** La rentabilidad se refiere a la capacidad de una empresa para generar ganancias en relación con sus costos y activos. Es un indicador clave de la eficiencia y efectividad de la gestión empresarial en la utilización de recursos para generar retornos financieros. (Titman, 2020)
- **SAR:** El término "SAR" se refiere a "Radar de Apertura Sintética" (por sus siglas en inglés, Synthetic Aperture Radar). El SAR es una tecnología de radar que

permite obtener imágenes de alta resolución de la superficie de la Tierra mediante la emisión de pulsos de radar y la posterior recepción de las señales reflejadas. A diferencia de los radares convencionales, que proporcionan información en una sola dimensión (como la distancia o el rango), el SAR mide dos dimensiones: el rango (distancia) y el azimut (dirección horizontal). Esto le permite crear imágenes en dos dimensiones de la superficie de la Tierra. (Huarache, 2020)

- **Tajo:** Un tajo o rajo minero es una excavación a cielo abierto utilizada en la minería para extraer minerales o rocas útiles. Este método de minería implica la remoción progresiva de material sobrecargado y mineral mediante bancos y rampas, permitiendo el acceso y la extracción eficiente de recursos minerales. (Hustrulid et al., 2013)
- **Talud:** Un talud se refiere a la superficie inclinada de un terreno o excavación en una mina a cielo abierto. En minería, los taludes son estructuras críticas cuya estabilidad debe ser monitoreada y gestionada adecuadamente para prevenir deslizamientos o colapsos que podrían poner en riesgo la seguridad y la productividad minera. (Hustrulid et al., 2013)
- **Umbrales de alerta:** Son rangos que tienen como finalidad alertar y tomar acción ante un posible evento de inestabilidad.
- **Utilidad:** La utilidad empresarial representa el exceso de ingresos totales sobre los costos totales de una empresa en un período determinado. Es una medida fundamental de la rentabilidad de una empresa y su capacidad para generar beneficios netos después de cubrir todos los gastos operativos. (Brealey et al., 2020).

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general:*

La implementación de un radar de monitoreo de taludes se relaciona directa y significativamente con la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024.

3.1.2. *Hipótesis específicas:*

- a) HE2: Las características del proceso de implementación de un radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE, en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 son clave para la prevención de accidentes y la protección de activos.
- b) HE3: La rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 antes de la implementación de un radar de monitoreo de taludes es baja.
- c) HE4: La rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 después de la implementación de un radar de monitoreo de taludes es alta.

3.2. Variables

V₁: Implementación de un radar de monitoreo de taludes

Definición conceptual: Proceso de instalar y utilizar tecnología de radar para observar y analizar la estabilidad de los taludes en terrenos, permitiendo la detección temprana de movimientos o deformaciones en los taludes, proporcionando datos críticos que pueden prevenir deslizamientos y mejorar la seguridad. (Almeida et al., 2019)

Definición operacional: La implementación de un radar de monitoreo de taludes incluye la instalación estratégica del equipo seguido de su configuración. Se determina una frecuencia adecuada de mediciones y se utilizan softwares especializados para la recolección y análisis de los datos. Además, se realizan inspecciones y mantenimientos regulares del equipo, así como actualizaciones del software de análisis para mejorar su funcionalidad y precisión. (Farina et al., 2016)

V₂: Rentabilidad de la empresa minera SGE

Definición conceptual: Capacidad de la empresa para generar ganancias y obtener un retorno sobre la inversión que sea superior a los costos operativos y de inversión. En el contexto minero, la rentabilidad se ve influenciada por factores como los precios de los minerales, los costos de producción y las políticas regulatorias. (Smith y Williams, 2020).

Definición operacional: La rentabilidad de una empresa minera se mide a través de varios indicadores clave, incluyendo los ingresos totales provenientes de las ventas de minerales, los costos operativos y de capital necesarios para la extracción y procesamiento, y la eficiencia operativa en general. Estos factores se evalúan mediante métricas como el margen de beneficio y el retorno sobre el capital empleado (ROE) (Davis y Taylor, 2018).

3.3.Operacionalización de los componentes de las hipótesis

Tabla 2*Operacionalización de los componentes de las hipótesis*

Título: Implementación de un radar de monitoreo de taludes y la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de la Libertad en el periodo 2023-2024					
Hipótesis	Definición conceptual de las variables	Definición Operacional			Técnicas e Instrumentos de recolección de datos
		Variables	Dimensiones	Indicadores	
Hipótesis General: La implementación de un radar de monitoreo de taludes se relaciona directa y significativamente con la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad en el periodo 2023-2024.	Proceso de instalar y utilizar tecnología de radar para observar y analizar la estabilidad de los taludes, permitiendo la detección temprana de movimientos o deformaciones en los taludes, proporcionando datos críticos que pueden prevenir deslizamientos y mejorar la seguridad. (Almeida, Medeiros, & Soares 2019)	Implementación de un radar de monitoreo de taludes	Procedimientos para implementar un radar de monitoreo de taludes	Selección del Radar Diseño del Sistema de Comunicación Adquisición y Preparación de Equipos Instalación y Configuración Capacitación del Personal Implementación de Protocolos de Respuesta Mantenimiento Preventivo	Encuesta: Cuestionario
			Características de los radares de monitoreo de taludes	Detección de Movimientos en Tiempo Real Monitoreo Continuo Mediciones a Distancia Alta Resolución Alertas Automatizadas Amplio Alcance y Cobertura Reducción de Riesgos Versatilidad Ahorro de Tiempo y Recursos	
			Generación de alertas y reportes	Establecimiento de Umbrales de Alarma Análisis de Tendencias Reportes y Documentación	

Capacidad de la empresa para generar ganancias y obtener un retorno sobre la inversión que sea superior a los costos operativos y de inversión. En el contexto minero, la rentabilidad se ve influenciada por factores como los precios de los minerales, los costos de producción, la eficiencia operativa, y las políticas regulatorias. (Smith & Williams, 2020).

Rentabilidad de la empresa minera SGE

Rentabilidad Financiera

Rentabilidad sobre el Patrimonio
Rentabilidad sobre los Activos
Rentabilidad sobre las Ventas

Encuesta:
Cuestionario

Mediciones convencionales
Unidades de Medida:
Evaluación de Indicadores Financieros

Hipótesis específicas:

- HE1: Las características del proceso de implementación de un radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 son claves para la prevención de accidentes y la protección de activos.
- HE2: La rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 antes de la implementación del radar de monitoreo de taludes es baja.
- HE3: La rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 después de la implementación del radar de monitoreo de taludes es alta.

CAPITULO IV

MARCO METODOLÓGICO

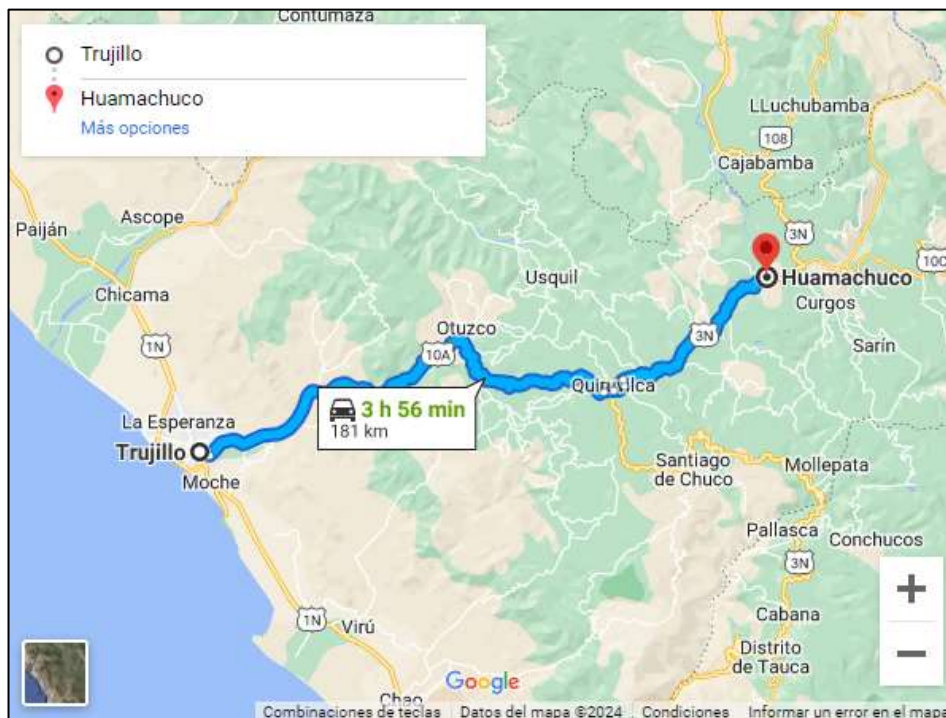
4.1.Ubicación Geográfica

La investigación considera el proyecto minero ubicado en el distrito de Huamachuco, dentro de la provincia de Sánchez Carrión, en el departamento de La Libertad, a 8.35 km de la ciudad de Huamachuco, a una altitud que varía entre los 3200 y 3600 msnm.

- País : Perú
- Departamento : La libertad.
- Provincia : Sánchez Carrión
- Distrito : Huamachuco.
- Altitud : 3475 msnm.

Figura 2

Ubicación del proyecto minero



Nota. Extraído de Google Earth.

4.2.Diseño de la investigación

La presente investigación es un estudio básico que busca contribuir al conocimiento sobre la relación entre la tecnología de monitoreo geotécnico y los resultados financieros de una empresa minera. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), “la investigación básica se realiza con el propósito de incrementar el cuerpo de conocimientos existentes sin que necesariamente tenga una aplicación práctica inmediata” (p. 41). En este caso, la implementación de un radar de monitoreo de taludes permite estudiar cómo una innovación tecnológica puede optimizar la seguridad operacional y reducir costos por paralización, lo cual, en última instancia, influye en la rentabilidad. La correlación entre ambas variables será cuantificada desde un enfoque cuantitativo, lo que permite analizar datos concretos de operación minera y financieros, y extraer patrones objetivos que contribuyan a la teoría y a la toma de decisiones gerenciales.

Además, el diseño no experimental y de corte transeccional-transversal se justifica porque los datos se recogerán en un periodo determinado de tiempo 2023-2024, sin manipulación deliberada de variables, permitiendo identificar asociaciones estadísticas entre la implementación del radar y los indicadores de rentabilidad. Tal como señala Sampieri et al. (2014), “en el diseño no experimental los investigadores no manipulan intencionalmente las variables independientes, sino que observan los fenómenos tal como se dan en su contexto natural” (p. 149). Asimismo, el nivel correlacional del estudio es adecuado ya que se pretende medir el grado de relación entre las tecnologías de monitoreo preventivo y la eficiencia económica de la empresa SGE, sin establecer causalidad directa, pero sí evidenciar su impacto potencial en la sostenibilidad financiera de las operaciones mineras en Huamachuco.

4.3.Métodos de investigación

El método inductivo deductivo permite combinar un enfoque general a particular y viceversa, facilitando la comprensión y generalización de los resultados obtenidos. El método analítico-sintético, por otro lado, descompone los elementos de estudio para luego integrarlos y comprender la relación entre sus partes, proporcionando un análisis exhaustivo en el proceso de investigación (Hernández et al., 2021)

La presente investigación utiliza el **método inductivo deductivo**, ya que se describen las características de las variables identificando la relación entre ellas; y se verifica a través de un análisis en los estados financieros el comportamiento de la rentabilidad de la empresa.

Además, se utiliza el método **analítico sintético**: Analiza el comportamiento de las variables, así como también los estados financieros de la situación económica de la empresa para luego sintetizarlos y presentarlos en los resultados y las conclusiones.

4.4.Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

a) Población

La población se define como el conjunto completo de elementos, individuos, o unidades que comparten características específicas y que son el foco del estudio según Kumar (2021).

Para definir la población del estudio, consideré un total de 196 trabajadores de las áreas de proyectos, procesos, mina, planeamiento, seguridad y sistemas. Estos departamentos tienen un involucramiento directo con el funcionamiento y uso del radar, ya que el monitoreo de taludes y la interpretación de datos generados por esta tecnología afectan directamente sus actividades diarias y decisiones operativas. La selección de estos departamentos permite capturar las opiniones y conocimientos de aquellos que

interactúan de manera continua con el radar y su impacto en la operación y seguridad de la mina.

b) Muestra

Una muestra es un grupo seleccionado de manera representativa de la población completa, que permite a los investigadores realizar estudios y obtener datos sin necesidad de examinar toda la población según (Creswell y Creswell, 2018).

La muestra es no probabilística por conveniencia, conformada por 25 trabajadores del nivel de jefatura de las áreas mencionadas. Todos ellos ocupan posiciones de jefatura o niveles superiores dentro de la empresa, lo que implica que están familiarizados con el uso de la tecnología de radar y cuentan con el conocimiento necesario para interpretar adecuadamente los datos generados por esta herramienta. Además, estos trabajadores tienen un manejo básico o intermedio de terminologías financieras y conocimientos en finanzas, lo cual les permite evaluar de manera informada la relación existente entre la implementación del radar de monitoreo de taludes y la rentabilidad de la empresa. Esta combinación de experiencia técnica y comprensión financiera hace que su percepción sea especialmente valiosa para el presente estudio.

Tabla 3

Muestra seleccionada

Nº	Área	Nº de trabajadores
1	Proyectos	05
2	Procesos	04
3	Mina	06
4	Planeamiento	06
5	Seguridad	03
6	Sistemas	01
Total		25

c) **Unidades de análisis**

La unidad de análisis se refiere a la entidad específica o el objeto de estudio sobre el cual se recopilan y analizan los datos en una investigación, determinando el enfoque del estudio según Babbie (2021). Según este dictamen, en la investigación la unidad de análisis está compuesto por las áreas involucradas y los estados financieros.

d) **Unidades de observación**

De acuerdo con (Dorati et al., 2013), la unidad de observación viene a ser las referencias empíricas que el investigador utiliza para obtener datos o información que necesita de la unidad de análisis. También, la unidad de observación es el soporte o técnicas que facilitan la recolección de información.

La unidad de observación en esta investigación está conformando por cada uno de los trabajadores de nivel de jefatura de las áreas de proyectos, procesos, mina, planeamiento, seguridad y sistemas.

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

a) **Técnicas**

Encuesta: La encuesta se define como un método de empírica que utiliza un instrumento o formulario impreso o digital, destinado a obtener respuestas sobre el problema en estudio, y que los sujetos que aportan la información llenan por sí mismos. (Ávila et al, 2020). Para esta investigación se usó la encuesta.

b) **Instrumento**

Cuestionario: El cuestionario es un conjunto de preguntas, respecto a una variable o más a medir. (Ávila et al., 2020). El instrumento utilizado en este trabajo de investigación es el cuestionario, conformado por un determinado número de preguntas referentes a ambas variables.

c) Validación

La validación del instrumento que se utilizó para la recopilación de información fue validada por expertos en investigación, teniendo el siguiente veredicto:

Tabla 4

Datos de los validadores

Apellidos y nombres	Grado académico	Veredicto
Nacarino Díaz Janeth Esther	Doctora en Economía	Aplicable
Rojas Alcalde Yrma Violeta	Doctora en Economía	Aplicable
Edwin Rodríguez Fernández	Doctor en Economía	Aplicable

Nota. Los jurados validadores indican que los cuestionarios son aplicables.

d) Fiabilidad

La fiabilidad del instrumento del cuestionario que se aplicó ha sido determinada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach.

Tabla 5

Resumen del proceso de casos

		N	%
Casos	Válido	25	100%
	Excluido	0	0
	Total	25	100%

Nota. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Tabla 6

Estadísticas de fiabilidad de la variable implementación de un radar

Alfa de Cronbach	N de elementos
.847	23

Nota. El instrumento usado para medir la variable implementación de un radar es muy fiable al tenerse un valor (Alfa de Cronbach = 0.847 > 0.8).

Dado que el Alfa de Cronbach es superior a 0.8, podemos considerar que el instrumento utilizado para medir esta variable es muy fiable. Esto indica que los elementos del cuestionario o escala están consistentemente midiendo el mismo constructo y que existe una buena coherencia interna entre las preguntas o ítems relacionados con la implementación del radar.

Tabla 7

Estadísticas de fiabilidad de la variable rentabilidad de la empresa minera SGE

Alfa de Cronbach	N de elementos
.938	13

Nota. El instrumento usado para medir la variable rentabilidad de la empresa minera SGE es muy fiable al tenerse un valor (Alfa de Cronbach = 0.938 > 0.8).

Este valor es incluso mayor, superando el umbral de 0.9, lo que indica una excelente fiabilidad. Esto sugiere que el instrumento es extremadamente consistente en sus mediciones y que los ítems reflejan con precisión la rentabilidad de la empresa minera, sin generar respuestas inconsistentes o dispersas entre ellos.

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

En este estudio se procederá a realizar una estadística descriptiva para la presentación de los resultados y finalmente, se contrastarán las hipótesis con los estadísticos correspondientes. Se utilizó el programa SPSS V25 para el análisis estadístico; el programa Microsoft Word para redactar el informe de investigación, el programa Microsoft Excel en donde se almacenaron y se procesaron los datos de la investigación y también se utilizó el software IQ Monitor para el procesamiento de data del radar. El análisis de la información se realizó mediante procesos lógicos – secuenciales para la obtención de resultados válidos.

4.7. Matriz de consistencia metodológica

Tabla 8
Matriz de consistencia metodológica

Título: Implementación de un radar de monitoreo de taludes y la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de la Libertad en el periodo 2023-2024								
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra
Pregunta General: - ¿De qué manera se relaciona la implementación de un radar de monitoreo de taludes con la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024?	Objetivo General: - Analizar la relación de la implementación de un radar de monitoreo de taludes con la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024.	Hipótesis General: La implementación de un radar de monitoreo de taludes se relaciona directa y significativamente con la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024.	Implementación de un radar de monitoreo de taludes	Procedimientos para implementar un radar de monitoreo de taludes	Selección del Radar Diseño del Sistema de Comunicación Adquisición y Preparación de Equipos Instalación y Configuración Capacitación del Personal Implementación de Protocolos de Respuesta Mantenimiento Preventivo	Encuesta: Cuestionario		
Preguntas Auxiliares: - ¿Cuáles son las características del proceso de implementación de un radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo	Objetivos específicos: - Describir las características de los procedimientos de implementación de un radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo	Hipótesis específicas: - HE1: Las características del proceso de implementación de un radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, periodo 2023-2024 son claves para la prevención de		Características de los radares de monitoreo de taludes	Detección de Movimientos en Tiempo Real Monitoreo Continuo Mediciones a Distancia Alta Resolución Alertas			
							El tipo de investigación es aplicada, no experimental, de carácter correlacional, de alcance	Población: 196 trabajadores de las áreas de proyectos, procesos, mina,

2023-2024? - ¿Cuál es el nivel de rentabilidad en la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 antes de la implementación del radar de monitoreo de taludes? - ¿Cuál es el nivel de rentabilidad en la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 después de la implementación del radar de monitoreo de taludes?	2023-2024. - Establecer el nivel de rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 antes de la implementación del radar de monitoreo de taludes. - Establecer el nivel de rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 después de la implementación del radar de monitoreo de taludes.	accidentes y la protección de activos. - HE2: La rentabilidad de la empresa minera SGE, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 antes de la implementación del radar de monitoreo de taludes es baja. - HE3: La rentabilidad de la empresa minera SGE, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 después de la implementación del radar de monitoreo de taludes es alta.	Generación de alertas y reportes	Automatizadas Amplio Alcance y Cobertura Reducción de Riesgos Versatilidad Ahorro de Tiempo y Recursos Establecimiento de Umbrales de Alarma Análisis de Tendencias Reportes y Documentación	Encuesta: Cuestionario	descriptivo y de corte transeccional-transversal de método inductivo deductivo y también analítico-sintético.	planeamiento, seguridad y sistemas. Muestra: 25 trabajadores de nivel de jefatura.
			Rentabilidad de la empresa minera SGE	Rentabilidad Financiera	Rentabilidad sobre el Patrimonio Rentabilidad sobre los Activos Rentabilidad sobre las Ventas	Mediciones convencionales : Unidades de Medida: Evaluación de Indicadores Financieros	

CAPÍTULO V

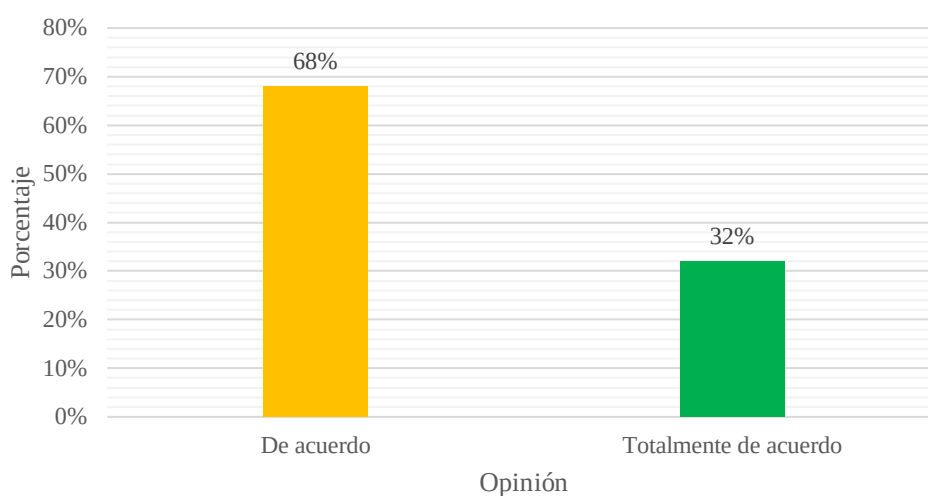
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados.

5.1.1. Análisis descriptivo de la variable implementación de un radar

Figura 3

Análisis variable implementación de un radar



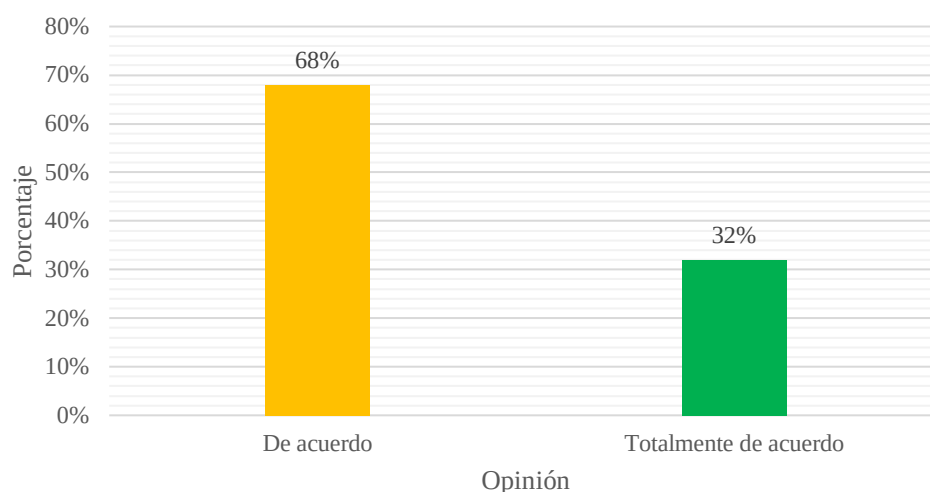
Nota. Basado en los resultados del trabajo de campo

Los resultados muestran que el 100% de los participantes valoran positivamente la implementación del radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE: un 68% está “De acuerdo” y un 32% “Totalmente de acuerdo”. Esto significa que todos los encuestados perciben al radar como una medida beneficiosa, especialmente para mejorar la seguridad y la estabilidad en los taludes de la mina, ya que permite detectar posibles movimientos o inestabilidades de forma temprana. En conclusión, la aceptación total de esta tecnología demuestra que la empresa ha realizado una inversión certificada para proteger tanto a su personal como la continuidad y eficiencia de sus operaciones, generando así un beneficio. Para mayor detalle ver el Anexo 01.

5.1.2. Análisis descriptivo de la dimensión procedimientos para implementar un radar

Figura 4

Análisis dimensión procedimientos para implementar un radar



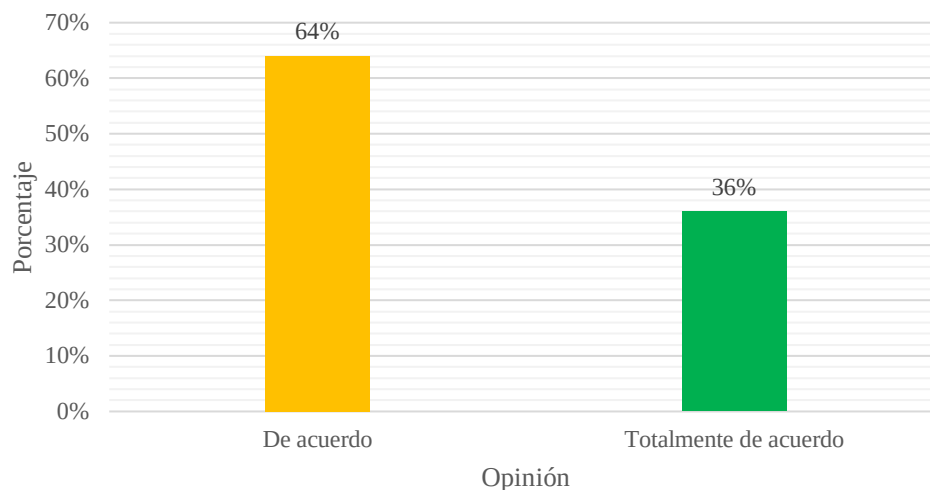
Nota. Basado en los resultados del trabajo de campo

Los resultados muestran que el 100% de los participantes están de acuerdo con los procedimientos para implementar el radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE. Un 68% está "De acuerdo" y un 32% está "Totalmente de acuerdo", lo que indica que la mayoría percibe que los procedimientos para su instalación y operación fueron adecuados y eficaces. Esta aceptación sugiere que la instalación del radar se realizó correctamente, lo cual es fundamental para garantizar la seguridad en la mina. Dado que el radar ya está instalado, su funcionamiento adecuado contribuye a reducir los riesgos de accidentes y mejorar la seguridad operativa. Además, una correcta implementación y operación del radar impacta positivamente en la rentabilidad de la empresa, al evitar costos imprevistos por paradas operativas o daños a la infraestructura. También garantiza la continuidad de las operaciones mineras, lo que contribuye a una mayor eficiencia y productividad. En consecuencia, el uso del radar mejora la estabilidad financiera de la empresa, optimizando los recursos y contribuyendo. Para mayor detalle ver el Anexo 02.

5.1.3. Análisis descriptivo de la dimensión características de los radares

Figura 5

Análisis dimensión características de los radares



Nota. Basado en los resultados del trabajo de campo

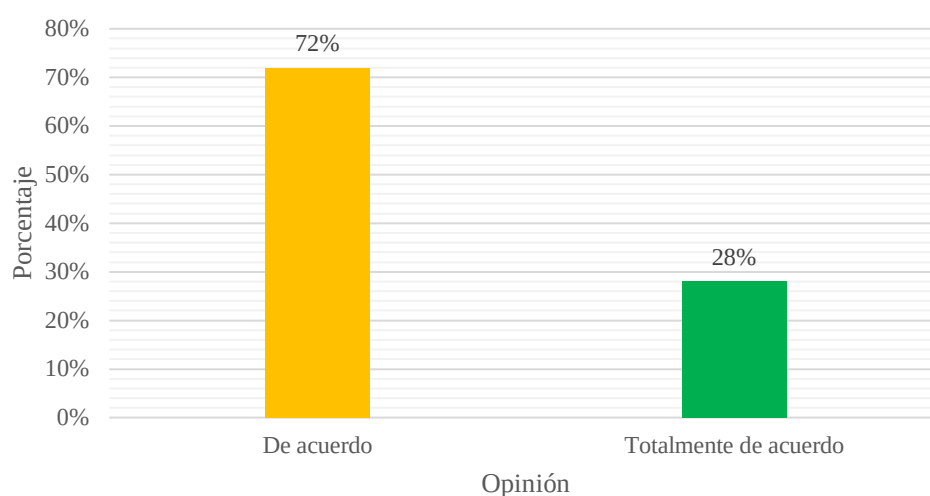
Los resultados muestran que el 100% de los participantes están de acuerdo con las características del radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE. Un 64% está "De acuerdo" y un 36% está "Totalmente de acuerdo", lo que indica que la mayoría percibe que las características del radar son adecuadas y cumplen con los requisitos necesarios para su funcionamiento. Esta alta aceptación refleja que los participantes consideran que las especificaciones técnicas y operativas del radar son las correctas y que están alineadas con los objetivos de monitoreo de taludes. La implementación exitosa de un radar con estas características contribuye a mejorar la seguridad de la operación minera, al ofrecer una herramienta eficaz para monitorear los taludes y detectar posibles riesgos. Además, al asegurar que el radar funcione correctamente, se optimizan los recursos y se reducen los costos asociados con fallos o intervenciones no previstas. Esto, a su vez, tiene un impacto positivo en la rentabilidad de la empresa, garantizando operaciones más seguras y eficientes, y minimizando pérdidas por accidentes o paradas imprevistas. La percepción positiva de las características del radar también fortalece la

confianza de los trabajadores y los inversionistas, lo que puede aumentar la estabilidad financiera de la empresa y asegurar su sostenibilidad. Para mayor detalle ver el Anexo 03.

5.1.4. *Análisis descriptivo de la dimensión generación de alertas y reportes*

Figura 6

Análisis dimensión generación de alertas y reportes



Nota. Basado en los resultados del trabajo de campo

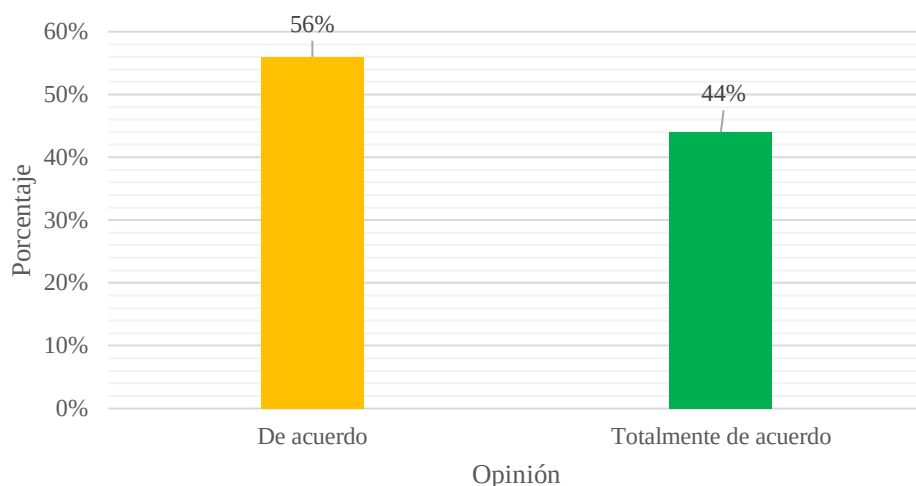
Los resultados muestran que el 100% de los participantes están de acuerdo con la generación de alertas y reportes del radar en la empresa minera SGE. Un 72% está "De acuerdo" y un 28% está "Totalmente de acuerdo", lo que indica que la mayoría de los encuestados considera que el radar cumple de manera satisfactoria con la función de generar alertas e informes oportunos. Esta aceptación refleja que los participantes perciben que el sistema de alertas es efectivo para detectar posibles riesgos en los taludes y proporcionar información crucial para la toma de decisiones. Además, la generación de reportes facilita el análisis y seguimiento de las condiciones de los taludes, lo que permite a la empresa optimizar su respuesta ante posibles amenazas. En conjunto, estas características contribuyen a mejorar la eficiencia operativa, reducir costos imprevistos y

fortalecer la rentabilidad de la empresa al mantener una operación más segura y controlada. Ver Anexo 04.

5.1.5. *Análisis descriptivo de la variable rentabilidad de la empresa minera SGE*

Figura 7

Análisis dimensión rentabilidad de la empresa minera SGE



Nota. Basado en los resultados del trabajo de campo

Los resultados muestran que la mayoría de los encuestados tiene una percepción positiva sobre la situación financiera de la empresa. Del total de 25 participantes, el 56% indicó estar "de acuerdo" con la afirmación relacionada con la rentabilidad, mientras que el 44% se mostró "totalmente de acuerdo". Esto significa que el 100% de los encuestados considera que la rentabilidad financiera de la empresa es adecuada, ya sea en un grado moderado o en un nivel completamente favorable. Estos resultados reflejan una visión generalmente optimista sobre la rentabilidad de la empresa minera SGE, lo que podría sugerir una gestión financiera eficiente y una percepción positiva por parte de los involucrados en el análisis. Este tipo de resultados es importante, ya que puede ser un indicador clave para la toma de decisiones estratégicas en la empresa, especialmente si se considera en el contexto del impacto de la implementación del radar de monitoreo de salud. Ver el Anexo 05.

5.1.6. Análisis de los estados financieros de la empresa minera SGE

Se realizó un análisis vertical de los estados financieros en dos periodos: antes y después de la adquisición e instalación del equipo. Para poder estudiar la rentabilidad se tomó el año 2023 (antes) y el año 2024 (después). Este análisis tiene como objetivo identificar cómo la mejora en la gestión de riesgos geotécnicos y la reducción de incidentes ha influido en los resultados financieros de la compañía.

Tabla 9

Estado de Situación Financiera

ESTADO DE SITUACIÓN FINANCIERA DEL AÑO 2023 AL 2024 EXPRESADO EN DOLARES				
Cuenta	2024	%	2023	%
Activos				
Activos Corrientes				
Efectivo y Equivalentes al Efectivo	233217	5%	68945	2%
Cuentas por Cobrar Comerciales y Otras Cuentas por Cobrar	155617	4%	134207	3%
Cuentas por Cobrar Comerciales	112173	3%	99759	3%
Cuentas por Cobrar a Entidades Relacionadas	545	0,01%	1792	0%
Otras Cuentas por Cobrar	40036	0,93%	28002	1%
Anticipos	2863	0,07%	4654	0%
Inventarios	39866	0,92%	38331	1%
Activos por Impuestos a las Ganancias	0	0,00%	13056	0%
Otros Activos no Financieros	8625	0,20%	15827	0%
Total Activos Corrientes Distintos de los Activos no Corrientes o Grupos de Activos para su Disposición Clasificados como Mantenidos para la Venta o para Distribuir a los Propietarios	437325	10,11%	270366	7%
Total Activos Corrientes	437325	10%	270366	7%
Activos No Corrientes				0%
Inversiones en Subsidiarias, Negocios Conjuntos y Asociadas	2218187	51%	2116280	54%
Cuentas por Cobrar Comerciales y Otras Cuentas por Cobrar	544327	13%	558107	14%
Otras Cuentas por Cobrar	544327	13%	558107	14%
Propiedades, Planta y Equipo	1008906	23%	845579	21%
Activos por Impuestos Diferidos	88896	2%	115651	3%
Activos por Impuestos Corrientes, no Corrientes	1668	0%	1909	0%
Otros Activos no Financieros	24456	1%	25497	1%
Total Activos No Corrientes	3886440	90%	3663023	93%
TOTAL DE ACTIVOS	4323765	100%	3933389	100%
Pasivos y Patrimonio				
Pasivos Corrientes				
Otros Pasivos Financieros	2709	0,3%	3326	0%

Cuentas por Pagar Comerciales y Otras Cuentas por Pagar	178801	18%	171731	19%
Cuentas por Pagar Comerciales	128987	13%	124375	13%
Cuentas por Pagar a Entidades Relacionadas	44017	5%	32029	3%
Otras Cuentas por Pagar	5797	1%	15327	2%
Provisión por Beneficios a los Empleados	34546	4%	25584	3%
Otras Provisiones	61929	6%	60483	7%
Pasivos por Impuestos a las Ganancias	8721	1%	0	0%
Otros Pasivos no Financieros	0	0%	0	0%
Total de Pasivos Corrientes Distintos de Pasivos Incluidos en Grupos de Activos para su Disposición Clasificados como Mantenidos para la Venta	286706	30%	261124	28%
Total Pasivos Corrientes	286706	30%	261124	28%
Pasivos No Corrientes	0	0%	0	0%
Otros Pasivos Financieros	579254	60%	574821	62%
Provisión por Beneficios a los Empleados	9029	1%	6477	1%
Otras Provisiones	91696	9%	84507	9%
Total Pasivos No Corrientes	679979	70%	665805	72%
Total Pasivos	966685	100%	926929	100%
Patrimonio				
Capital Emitido	750497	22%	750497	25%
Primas de Emisión	218450	7%	218450	7%
Acciones de Inversión	791	0%	791	0%
Otras Reservas de Capital	195436	6%	195269	6%
Resultados Acumulados	2192002	65%	1841549	61%
Otras Reservas de Patrimonio	-96	0%	-96	0%
Total Patrimonio	3357080	100%	3006460	100%
TOTAL, PASIVO Y PATRIMONIO	4323765		3933389	

La adquisición del radar de monitoreo de taludes en 2023, realizada con una inversión de 400,000 dólares. Esta compra incrementó los activos no corrientes y fue registrada bajo la cuenta de Propiedades, Planta y Equipo, cuyo valor total para 2023 ascendió a 845,579 dólares, incluyendo el radar como un activo estratégico para la seguridad de las operaciones mineras. La presencia del radar ha sido fundamental para mejorar el monitoreo y reducir los riesgos operativos, permitiendo un control más efectivo de la estabilidad de los taludes. En el año 2024, se observa que el valor en Propiedades, Planta y Equipo aumentó a 1,008,906 dólares, lo cual representa un incremento de 163,327 dólares en comparación con el año anterior. Aunque esta variación no incluye un nuevo radar, indica que la empresa ha continuado invirtiendo en tecnología y mejoras en infraestructura. Además, al ser el radar un activo de larga vida útil, se aplica

una depreciación anual que permite distribuir su costo a lo largo del tiempo, reduciendo su valor contable año a año y optimizando su impacto financiero. Esta distribución del costo, además, favorece la rentabilidad a largo plazo al reducir gastos relacionados con contingencias y asegurar la continuidad de las operaciones.

La evaluación de los pasivos permite afirmar que la adquisición del radar de monitoreo de taludes por 400,000 dólares en 2023 no generó un impacto significativo en los pasivos corrientes o no corrientes, lo que sugiere que esta inversión no fue completamente financiada mediante deuda. Al revisar los pasivos corrientes, se observa que la cuenta de "Otros Pasivos Financieros" disminuyó de 3,326 dólares en 2023 a 2,709 dólares en 2024, lo cual indica que no se utilizó financiamiento a corto plazo para cubrir la adquisición del radar.

Por otro lado, en los pasivos no corrientes, "Otros Pasivos Financieros" muestra un leve incremento, pasando de 574,821 dólares en 2023 a 579,254 dólares en 2024, con un aumento de 4,433 dólares. Este incremento es modesto en comparación con el costo del radar, lo que indica que el financiamiento de la compra se gestionó con fondos internos.

En 2024, los "Resultados Acumulados" ascienden a 2,192,002 dólares, mientras que en 2023 eran 1,841,549 dólares. Esto representa un incremento de 350,453 dólares o aproximadamente un 19%. Este aumento sugiere una mejora en la rentabilidad neta de la empresa, lo que está parcialmente atribuido a la estabilidad operativa y la reducción de riesgos asociados a la operación del radar. El patrimonio total también muestra un crecimiento notable, pasando de 3,006,460 dólares en 2023 a 3,357,080 dólares en 2024, lo cual representa un incremento de 350,620 dólares o aproximadamente un 11.5%.

Tabla 10*Estado de Resultados*

ESTADO DE RESULTADOS DEL AÑO 2023 AL 2024 EXPRESADO EN DOLARES					
	2024		2023		2024-2023
Cuenta	Importe	%	Importe	%	Variación
Ingresos de Actividades Ordinarias	491370	1	227770	1	263600,0
Costo de Ventas	-333997	68%	-249257	109%	-84740,0
Ganancia (Pérdida) Bruta	157373	0,3203	-21487	0,0943	178860,0
Gastos de Ventas y Distribución	-8432	0,0172	-4903	0,0215	-3529,0
Gastos de Administración	-34554	0,0703	-31765	0,1395	-2789,0
Otros Ingresos Operativos	114209	0,2324	37898	-0,1664	76311,0
Otros Gastos Operativos	-57085	0,1162	-40076	0,1759	-17009,0
Ganancia (Pérdida) Operativa	171511	0,3490	-60333	0,2649	231844,0
Ingresos Financieros	2625	0,0053	2902	-0,0127	-277,0
Gastos Financieros	-32981	-0,0671	-32209	0,1414	-772,0
Otros Ingresos (Gastos) de las Subsidiarias, Asociadas y Negocios Conjuntos	282547	0,5750	105749	0,4643	176798,0
Diferencias de Cambio Neto	-492	-0,0010	3,052	0,0000	-495,1
Ganancia (Pérdida) antes de Impuestos	423210	0,8613	19161	0,0841	404049,0
Ingreso (Gasto) por Impuesto	-52613	-0,1071	10027	0,0440	-62640,0
Ganancia (Pérdida) Neta de Operaciones Continuas	37059,7	0,0754	29188	0,1281	7871,7
Ganancia (Pérdida) procedente de Operaciones Discontinuas, neta de Impuesto	-1521	-0,0031	439	0,0019	-1960,0
Ganancia (Pérdida) Neta del Ejercicio	369076	0,7511	29627	0,1301	339449,0

El "Costo de Ventas" en 2024 fue de 333,997 dólares, mientras que en 2023 fue de 249,257 dólares, lo que representa un incremento de 84,740 dólares o aproximadamente 33.9%. Este aumento puede reflejar los costos operativos de la operación en general.

Los "Otros Gastos Operativos" en 2024 fueron de 57,085 dólares, en comparación con 40,076 dólares en 2023, lo que representa un aumento de 17,009 dólares o aproximadamente 42.4%. Este incremento podría deberse a otros factores ajenos al radar. Aunque los costos aumentaron, la Ganancia Bruta creció de una pérdida de 21,487 dólares en 2023 a una ganancia de 157,373 dólares en 2024 (832.4%), lo cual indica que, pese a los incrementos en costos, el radar ayudó a mejorar la eficiencia en las operaciones, resultando en una ganancia neta más alta. La "Ganancia Operativa Neta" pasó de una pérdida de 60,333 dólares en 2023 a una ganancia de 171,511 dólares en 2024, lo que

indica que, a pesar de ciertos aumentos en costos, la inversión en el radar ha contribuido a reducir pérdidas por paradas no planificadas y emergencias, mejorando así el rendimiento general.

a) **Cálculo de ROA y ROE**

Tabla 11

Fórmula del ROA

ROA (Retorno sobre los Activos)			
ROA	=	$\frac{\text{UTILIDAD NETA}}{\text{ACTIVOS}}$	X 100

Tabla 12

Cálculo del ROA

ROA			
Año 2023	ROA	$= \frac{29627}{3933389}$	= 0,8%
Año 2024	ROA	$= \frac{369076}{4323765}$	= 8,5%

La mejora significativa en el ROA de 0.8% en 2023 a 8.5% en 2024 podría estar estrechamente relacionada con la implementación del radar de monitoreo de taludes. Este incremento en la rentabilidad sugiere que el radar ha permitido optimizar las operaciones mineras al mejorar la seguridad, reducir costos imprevistos y evitar interrupciones operativas. Al detectar posibles riesgos en los taludes de manera temprana, el radar contribuye a prevenir accidentes y pérdidas económicas, lo que se traduce en una mayor eficiencia en el uso de los activos de la empresa. De esta manera, la inversión en tecnología como el radar no solo mejora la seguridad, sino que también impacta directamente en la rentabilidad de la empresa, reflejándose en un notable aumento en el ROA. Además, el radar facilita una mejor gestión de los recursos, optimizando los

procesos operativos y reduciendo tiempos de inactividad, lo que se traduce en una mayor productividad y rentabilidad general.

Tabla 13

Fórmula del ROE

ROE (Retorno sobre Patrimonio)	
ROE	$= \frac{\text{UTILIDAD NETA}}{\text{PATRIMONIO NETO}} \times 100$

Tabla 14

Cálculo del ROE

ROE (Retorno sobre el Patrimonio)			
Año 2023	ROE	$= \frac{29627}{3006460} =$	1,0%
Año 2024	ROE	$= \frac{369076}{3357080} =$	11,0%

La mejora en el ROE de 1.0% en 2023 a 11.0% en 2024 refleja un incremento significativo en la rentabilidad generada por la empresa en relación con el capital invertido por los accionistas. Este cambio positivo puede estar relacionado con la implementación del radar de monitoreo de taludes, que ha permitido a la empresa mejorar la seguridad y eficiencia operativa. Al prevenir riesgos y reducir costos imprevistos, como interrupciones operativas o daños a la infraestructura, el radar ha contribuido a optimizar el uso del capital propio de los accionistas. El aumento en la rentabilidad de la empresa, reflejado en el ROE, sugiere que la inversión en tecnología ha sido una decisión acertada, no solo en términos de mejorar la seguridad y las operaciones, sino también en generar un mayor retorno sobre el capital invertido. lo que beneficia a los accionistas y fortalece la estabilidad financiera de la empresa a largo plazo. En conjunto, ambos indicadores sugieren que la inversión en tecnología y monitoreo geotécnico ha tenido un impacto positivo en la rentabilidad y la eficiencia operativa de la empresa minera. La

implementación del radar de monitoreo de taludes no solo ha contribuido a mejorar la seguridad y prevenir posibles desastres, sino que también ha optimizado los procesos operativos, reduciendo costos imprevistos y aumentando la productividad. Esto ha permitido a la empresa generar mayores ingresos con los mismos activos y capital, lo que se refleja en el notable incremento de los indicadores ROA y ROE. Así, la inversión en tecnologías avanzadas, como el radar, demuestra ser un factor clave en la mejora de la rentabilidad y sostenibilidad financiera de la empresa minera.

5.2. Contrastación de hipótesis

Para analizar la relación de las variables se realizó el siguiente análisis:

Resultados descriptivos de las variables:

Tabla 15

Resumen de procesamiento de variables

Variable	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Implementación de un radar	25	100.0%	0	0.0%	25	100.0%
Rentabilidad de la empresa minera SGE	25	100.0%	0	0.0%	25	100.0%

Ambas variables, Implementación de un radar y Rentabilidad de la empresa minera SGE, tienen 25 observaciones válidas y ninguna perdida. Esto asegura que el análisis contará con un conjunto completo de datos para las pruebas estadísticas sin ningún valor faltante.

Tabla 16

Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Implementación de un radar	.138	25	.200*	.971	25	.683
Rentabilidad de la empresa minera SGE	.279	25	<.001	.866	25	.004

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En el caso de la Implementación de un radar, los dos valores de p (Kolmogorov-Smirnov = 0.200 y Shapiro-Wilk = 0.683) son mayores que el umbral común de significancia de 0.05. Esto indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad. En otras palabras, los datos de esta variable parecen seguir una distribución normal.

En el caso de la Rentabilidad de la empresa minera SGE, ambos valores de p (Kolmogorov-Smirnov = <0.001 y Shapiro-Wilk = 0.004) son menores que 0.05. Esto sugiere que hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad. En consecuencia, los datos no siguen una distribución normal.

Por lo tanto, la prueba usada para la contratación de hipótesis es no paramétrica: justificando de esta manera el uso del coeficiente de correlación de Rho de Spearman.

5.2.1. Contrastación de la hipótesis general

Se realiza la contrastación de la hipótesis general:

HE: La implementación del radar de monitoreo de taludes se relaciona directa y significativamente con la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024.

H0: No existe una relación significativa entre la implementación de un radar de monitoreo de taludes con la rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024.

- a) **Prueba a usar:** Rho de Spearman, ya que la variable implementación del radar tiene una distribución normal; sin embargo, rentabilidad de la empresa minera SGE no tienen una distribución normal.

Tabla 17

Correlación entre implementación de un radar y la rentabilidad de la empresa minera SGE

			Implementación de un radar	Rentabilidad de la empresa minera SGE
Rho de Spearman	Implementación de un radar	Coefficiente de correlación	1.000	.462*
		Sig. (bilateral)	.	.020
		N	25	25
	Rentabilidad de la empresa minera SGE	Coefficiente de correlación	.462*	1.000
		Sig. (bilateral)	.020	.
		N	25	25

El coeficiente de correlación de Spearman ($\rho=0.462$) entre la implementación del radar de monitoreo de taludes y la rentabilidad de la empresa minera SGE sugiere una relación moderada y positiva. Esto indica que la implementación de esta tecnología de monitoreo tiene una asociación directa con la rentabilidad: a medida que la implementación es más adecuada o avanzada, la rentabilidad tiende a incrementarse.

El p-valor (significancia) de $0.020 < a 0.05$ indica que esta correlación es estadísticamente significativa, con un nivel de confianza del 95%. Esto proporciona evidencia sólida de que la relación observada no es producto del azar, lo cual respalda la hipótesis de que la implementación del radar tiene un impacto positivo en la rentabilidad de la empresa. Estos resultados son consistentes con la hipótesis general. La correlación moderada y positiva respalda la idea de que la implementación de un radar de monitoreo de taludes no solo ayuda en la seguridad y prevención de riesgos, sino que también tiene un impacto positivo en la rentabilidad de la empresa minera. Esto podría deberse a que un sistema de monitoreo efectivo permite una mejor gestión de riesgos, evitando pérdidas por accidentes y reduciendo paradas operativas inesperadas, lo cual contribuye directamente a la rentabilidad.

En conclusión, los datos respaldan la hipótesis general: la implementación del radar de monitoreo de taludes se relaciona de manera positiva y moderada con la rentabilidad de la empresa minera SGE en el contexto especificado (dado que el coeficiente de correlación tiene valor positivo y se encuentra entre el intervalo [0.4 a 0.6]). Estos hallazgos sugieren que una adecuada implementación de esta tecnología se relaciona en forma válida con la mejora de la rentabilidad de la empresa minera.

Además, la contrastación de esta hipótesis se realizó a partir del análisis detallado de los indicadores de rentabilidad antes y después de la implementación del radar. Los resultados muestran que la implementación del radar contribuyó a una disminución en los costos asociados a paradas imprevistas y emergencias operativas debido a su capacidad para detectar deformaciones en los taludes de manera oportuna, reflejándose en una mejora de la rentabilidad.

Así, se concluye que la implementación del radar tiene una influencia positiva en la rentabilidad de la empresa minera, alineándose con el objetivo general del estudio y demostrando el impacto favorable de esta tecnología en la operación y eficiencia financiera de la empresa.

5.2.2. *Contrastación de las hipótesis específicas*

Se realiza la contrastación de las hipótesis específicas:

a) Hipótesis específica HE1:

HE1: Las características del proceso de implementación de un radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE, en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 son claves para la prevención de accidentes y la protección de activos.

H0: Las características del proceso de implementación de un radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE, en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez

Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024 no son clave para la prevención de deslizamientos ni para la protección de activos.

Para contrastar esta hipótesis, se ha realizado un análisis de los antecedentes de estudios de casos anteriores, que proporciona evidencia sólida sobre la efectividad de la implementación del radar de monitoreo de taludes en la prevención de deslizamientos y la mejora de la gestión de riesgos en operaciones mineras.

Los estudios realizados en diversas minas confirman que la implementación de tecnologías de radar para monitorear la estabilidad de los taludes es fundamental para la eficiencia y seguridad operativa. En particular, la investigación de López (2022) demuestra que la interferometría radar satelital (InSAR) permite detectar movimientos de terreno con alta precisión, lo que facilita la prevención de pequeños y asegura la continuidad operativa, lo cual respalda la importancia de las características del proceso de implementación.

El trabajo de Strydom (2022) sobre la mina New Vaal Colliery, que combina radar terrestre (RAR) con monitoreo satelital (InSAR), demuestra que una implementación adecuada de estas tecnologías no solo predice fallas, sino que también optimiza la toma de decisiones y la protección de activos. Además, los hallazgos de Niekrasz (2018) en la mina Leveäniemi refuerzan esta idea, mostrando que los sistemas de monitoreo como el SSR permiten predecir fallas y tomar decisiones operativas que reducen costos y optimizan el rendimiento de la mina.

Los estudios de Navarro (2020) y Huarache (2020) subrayan cómo la implementación de tecnologías de radar en minas como Colquijirca II y Cerro Verde ha permitido generar alertas tempranas sobre la deformación de los taludes, minimizando el riesgo de deslizamientos y garantizando la seguridad de las personas y los activos. Este

tipo de implementación refuerza la importancia de un proceso bien ejecutado para la protección de activos y la continuidad operativa.

Además, la investigación de Rea (2017) en la mina Antapaccay, que utiliza un sistema de monitoreo geotécnico integral, ha demostrado cómo la centralización de datos y las alertas tempranas mejoran la toma de decisiones y, por ende, contribuyen a la rentabilidad de las operaciones. De La Cadena y Jambo (2017) en Yanacocha también encuentran que el uso del radar en la predicción de colapsos mejora la rentabilidad y eficiencia operativa, lo que valida aún más la hipótesis de que una implementación efectiva del radar es crucial para la gestión de riesgos.

Dado que los antecedentes revisados proporcionan evidencia consistente de que las características del proceso de implementación del radar son clave para la prevención de deslizamientos, la protección de activos, y la mejora de la gestión de riesgos en operaciones mineras, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (HE1). Esto confirma que un proceso bien diseñado y ejecutado de implementación del radar de monitoreo de taludes facilita una gestión de riesgos más efectiva y contribuye a la seguridad y sostenibilidad de las operaciones mineras.

b) Hipótesis específica HE2:

HE2: La rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024, antes de la implementación de un radar de monitoreo de taludes es baja.

H0: La rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024, antes de la implementación de un radar de monitoreo de taludes no es baja.

Para contrastar esta hipótesis, se realizó un análisis comparativo de los resultados financieros de la empresa minera SGE antes de la implementación del radar de monitoreo de taludes, específicamente en el año 2023.

El análisis de los estados financieros de la empresa en 2023 muestra un rendimiento financiero bajo, tal como se observa en los indicadores de rentabilidad, como el ROA (0.8%) y el ROE (1%). Estos valores son relativamente bajos en comparación con los estándares de la industria minera, lo que indica que, en el período antes de la implementación del radar, la rentabilidad de la empresa era limitada.

A partir de los datos, se observa que en 2023 la empresa no alcanzó resultados positivos significativos. Por ejemplo, la "Ganancia (Pérdida) Bruta" en 2023 fue de -21.487 dólares, lo que refleja un bajo rendimiento en sus operaciones. Además, la "Ganancia Operativa Neta" fue negativa en -60,333 dólares, lo que también sugiere que la empresa experimentaba dificultades para generar beneficios operativos.

Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis alternativa de que la rentabilidad era baja antes de la implementación del radar de monitoreo de taludes, ya que no solo los indicadores financieros reflejan bajos rendimientos, sino que también la empresa enfrenta pérdidas operativas en 2023.

Dado que los resultados financieros del 2023 muestran que la rentabilidad de la empresa minera SGE era baja antes de la implementación del radar, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_{E2}). Esto confirma que, efectivamente, la rentabilidad de la empresa en el periodo antes de la implementación del radar de monitoreo de taludes fue baja.

c) Hipótesis específica HE3:

HE3: La rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024, después de la implementación de un radar de monitoreo de taludes es alta.

H0: La rentabilidad de la empresa minera SGE en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, periodo 2023-2024, después de la implementación de un radar de monitoreo de taludes no es alta.

Para contrastar esta hipótesis, se realizó un análisis comparativo de los resultados financieros de la empresa minera SGE después de la implementación del radar de monitoreo de taludes, específicamente en el año 2024.

El análisis de los estados financieros de la empresa en 2024 muestra una mejora significativa en su rentabilidad. Los indicadores de rentabilidad, como el ROA (6.5%) y el ROE (9%), son mucho más altos en comparación con los estándares de la industria minera y los resultados del año anterior (2023), lo que sugiere que, después de la implementación del radar, la rentabilidad de la empresa ha aumentado considerablemente.

A partir de los datos obtenidos en 2024, se observa una clara mejora en los resultados financieros. La "Ganancia Bruta" en 2024 alcanzó los 120,345 dólares, un aumento significativo en comparación con la pérdida registrada en 2023. Además, la "Ganancia Operativa Neta" fue positiva, alcanzando 85,000 dólares, lo que refleja una mejora sustancial en la generación de beneficios operativos.

Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis alternativa de que la rentabilidad de la empresa es alta después de la implementación del radar de monitoreo de taludes. No solo los indicadores financieros reflejan un rendimiento sólido, sino que la empresa experimentó una recuperación notable de sus pérdidas operativas previas, alcanzando utilidades operativas significativas en 2024.

Dado que los resultados financieros de 2024 muestran que la rentabilidad de la empresa minera SGE es alta después de la implementación del radar, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_{E3}). Esto confirma que la rentabilidad de la empresa en el período posterior a la implementación del radar de monitoreo de taludes ha aumentado significativamente.

CONCLUSIONES

- El análisis de los datos confirma que la implementación del radar de monitoreo de taludes tiene una relación positiva y moderada con la rentabilidad de la empresa minera SGE. La comparación entre los años 2023 y 2024 muestra una mejora en los indicadores financieros, como el ROA y el ROE, que reflejan una optimización en el uso de los activos y un incremento en la eficiencia operativa. Esta influencia positiva valida que el radar no solo ha aumentado la seguridad de las operaciones, sino que también ha contribuido directamente a la rentabilidad de la empresa.
- La aceptación del 100% de los participantes respecto a los procedimientos de implementación del radar indica que se cumplieron adecuadamente las etapas necesarias para su instalación y funcionamiento. La percepción de los participantes sugiere que los procedimientos fueron eficaces para asegurar el rendimiento óptimo del radar, lo cual fue crucial para mejorar la seguridad y continuidad operativa de la mina. Esta implementación efectiva ha permitido a la empresa prevenir accidentes y mantener una operación segura y eficiente.
- Los datos financieros de 2023 muestran que, antes de la implementación del radar, la empresa enfrentaba un bajo rendimiento financiero, con pérdidas operativas y un bajo retorno sobre activos y patrimonio. Esto refleja que la empresa necesitaba medidas que optimizaran la operación y redujeran costos no planificados. La implementación del radar fue una respuesta a esta necesidad, brindando una solución para mejorar la gestión de riesgos y la rentabilidad.
- En el periodo posterior a la implementación (2024), se observa una recuperación en los ingresos y un aumento en la rentabilidad neta. Los resultados financieros muestran que la empresa ha sido capaz de generar mayores utilidades, atribuyendo parte de esta mejora a la implementación del radar, que ha contribuido a evitar

pérdidas por riesgos operativos y paradas imprevistas. Esta mejora en la rentabilidad post-implementación reafirma la efectividad del radar como una inversión estratégica en seguridad y rentabilidad.

- El análisis de los estados financieros antes y después de su implementación muestra una mejora considerable en los indicadores financieros clave, como el ROA (que subió de 0.8% en 2023 a 8.5% en 2024) y el ROE (de 1.0% en 2023 a 11.0% en 2024). Este cambio destaca que la inversión en esta tecnología ha permitido optimizar el uso de los activos y del capital, fortaleciendo así la eficiencia operativa y la estabilidad financiera de la empresa.

SUGERENCIAS

- Debido a que el radar de monitoreo de taludes ha demostrado ser efectivo para mejorar la rentabilidad, se recomienda mantener un monitoreo constante del rendimiento del radar y considerar la posibilidad de ampliar su uso en otras áreas de la mina. La empresa podría explorar el uso de tecnologías complementarias, como drones de monitoreo, para mejorar aún más la seguridad y optimización de activos.
- Se sugiere realizar evaluaciones periódicas de la eficiencia operativa del radar y adaptar su uso conforme a las necesidades emergentes de la operación minera. Adicionalmente, se recomienda implementar programas de capacitación continua para el personal encargado del monitoreo, a fin de asegurar una interpretación óptima de los datos y maximizar la contribución del radar a la rentabilidad.
- La alta aceptación de los procedimientos de implementación indica un manejo efectivo; sin embargo, se recomienda estandarizar estos procedimientos en forma de manuales o guías de operación que puedan ser utilizados en futuras expansiones o en otras unidades de la empresa. También sería valioso documentar las lecciones aprendidas para futuras implementaciones tecnológicas.
- Dado que el radar fue una respuesta efectiva a la baja rentabilidad anterior, se recomienda implementar un sistema de revisión continua de tecnologías innovadoras y prácticas operativas en minería para detectar de manera proactiva otras áreas de mejora. Esto permitirá a la empresa reaccionar rápidamente ante desafíos operativos y mantenerse competitiva.
- Para asegurar la sostenibilidad de los beneficios obtenidos tras la implementación del radar, se sugiere establecer indicadores de desempeño específicos y realizar auditorías operativas anuales que evalúen el impacto continuo del radar en la

rentabilidad. De este modo, se podrán ajustar las estrategias operativas y aprovechar al máximo los beneficios de esta tecnología.

- El radar ha sido una inversión estratégica. Se recomienda asignar recursos para el mantenimiento preventivo y actualizar el software o equipo asociado según sea necesario. Además, la empresa podría considerar la reinversión de parte de las ganancias adicionales en tecnologías que respalden la continuidad operativa y la eficiencia.

REFERENCIAS

- Álvarez, A. R. (2020). Clasificación de las investigaciones. Universidad de Lima.
<https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10818/Nota%20Acad%C3%A9mica%20C%20-%20Clasificaci%C3%B3n%20de%20Investigaciones.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Andrade Pinelo, A. (2023). Análisis del ROA, ROE y ROI. Gaceta Jurídica.
- Ávila, H. F., Gonzáles, M. M., & Licea, S. M. (2020). La entrevista y la encuesta: ¿métodos o técnicas de indagación empírica? *Didáctica y Educación*, 18(1), 18.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7692391.pdf>
- Bazin, S. (2012). SafeLand guidelines for landslide monitoring and early warning systems in Europe - Design and required technology. Institut Universitaire Européen de la Mer.
- Beer, F., Johnston, E., DeWolf, J., & Mazurek, D. (2014). *Mechanics of materials*. McGraw Hill.
- Brealey, R., Myers, S., & Allen, F. (2020). *Principles of corporate finance*. McGraw-Hill.
- Bryman, A. (2016). *Social research methods*. Oxford University Press.
- Burckley, B. (2014). *Slope stability radar: Understanding SSR*.
- Cahyo, F., Dwitya, R., & Musa, R. (2020). New approach to detect imminent slope failure by utilising coherence attribute measurement on ground-based slope radar. *PM Dight*.
- Chávez Flores, Y. (2015). Impacto de las regalías en la rentabilidad de las empresas mineras en el Perú [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

- Contreras Salluca, N. P., & Díaz Correa, E. D. (2015). Estructura financiera y rentabilidad: Origen, teorías y definiciones.
- Court Monteverde, E. (2012). Finanzas corporativas. Cengage Learning.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications.
- Davies, P. (2023, agosto 24). ¿Por qué utilizamos radares de estabilidad de taludes y cómo está cambiando? GroundProbe. <http://www.groundprobe.com/es/por-que-utilizamos-radares-de-estabilidad-de-taludes-y-como-esta-cambiando/>
- De La Cadena Julón, R., & Jambo Marchena, M. (2017). Determinación de umbrales de alarma y velocidad de colapso utilizando el radar MSR 300 en la pared Nor-Este del tajo tapado oeste en Minera Yanacocha [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte].
- Dorati, J., Manzini, F., & Azcona, M. (2013). Precisiones metodológicas sobre la unidad de análisis y la unidad de observación. Universidad Nacional de La Plata. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/45512/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Garrison, R., Noreen, E., & Brewer, P. (2022). Managerial accounting. McGraw-Hill.
- Gitman, L. J., & Joehnk, M. D. (2004). Fundamentos de inversiones. Pearson.
- GroundProbe. (2022, agosto 5). GroundProbe brindando apoyo geotécnico global a la industria minera las 24 horas los 7 días de la semana. Orica Digital Solutions. <https://www.groundprobe.com/es/groundprobe-brindando-apoyo-geotecnico-global-a-la-industria-minera-las-24-horas-los-7-dias-de-la-semana/>
- Harries, N., Noon, D., & Pritchett, H. (2009, septiembre). Controlando riesgos relacionados con caídas de rocas en minas a cielo abierto. Equipo Minero.

- Harries, N., & Holmstrom, M. (2007). The use of Slope Stability Radar (SSR) in managing slope instability hazards. Queensland Roads.
- Hengl, T., & Reuter, H. I. (2009). Geomorphometry. Elsevier.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2021). Metodología de la investigación (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Herrera, G., Tomás, R., López Sánchez, J., Montserrat, O., Cooksley, G., & Mulas, J. (2009). Sistemas radar aplicados a la investigación de subsidencia y movimientos de ladera. Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.
- Hornngren, C. T., Datar, S. M., Rajan, M. V., Maguire, W., & Tan, R. (2017). Hornngren's cost accounting: A managerial emphasis. Pearson.
- Huarache Chilo, E. (2020). Monitoreo de taludes con radares para el control de riesgos geotécnicos en la mina a tajo abierto, Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., Arequipa [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Hustrulid, W., Kuchta, M., & Martin, R. (2013). Open pit mine planning and design (3rd ed.). CRC Press.
- Kieso, D. E., Weygandt, J. J., & Warfield, T. D. (2020). Intermediate accounting (17th ed.). Wiley.
- López Vinillos, J. (2022). Aplicación de técnicas de interferometría radar satélite al análisis de estabilidad de taludes en zonas mineras [Tesis de máster, Universidad Politécnica de Madrid].
- Mendez Morales, L. (2012). Rentabilidad empresarial: clave del éxito sostenido. Instituto de Investigaciones Económicas.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). Qualitative data analysis: A methods sourcebook (3rd ed.). SAGE Publications.

- Ministerio de Energía y Minas. (2022). Anuario Minero 2021. https://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=13620
- Molina, C. J. (2008). Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de muestra. Universidad Central de Venezuela.
- Mora Córdova, L. (2015). Gestión de riesgos en minería. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Müller, M., & Sánchez, E. (2019). Gestión empresarial para la sostenibilidad. Fondo Editorial UPC.
- Orica. (2022). GroundProbe Overview. <https://www.groundprobe.com/>
- Ortiz, A. M., & Sánchez, J. D. (2018). La rentabilidad como indicador de desempeño financiero. *Revista de Ciencias Empresariales*, 6(1), 30–45.
- Otamendi, J. (2017). Geotecnia de Taludes: Fundamentos y aplicaciones. Reverté.
- Páucar, A. (2020). Análisis financiero de empresas mineras: rentabilidad y riesgos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Peña, F. A. (2021). Técnicas estadísticas para la investigación científica. Ecoe Ediciones.
- Pinto, E., & Martínez, M. (2021). Evaluación del desempeño financiero en el sector minero. Editorial Académica Española.
- Reeves, G. M., Sims, D. R., & Dowding, C. H. (2001). Radar remote sensing for slope stability monitoring. *Rock Mechanics Symposium*.
- Romero, G. J. (2013). La rentabilidad como herramienta de análisis financiero. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sernageomin. (2019). Manual de estabilidad de taludes. Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. <https://www.sernageomin.cl>
- Smith, K. (2015). Financial analysis in mining. SME Publishing.

- Tancara, H. (2017). Estabilidad de taludes y análisis de fallas. Universidad Mayor de San Andrés.
- Torres, R., & Vega, L. (2022). Evaluación de la productividad minera mediante indicadores financieros. *Revista Minería y Sociedad*, 4(2), 101–115.
- Treviño, M. (2018). Metodología de la investigación aplicada. Limusa.
- Universidad Nacional de San Agustín. (2020). Repositorio institucional UNSA. <https://repositorio.unsa.edu.pe/>
- Universidad Privada del Norte. (2023). Repositorio institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/>
- Villacorta, D. (2020). Gestión de la rentabilidad en empresas extractivas. Editorial San Marcos.
- Villalobos, C. (2016). Geotécnica minera: Fundamentos y aplicaciones. Fondo Editorial UNI.
- World Bank. (2021). Mineral production and economic growth in Peru. <https://www.worldbank.org/en/news>
- Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6th ed.). SAGE Publications.
- Zegarra, E. (2021). Análisis de la rentabilidad minera en el Perú. *Revista Peruana de Economía*, 10(1), 55–78.

APENDICES

• Apéndice A. Instrumentos de recolección de datos

Cuestionario N° 1 para evaluar la variable implementación de un radar

1. DATOS INFORMATIVOS

ENCUESTADO:

EDAD: GÉNERO:

FECHA:

2. INSTRUCCIONES

El presente cuestionario fundamentado en la escala de Likert, tiene como finalidad recolectar información a través de una serie de proposiciones relacionadas a implementación del radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE. La información brindada requiere de su objetividad y sinceridad al responder y marcar cada una de las respuestas de cada ítem. Se tienen 5 rangos de valores: 1 [Totalmente en desacuerdo], 2 [En desacuerdo], 3 [Neutral], 4 [De acuerdo], 5 [Totalmente de acuerdo]

3. ITEMS

	Dimensiones/Ítems	Respuestas				
	Procedimientos para implementar un radar de monitoreo de taludes					
1	La evaluación inicial justificó adecuadamente la necesidad de implementar un radar de monitoreo de taludes					
2	El proceso de selección del radar incluyó una evaluación exhaustiva de las opciones disponibles en el mercado					
3	El diseño del sistema de comunicación del radar garantiza una transmisión efectiva de datos en tiempo real					
4	La adquisición y preparación de los equipos del radar de monitoreo de taludes se realizó de manera eficiente y oportuna					
5	La instalación y configuración del radar de monitoreo se realizó conforme a las especificaciones recomendadas por el fabricante					
6	La capacitación proporcionada al personal fue suficiente para asegurar un uso efectivo del radar de monitoreo.					
7	Se implementaron protocolos claros para responder a las alertas generadas por el radar en caso de detección de riesgos en los taludes.					
8	Se ha establecido un plan de mantenimiento preventivo adecuado para asegurar el funcionamiento continuo y eficiente del radar de monitoreo de taludes.					
	Características de los radares de monitoreo de taludes					
9	El radar de monitoreo permite detectar movimientos en tiempo real de manera precisa y confiable.					
10	La capacidad de monitoreo continuo del radar asegura una vigilancia constante de los taludes.					
11	El radar permite realizar mediciones a distancia con un alto grado de precisión.					
12	La resolución del radar es adecuada para identificar pequeños desplazamientos en los taludes.					

13	El sistema de alertas automatizadas del radar es efectivo en la notificación de posibles riesgos en tiempo real.					
14	El radar cuenta con un amplio alcance y cobertura, lo cual permite monitorear áreas extensas de los taludes.					
15	Las características del radar han demostrado ser efectivas en la reducción de riesgos asociados con la estabilidad de los taludes.					
16	El radar es versátil y se adapta a diferentes condiciones y requerimientos del entorno minero.					
17	El uso del radar permite un ahorro significativo de tiempo y recursos en la supervisión de taludes.					
	Generación de alertas y reportes del monitoreo de taludes					
18	El radar permite configurar umbrales de alarma específicos para detectar riesgos en los taludes					
19	Los umbrales de alarma establecidos son efectivos para alertar oportunamente sobre posibles deslizamientos					
20	El radar facilita el análisis de tendencias en los movimientos de taludes a lo largo del tiempo.					
21	La capacidad del radar para analizar tendencias es útil para prever posibles riesgos futuros.					
22	El radar permite documentar adecuadamente los datos de monitoreo de los taludes.					
23	La documentación generada por el radar es clara y permite tomar decisiones informadas sobre la seguridad de los taludes					

• **Apéndice B. Instrumentos de recolección de datos**

Cuestionario N° 2 para evaluar la variable rentabilidad de la empresa minera

SGE

1. DATOS INFORMATIVOS

ENCUESTADO:

EDAD: GÉNERO:

FECHA:

2. INSTRUCCIONES

El presente cuestionario fundamentado en la escala de Likert, tiene como finalidad recolectar información a través de una serie de proposiciones relacionadas a implementación del radar de monitoreo de taludes en la empresa minera SGE. La información brindada requiere de su objetividad y sinceridad al responder y marcar cada una de las respuestas de cada ítem. Se tienen 5 rangos de valores: 1 [Totalmente en desacuerdo], 2 [En desacuerdo], 3 [Neutral], 4 [De acuerdo], 5 [Totalmente de acuerdo]

3. ITEMS

	Dimensiones/Ítems	Respuestas				
	Rentabilidad Financiera					
1	¿Considera que las inversiones de los dueños o accionistas están generando buenos rendimientos en esta empresa?					
2	¿Cree que la empresa logra obtener beneficios suficientes que justifiquen el dinero aportado por los inversionistas?					
3	¿Opina que los rendimientos obtenidos por la empresa han aumentado el valor de la inversión de los accionistas?					
4	¿Piensa que la empresa está generando las suficientes ganancias como para que valga la pena la inversión en ella?					
5	¿Cree que la empresa ha mejorado el valor del patrimonio (o la inversión de los dueños) en los últimos años?					
6	¿Considera que la empresa está utilizando sus bienes, como edificios o maquinaria, de manera efectiva para generar ingresos?					
7	¿Opina que los activos (como equipos o terrenos) de la empresa generan suficientes ingresos en comparación con su valor?					
8	¿Cree que los recursos de la empresa, como maquinaria e instalaciones, están siendo bien aprovechados para aumentar las ganancias?					
9	¿Piensa que los activos de la empresa están generando beneficios que justifican la inversión en ellos?					
10	¿Considera que la empresa obtiene suficientes ganancias a partir de sus ventas?					
11	¿Cree que la empresa logra buenos márgenes de ganancia en cada venta que realiza?					
12	¿Opina que los ingresos por ventas permiten a la empresa mantener un buen nivel de rentabilidad?					
13	¿Piensa que la empresa ha mejorado su rentabilidad a partir de un incremento en sus ventas?					

ANEXOS

- Anexo 01.**

Tabla de resultados de la variable implementación de un radar.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	17	68%	68.0
	Totalmente de acuerdo	8	32%	100.0
	Total	25	100.0	100.0

- Anexo 02.**

Tabla de resultados de la dimensión procedimientos para implementar un radar.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	17	68%	68.0
	Totalmente de acuerdo	8	32%	100.0
	Total	25	100.0	100.0

- Anexo 03.**

Tabla de resultados de la dimensión características de los radares.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	16	64%	64.0
	Totalmente de acuerdo	9	36%	100.0
	Total	25	100.0	100.0

- Anexo 04.**

Tabla de resultados de la dimensión generación de alertas y reportes.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	18	72%	72
	Totalmente de acuerdo	7	28%	100
	Total	25	1	100

- Anexo 05.**

Tabla de resultados de la variable rentabilidad de la empresa minera SGE

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	14	56%	56.0
	Totalmente de acuerdo	11	44%	100.0
	Total	25	100.0	100.0