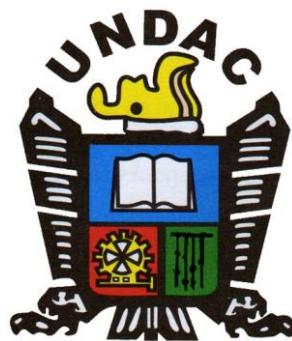


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

Impacto de los agentes físicos ocupacionales y la tecnología de la industria 4.0 en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas, 2024

Para optar el grado de Maestro en:

Ciencias

Mención: Seguridad y Salud Ocupacional Minera

Autor:

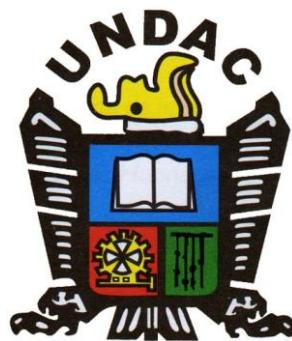
Bach. Luis Alberto MUÑOZ ATENCIO

Asesor:

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

**Impacto de los agentes físicos ocupacionales y la tecnología de la
industria 4.0 en la seguridad minera y la salud laboral de los
trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas, 2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Manuel Mayer CARHUARICRA RIVERA
PRESIDENTE

Mg. Carlos Edwin ROJAS VICTORIO
MIEMBRO

Mg. David Odon SOSA POMA
MIEMBRO



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 114-2025- DI-EPG-UNDAC

La Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:
Luis Alberto MUÑOZ ATENCIO

Escuela de Posgrado:
MAESTRIA EN CIENCIAS – MENCIÓN: SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL MINERA

Tipo de trabajo:
TESIS

TÍTULO DEL TRABAJO:
“IMPACTO DE LOS AGENTES FÍSICOS OCUPACIONALES Y LA TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA SEGURIDAD MINERA Y LA SALUD LABORAL DE LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA ECOSERM RANCAS, 2024”

ASESOR (A): Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA

Índice de Similitud:
9%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 21 de agosto del 2025



DOCUMENTO FIRMADO DIGITALMENTE
Dr. Jheysen Luis BALDEON DIEGO
DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico a mi madre Nery,
y hermanos quienes, con su amor,
Paciencia y esfuerzo me han permitido
Llegar a cumplir un sueño más.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y mucha bendición, así mismo la dicha de tener a mi madre viva, y apoyarme en implantar el desarrollo del presente proyecto y cumplir con éxito durante el desarrollo de la tesis.

Gracias a la universidad nacional Daniel Alcides Carrión por brindarme la oportunidad del desarrollo de mis capacidades, habilidades y competencias y optar el grado académico maestro en seguridad y salud ocupacional minera.

A los docentes de la de la Facultad de Ingeniería de minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión; quienes se esforzaron en brindarme todos sus conocimientos en mi formación profesional para culminar la maestría.

GRACIAS

RESUMEN

La minería, reconocida como una de las actividades económicas más riesgosas, enfrenta desafíos significativos en la seguridad laboral debido a la exposición de los trabajadores a agentes físicos ocupacionales como ruido, vibración y temperaturas extremas. El problema identificado radica en la insuficiente implementación de estrategias que integren tecnologías avanzadas para mitigar estos riesgos en empresas mineras como Ecoserm Rancas. El objetivo principal de este estudio fue analizar el impacto de los agentes físicos ocupacionales y las tecnologías de la Industria 4.0 en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de Ecoserm Rancas. La metodología empleada incluyó un enfoque cuantitativo, utilizando instrumentos como dosímetros y encuestas estructuradas aplicadas a 35 trabajadores, para medir los niveles de exposición y evaluar la percepción sobre el uso de tecnologías avanzadas y equipos de protección personal (EPP). Los resultados demostraron que los niveles de ruido en algunas actividades exceden los límites máximos permisibles, mientras que el uso de tecnologías como sensores acústicos y sistemas de monitoreo reduce significativamente estos riesgos. Las conclusiones destacan que la incorporación de tecnologías de la Industria 4.0 y el uso adecuado de EPP son fundamentales para garantizar un entorno laboral seguro, mejorar la salud de los trabajadores y optimizar la productividad.

Palabras Claves: Agentes ocupacionales, laboral, riesgo, seguridad

ABSTRACT

Mining, recognized as one of the most risky economic activities, faces significant occupational safety challenges due to the exposure of workers to occupational physical agents such as noise, vibration and extreme temperatures. The problem identified lies in the insufficient implementation of strategies that integrate advanced technologies to mitigate these risks in mining companies such as Ecoserm Rancas. The main objective of this study was to analyze the impact of occupational physical agents and Industry 4.0 technologies on mining safety and occupational health of workers at Ecoserm Rancas. The methodology employed included a quantitative approach, using instruments such as dosimeters and structured surveys applied to 35 workers, to measure exposure levels and evaluate the perception on the use of advanced technologies and personal protective equipment (PPE). The results showed that noise levels in some activities exceed the maximum permissible limits, while the use of technologies such as acoustic sensors and monitoring systems significantly reduces these risks. The conclusions highlight that the incorporation of Industry 4.0 technologies and the proper use of PPE are essential to ensure a safe working environment, improve workers' health and optimize productivity.

Keywords: Occupational agents, occupational, risk, safety, security.

INTRODUCCIÓN

La minería, reconocida como una de las actividades económicas más importantes a nivel global, también se posiciona como una de las industrias con mayores riesgos laborales debido a la exposición a agentes físicos como el ruido, la vibración y las temperaturas extremas. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2021) (BBVA, 2021), más de 2.3 millones de trabajadores mueren anualmente por causas relacionadas con accidentes laborales, donde la minería presenta una alta incidencia. En este contexto, resulta esencial el desarrollo e implementación de estrategias que integren tecnología avanzada para mitigar estos riesgos y garantizar condiciones laborales más seguras (OIT/Cinterfor, 2021) (Diario Gestión, 2023).

En América Latina, países como Perú y Chile enfrentan desafíos significativos en términos de seguridad minera, a pesar de ser grandes productores mundiales. Investigaciones recientes destacan que la falta de implementación de tecnologías de monitoreo y una inversión limitada en seguridad laboral contribuyen al aumento de accidentes en este sector (García-Mogollón & Malagón-Sáenz, 2021) . La Industria 4.0, con herramientas como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial, ofrece soluciones innovadoras que no solo mejoran la seguridad y salud ocupacional, sino también optimizan la productividad y el cumplimiento normativo (Waisberg, 202 C.E.)

En el ámbito nacional, la minería constituye un pilar económico fundamental en el Perú. Sin embargo, los altos índices de accidentes laborales y las condiciones precarias de seguridad reflejan la necesidad de adoptar nuevas estrategias basadas en la tecnología. Según el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE, 2022) el monitoreo continuo de los agentes físicos ocupacionales y el uso de tecnologías avanzadas son fundamentales para reducir los riesgos y mejorar el bienestar de los trabajadores (Cangahuala & Salas, 2022)

Esta investigación se centra en evaluar el impacto de los agentes físicos ocupacionales y la tecnología de la Industria 4.0 en la seguridad minera y salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas. A través del análisis del uso de equipos de protección personal (EPP) y tecnologías avanzadas, se busca ofrecer un marco integral que permita mitigar riesgos, garantizar un ambiente laboral seguro y promover un desarrollo sostenible en el sector minero.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y Determinación del Problema	1
1.1.1.	Tecnología de la Industria 4.0 en la Seguridad Minera y Salud Laboral	4
1.2.	Delimitación de la Investigación	4
1.3.	Formulación del Problema	6
1.3.1.	Problema General	6
1.3.2.	Problemas Específicos	6
1.4.	Formulación de Objetivos	6
1.4.1.	Objetivo General	6
1.4.2.	Objetivos Específicos	6
1.5.	Justificación de la Investigación	9
1.6.	Limitaciones de la Investigación	11

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de Estudio	12
------	-------------------------	----

2.1.1. Antecedentes Internacionales	12
2.1.2. Antecedentes Nacionales	13
2.2. Bases Teóricas- Científicas	15
2.2.1. Tecnologías de Monitoreo en la Minería	15
2.2.2. Plan de Monitoreo de Agentes Ocupacionales	15
2.3. Definición de Términos Básicos	16
2.3.1. <i>Marco Normativo.</i>	20
2.4. Formulación de Hipótesis	21
2.4.1. Hipótesis de General	21
2.4.2. Hipótesis Específicas	22
2.5. Identificación de Variables	22
2.5.1. Variable Independiente	22
2.5.2. Variable Dependiente	22
2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores.	22

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación	24
3.2. Nivel de Investigación	24
3.3. Métodos de Investigación	25
3.4. Diseño de Investigación	25
3.5. Población y Muestra	25
3.5.1. Población	25
3.5.2. Muestra	26
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	27
3.7. Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación.	28

3.8. Técnicas de Procesamientos y Análisis de Datos	29
3.9. Tratamiento Estadístico	29
3.10. Orientación Ética Filosófica y Epistémica	30

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del Trabajo de Campo	32
4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados.	35
4.3. Prueba de Hipótesis	40
4.4. Discusión de Resultados	45

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Coordenadas Geográficas</i>	5
Tabla 2 <i>Plan de Monitoreo del Agente Físico Ruido</i>	15
Tabla 3 <i>lineamientos relacionados con el agente físico (ruido)</i>	21
Tabla 4 <i>Matriz de operacionalización de las variables</i>	23
Tabla 5 <i>Equipo de medición de niveles de presión sonora</i>	33
Tabla 6 <i>Límites Máximos Permisibles de Ruido Ocupacional</i>	33
Tabla 7 <i>Evaluacion para 9 y 10 horas de ruido ocupacional</i>	34
Tabla 8 <i>Semaforización de los niveles de exposición</i>	34
Tabla 9 <i>Analisis de la actividad por actividad, nivel de ruido y Riesgo por trabajador</i>	36
Tabla 10 <i>Estadística de la muestra</i>	37
Tabla 11 <i>Prueba de hipótesis para la muestra</i>	37
Tabla 12 <i>Empleo del sensor KY-037 en diversas aplicaciones en la industria</i>	38
Tabla 13 <i>Encuesta pregunta 1</i>	38
Tabla 14 <i>Encuesta pregunta 2</i>	39
Tabla 15 <i>Encuesta pregunta 3</i>	40
Tabla 16 <i>Encuesta pregunta 4</i>	40
Tabla 17 <i>Campo de uso minero del sensor KY-037</i>	42
Tabla 18 <i>Correlación de las preguntas de la encuesta</i>	43
Tabla 19 <i>Escala ponderada de los niveles de ruino</i>	46
Tabla 20 <i>Parámetros de una actividad</i>	49
Tabla 21 <i>Sensor Beacon</i>	52
Tabla 22 <i>Características técnicas del sensor Beacon</i>	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Zona de estudio</i>	5
Figura 2 <i>Intensidad del sonido en dB</i>	48
Figura 3 <i>Software de monitoreo de datos en una App</i>	53
Figura 4 <i>Tecnología IoT de la medición de ruido</i>	54

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y Determinación del Problema

El presente proyecto de investigación se sitúa en un contexto donde la seguridad y salud de los trabajadores mineros son puntos críticos.

A nivel global, la minería es reconocida como una de las industrias más peligrosas. La Organización Internacional del Trabajo (OIT), se estima que más de 2,3 millones de personas mueren cada año por año debido a accidentes, siendo laboral, la minería un sector con altos índices de riesgo (Organización Internacional del Trabajo, 2023). La exposición a agentes como polvo y gases tóxicos representa un reto significativo para la salud de los trabajadores. Por lo tanto, es esencial implementar estrategias efectivas de monitoreo para reducir estos riesgos y mejorar las condiciones laborales (OIT/Cinterfor, 2021).

Contexto Sudamericano

En América del Sur, la situación es igualmente preocupante. Países como Perú y Chile son grandes productores mineros, pero enfrentan desafíos significativos en términos de seguridad laboral. Investigaciones que la

implementación de la falta de implementación y la inversión escasa en tecnologías de monitoreo contribuyen a un aumento en los accidentes laborales (Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente, 2022). La adopción de tecnologías innovadoras podría ser clave para mejorar las condiciones de trabajo y reducir la exposición a riesgos.

Contexto Nacional

En el contexto peruano, la minería es un pilar fundamental para la economía; sin embargo, las condiciones laborales son a menudo precarias. Denunciado del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE), las tasas de accidentes laborales en el sector minero señalmente (MTPE, 2022). Esto resalta la necesidad urgente de desarrollar e implementar un plan que contemple el monitoreo continuo de los ocupacionales y el uso de tecnología avanzada para proteger la salud laboral (Cangahuala & Salas, 2022).

Determinación del Problema

El problema central en que, a pesar del reconocimiento de los riesgos asociados con la minería, existe una significativa de estrategias efectivas para monitorear y controlar estos riesgos.

La ausencia de un plan sistemático que integre tecnología innovadora para el monitor no solo afectación y seguridad de los trabajadores, sino que también puede influir en la productividad del sector. Por lo tanto, es fundamental investigar cómo un Plan de Monitoreo puede transformar las condiciones laborales en Rancas y contribuir a una cultura más segura dentro del ámbito minero(Reyes Chacón et al., 2022).

La ausencia de un estudio sobre el impacto del monitoreo de agentes ocupacionales puede llevar a una subestimación de los riesgos laborales. A nivel

global, muchas Empresas mineras operan sin sistemas efectivos de gestión de seguridad, lo que puede en una cultura organizacional que minimiza la importancia de la salud y seguridad laboral (Organización Internacional del Trabajo, 2023).

Sin un análisis adecuado, las tasas de accidentes laborales podrían aumentar significativamente. Según ha destacado también Garavito (2022) la falta de medidas preventivas ha llevado a cabo ha accidentes en diversas operaciones mineras. Esto no solo afecta a los trabajadores, sino que también puede seguir en la economía persecuciones para las Empresas debido a indemnizaciones y parado de las operaciones.

En América del Sur, la de regulación efectiva y el incumplimiento normativo son comunes. Si no se realiza el estudio, las Empresas pueden continuar operando sin un entendimiento claro de los peligros específicos que sus trabajadores (Vásquez, 2013).

La falta de un plan de monitoreo podría en un aumento en la accidentalidad laboral. En Perú, por ejemplo, se ha documentado que muchas minas carecen de protocolos para manejar emergencias, lo que elevan el riesgo de incidentes graves (Dumont et al., 2020). Esto puede llevar a un deterioro significativo en la salud de los trabajadores y a un alcalde presión sobre el sistema de salud pública.

A nivel nacional, la minería es un sector clave para la economía peruana. Sin embargo, si no se realiza el estudio, las deficiencias en la gestión de riesgos seguir sin abordadas. Esto perpetúa una cultura laboral donde los trabajadores no son suficientemente informados sobre los riesgos a los que están expuestos (MTPE, 2022).

Las consecuencias pueden ser de la muerte. La falta de monitoreo se puede en un aumento en los medidores ocupacionales y accidentes fatales. Las estadísticas que muestran que el sector minero tiene una alta tasa de incidentes laborales, lo que no solo se impone a los trabajadores sino también a sus familias y comunidades (Toloza-Perez et al., 2024). Además, esto puede repercutir en la reedición de las Empresas mineras ante consumidores y consumidores.

1.1.1. Tecnología de la Industria 4.0 en la Seguridad Minera y Salud Laboral

Se refiere a la integración de herramientas avanzadas como la inteligencia artificial (IA), robótica, vehículos autónomos, el Internet de las Cosas (IoT) y redes 5G, que permiten mejorar la prevención de riesgos, optimizar procesos operativos y garantizar condiciones laborales más seguras. Estas tecnologías hacen posible el monitoreo en tiempo real de las condiciones ambientales, la automatización de tareas peligrosas y la reducción de la exposición de los trabajadores a entornos hostiles, promoviendo así un entorno de trabajo más seguro y sostenible (Revista Seguridad Minera, 2023)(Ricardo, 2025).

1.2. Delimitación de la Investigación

La presente investigación se delimita según:

Delimitación Teórica

Se traduce en la necesidad de adaptar y reinterpretar teorías existentes, así como en la dificultad para establecer relaciones causales directas debido a la interacción de múltiples factores contextuales que pueden influir en los resultados de la implementación de tecnología y medidas de seguridad laboral en la Empresa Ecoserm Rancas.

Delimitación Espacial

Empresa Comunal De Servicios Múltiples Rancas ubicado en la Av. El Minero, Departamento de Pasco, Distrito Cerro de Pasco, (4 536 metros sobre el nivel del mar).

Tiempo:

El proyecto de investigación tiene un tiempo de duración de 4 meses iniciando en el mes de junio y finaliza en el mes de setiembre del 2024.

Figura 1 Zona de estudio



Nota: Datos recopilados por el autor de Google Earth.

Tabla 1 Coordenadas Geográficas

COORDENADAS DE UBICACIÓN
NORTE: 8817856.58 m S
ESTE: 355857.34 m E

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Cuáles son los efectos de los agentes físicos ocupacionales y la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas en el año 2024?

1.3.2. Problemas Específicos

P.E.1. ¿En qué medida los niveles de exposición de los trabajadores a los agentes físicos ocupacionales en la Empresa Ecoserm Rancas cumplen con los límites máximos permisibles establecidos?

P.E.2. ¿Qué tipos de tecnología de la Industria 4.0 se aplican en las operaciones mineras de Ecoserm Rancas y cuál es su rol en la mitigación de riesgos laborales asociados a los agentes físicos?

P.E.3. ¿Cuál es el impacto del uso de equipos de protección personal (EPP) en la reducción de la exposición a agentes físicos ocupacionales, considerando las recomendaciones y el monitoreo de ruido en las instalaciones de Ecoserm Rancas?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar los agentes físicos ocupacionales y la tecnología de la Industria 4.0 en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas, 2024.

1.4.2. Objetivos Específicos

OE1. Evaluar los niveles de exposición de los trabajadores a los agentes físicos ocupacionales en la Empresa Ecoserm Rancas y su cumplimiento con los límites máximos permisibles establecidos.

OE2. Identificar los tipos de tecnología de la Industria 4.0 aplicados en las operaciones mineras de Ecoserm Rancas y analizar su rol en la mitigación de riesgos laborales asociados a los agentes físicos.

OE3. Analizar el impacto del uso de equipos de protección personal (EPP) en la reducción de la exposición a agentes físicos ocupacionales, en función de las recomendaciones y el monitoreo de ruido en las instalaciones de Ecoserm Rancas.

Importancia y Alcances de la Investigación

La importancia radica en el panorama de la minería moderna. La exposición de los trabajadores mineros a agentes físicos como el ruido, la vibración y otros factores ocupacionales sigue siendo un desafío crítico para la salud y seguridad laboral. Con la introducción de tecnologías avanzadas, como los sistemas ciberfísicos y dispositivos portátiles de monitoreo, se pueden reducir significativamente los riesgos asociados y mejorar el bienestar general de los empleados.

La Industria 4.0 no solo promete mejorar la eficiencia de las operaciones mineras, sino también establecer prácticas de seguridad más estrictas y precisas, dado que estas tecnologías permiten un monitoreo constante de condiciones laborales peligrosas. La incorporación de tecnologías como el Internet de las cosas (IoT) y la inteligencia artificial permite detectar situaciones de riesgo en tiempo real, lo cual es crucial para una respuesta rápida y efectiva, reduciendo la probabilidad de accidentes laborales y mejorando la calidad de vida en el entorno de trabajo.

La presente resalta la necesidad de desarrollar un enfoque preventivo en el manejo de la seguridad ocupacional, contribuyendo a la literatura y al

conocimiento práctico en la industria minera. La implementación de la Industria 4.0 puede transformar los modelos de seguridad laboral en la minería, favoreciendo un entorno donde las prácticas seguras son parte intrínseca de las operaciones diarias. De este modo, esta investigación es relevante no solo para la Empresa en estudio, sino para la minería en general, ya que ofrece una base para mejorar los estándares de seguridad y adaptarlos a las nuevas demandas tecnológicas.

Alcances de la Investigación

Los alcances de esta investigación incluyen la evaluación detallada de los niveles de exposición de los trabajadores a agentes físicos, lo que permite conocer el grado de cumplimiento con los límites permisibles y establecer estrategias de mitigación más efectivas. Este enfoque también proporciona una base sólida para el desarrollo de programas específicos de salud laboral que puedan ser implementados en Ecoserm Rancas y en otras operaciones mineras similares, optimizando así la seguridad y reduciendo el impacto en la salud de los trabajadores expuestos.

También se extiende al análisis de las tecnologías de la Industria 4.0 aplicadas en la minería y su eficacia en la mitigación de riesgos laborales. Esto incluye una evaluación de las herramientas específicas que ayudan a reducir los niveles de exposición a agentes físicos, como sensores de monitoreo, dispositivos portátiles de seguridad y sistemas de alerta temprana. Estos dispositivos permiten, por ejemplo, monitorear en tiempo real las condiciones de ruido y vibración, lo que facilita una intervención oportuna y la adopción de medidas correctivas inmediatas.

Por último, el estudio también abarca el impacto del uso de equipos de protección personal (EPP) en la reducción de la exposición a riesgos ocupacionales. Este alcance contribuye a determinar la efectividad de los EPP en el entorno minero y a identificar mejoras necesarias en su diseño o aplicación. A través de esta investigación, se espera lograr un entendimiento más amplio sobre las prácticas de seguridad que mejoran la salud laboral en el sector minero, proporcionando así una referencia valiosa para futuras implementaciones tecnológicas en seguridad ocupacional (Ramos-Galarza, 2020) .

1.5. Justificación de la Investigación

Justificación Teórica:

Este estudio busca contribuir al debate académico sobre la seguridad laboral en minería, proporcionando un análisis crítico de los modelos existentes y su aplicación en contextos específicos, como Rancas (Monje, 2012).

Justificación Práctica:

La investigación proporcionará estrategias concretas para mejorar la seguridad y salud laboral en el sector minero, abordando problemas reales y promoviendo un ambiente laboral más seguro (Arias, 2012).

Justificación Social:

Este proyecto tiene el potencial de beneficiar a la comunidad minera de Rancas al reducir accidentes laborales y mejorar la calidad de vida de los trabajadores, fomentando un desarrollo sostenible (Sampieri, 2006).

Justificación de la Importancia de la Tecnología Innovadora en la Seguridad Minera

Prevención de Accidentes

La adopción de tecnologías avanzadas, como dispositivos IoT y drones, permite una detección temprana de peligros, lo que reduce significativamente el riesgo de accidentes laborales en entornos mineros (Vea-Murguia, 2025).

Mejora en Protocolos de Seguridad

Las innovaciones tecnológicas han transformado los protocolos de seguridad más allá de enfoques tradicionales, proporcionando medidas personalizadas que mejoran la protección del trabajador (Revista Seguridad 360, 2024)

Eficiencia Operativa

La implementación de sistemas automatizados y vehículos autónomos no solo optimiza las operaciones mineras, sino que también reduce los costos operativos y mejora la seguridad al minimizar la exposición humana a riesgos (Ventura-Cruz et al., 2024)

Aumento de la Productividad

La digitalización y el uso de tecnologías innovadoras permiten a las Empresas mineras operar en condiciones más difíciles y profundas, garantizando así la continuidad y eficiencia en la producción (Hinostroza, 2025).

Reducción de Costos

La tecnología innovadora ayuda a evitar costosos trabajos de mantenimiento y reparación al permitir un monitoreo constante y proactivo de los equipos y condiciones laborales (Tomás, 2025)

Cumplimiento Normativo

Con el aumento de regulaciones ambientales y de seguridad, las tecnologías innovadoras facilitan el cumplimiento normativo al proporcionar

herramientas para un mejor monitoreo y gestión de riesgos (Organización Internacional del Trabajo, 2023).

1.6. Limitaciones de la Investigación

Las limitaciones de la presente abarcan desafíos significativos que influyen en el desarrollo y resultados del estudio.

La limitación de acceso a datos refleja las dificultades para obtener información actualizada y precisa sobre los agentes físicos ocupacionales y las condiciones laborales específicas en la Empresa Ecoserm Rancas, lo cual podría afectar la fiabilidad de los hallazgos y limitar el análisis profundo de los riesgos laborales.

En cuanto a los recursos financieros, la restricción presupuestaria limita la capacidad para implementar por completo el plan de investigación, restringiendo potencialmente la adquisición de tecnologías avanzadas y herramientas de medición necesarias para un análisis exhaustivo.

La capacitación del personal es otra barrera importante, ya que la falta de habilidades técnicas entre los trabajadores puede dificultar la adopción efectiva de tecnologías de la Industria 4.0, lo cual es fundamental para mejorar la seguridad y salud laboral en el entorno minero.

La resistencia al cambio entre el personal puede ralentizar o complicar la implementación de nuevas tecnologías y protocolos de seguridad, lo que afecta directamente la eficacia de las medidas propuestas.

Los factores externos, como cambios en las regulaciones o condiciones económicas, también pueden impactar la implementación del plan, generando inestabilidad en el desarrollo del estudio y en la aplicabilidad de los resultados.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- a) Gundre (2023).** Innovaciones Tecnológicas en la Seguridad Laboral en Minería.

Resumen: Este estudio analiza cómo la incorporación de tecnologías avanzadas ha mejorado la detección temprana de peligros en la minería, lo que ha llevado a una reducción significativa en los accidentes laborales. La implementación de dispositivos de seguridad personalizados y sistemas de monitoreo ha transformado los protocolos tradicionales, creando un entorno de trabajo más seguro.

- b) T&S Ingeniería (2023).** El Rol de la Digitalización en la Seguridad Minera.

Resumen: Este artículo destaca cómo la digitalización ha revolucionado la seguridad en las operaciones mineras, introduciendo herramientas como drones y sistemas automatizados que mejoran la

eficiencia y reducen los riesgos. Sin embargo, también se identifican desafíos como la brecha de habilidades y los riesgos ciberneticos que deben ser abordados para maximizar los beneficios.

- c) **El Comercio. (2023).** 5 tecnologías que Transforman la Sostenibilidad Minera.

Resumen: Este análisis presenta tecnologías emergentes que están mejorando la sostenibilidad y seguridad en minería, como vehículos autónomos y drones teledirigidos, que permiten explorar zonas peligrosas sin poner en riesgo a los trabajadores. Estas innovaciones son cruciales para enfrentar desafíos ambientales y operativos en el sector.

- d) **IISD (2021).** Nuevas Tecnologías para Mejorar la Seguridad Minera.

Resumen: Este informe discute cómo las nuevas tecnologías, incluyendo sensores y drones, están siendo implementadas para mejorar la seguridad laboral en minería, permitiendo una gestión más efectiva de riesgos y contribuyendo a un ambiente laboral más seguro y eficiente.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- a) **ABJ. (2021).** Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.

Resumen: Este estudio investiga la implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional en la Empresa minera ECOSERM Rancas. Se analizan las obligaciones del trabajador y cómo la inducción educativa y los programas de salud pueden mitigar

incidentes en el área de chancado primario, proponiendo un enfoque sistemático para mejorar la seguridad laboral.

- b) Revista Minería. (2024).** Estrategia de contención de accidentes en Volcan Compañía Minera.

Resumen: Este artículo describe la implementación del programa "Trabajo Seguro 2.0" en Volcan Compañía Minera, que busca reducir accidentes mediante auditorías, capacitación y comunicación sobre comportamientos seguros. Se destaca el uso intensivo de tecnología para mejorar las condiciones laborales y minimizar riesgos.

- c) T&S Ingeniería (2023).** Avances en **Seguridad Minera: El Rol de la Digitalización.**

Resumen: Este estudio analiza cómo la digitalización ha transformado la seguridad laboral en minería, introduciendo herramientas como drones y sistemas automatizados. Aunque estas tecnologías mejoran la eficiencia, también plantean nuevos desafíos, como la ciberseguridad y la necesidad de capacitación continua para los trabajadores.

- d) Antamina (2023).** Seguridad y Salud Ocupacional en Antamina

Resumen: Este informe detalla las prácticas de seguridad implementadas por Antamina, incluyendo el control de riesgos críticos y rutinas diarias para supervisar estándares laborales. Se enfatiza la importancia del monitoreo constante y el cumplimiento normativo para garantizar un ambiente seguro para los trabajadores mineros.

2.2. Bases Teóricas- Científicas

2.2.1. Tecnologías de Monitoreo en la Minería

La implementación de tecnologías avanzadas, como sensores y sistemas de monitoreo, facilita la identificación temprana de peligros, lo que mejora la seguridad en el entorno laboral. Estas herramientas permiten la recopilación de datos en tiempo real sobre las condiciones ambientales, ayudando a detectar riesgos potenciales (Gundre, 2023)

2.2.2. Plan de Monitoreo de Agentes Ocupacionales

El Plan de Monitoreo de Agentes Ocupacionales es un conjunto organizado de procedimientos y actividades que buscan evaluar y gestionar la exposición de los trabajadores a diferentes agentes físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales en el ámbito laboral. Su objetivo fundamental es detectar riesgos potenciales y establecer medidas preventivas para garantizar la salud y seguridad de los empleados en sus tareas diarias (AMBISAFE, 2024)

La presente se basa exclusivamente en el agente físico ruido donde se realiza una tabla (Ver tabla 2) donde describe las actividades a realizar, el responsable, fecha de inicio, fecha final, resultado, observación, describiendo las actividades a realizar.

Tabla 2 Plan de Monitoreo del Agente Físico Ruido

Actividad	Responsable	Fecha de Inicio	Fecha Final	Resultado Esperado	Observaciones
1. Identificación de fuentes de ruido en el área laboral.	Equipo de Higiene Ocupacional	17/06/2024	19/06/2024	Listado de equipos, herramientas o procesos generadores de ruido.	Identificar áreas críticas con mayores niveles de ruido.
2. Medición inicial de niveles de ruido (uso de sonómetros o dosímetros).	Técnico en Seguridad	17/06/2024	19/06/2024	Registro de niveles de ruido en comparados con decibelios (dB) por área y puesto de trabajo.	Datos comparados con límites máximos permisibles (LMP).
3. Clasificación del riesgo según	Especialista en Ergonomía	21/06/2024	21/06/2024	Clasificación en categorías: Bajo, medio, alto.	Priorizar áreas con exposición

la semaforización de niveles de exposición.			Medio o Alto, para cada área evaluada.	Alta para implementar medidas.
4. Propuesta de medidas correctivas y preventivas (técnicas, administrativas y EPP).	Equipo de Seguridad Laboral	21/06/2024	22/06/2024	Plan de acción para reducir el impacto del ruido (mantenimiento, barreras acústicas, rotación personal, EPP).
5. Implementación de medidas correctivas y entrega de equipos de protección personal (EPP).	Supervisor de Planta	22/06/2024	23/06/2024	Reducción efectiva de los niveles de ruido en áreas críticas y trabajadores equipados con la protección adecuada.
6. Capacitación a los trabajadores sobre riesgos del ruido y uso de EPP.	Especialista en Capacitación	22/06/2024	23/06/2024	Trabajadores informados sobre riesgos, consecuencias del ruido y uso adecuado de EPP.
7. Monitoreo posterior para evaluar la efectividad de las medidas implementadas.	Técnico en Higiene Ocupacional	23/06/2024	24/06/2024	Comparación de nuevos niveles de ruido con mediciones iniciales.
8. Documentación final y reporte de resultados del monitoreo.	Coordinador de Seguridad	24/06/2024	25/06/2024	Ajustar medidas si los niveles de ruido siguen siendo altos o no cumplen con los LMP.

Nota: Datos recopilados por el autor.

2.3. Definición de Términos Básicos

- **Evaluar y Controlar la Exposición.**

Implica identificar, medir y mitigar riesgos laborales para asegurar un entorno seguro. Este proceso es fundamental para proteger la salud de los trabajadores y optimizar las condiciones laborales (García, 2023)

- **Frecuencia de Identificar Riesgos Potenciales.**

Se refiere a la regularidad con la que se evalúan y reconocen posibles peligros que pueden afectar la salud y seguridad laboral. Este proceso es crucial para implementar medidas preventivas efectivas (PREVENCONTROL, 2024).

- Efectividad de las Medidas Preventivas en SSO en Actividades Diarias de su Empleados.

Se refiere a la capacidad de estas medidas para reducir o eliminar riesgos laborales, garantizando un ambiente seguro. Evaluar su impacto es esencial para mejorar continuamente las condiciones laborales (Ministerio de Energía y Minas, 2024; SONDEL, 2024).

- Seguridad Minera y Salud Laboral

Se refiere a las estrategias y medidas implementadas para prevenir accidentes y enfermedades en el entorno laboral minero, garantizando el bienestar físico y mental de los trabajadores. Este enfoque es esencial para fomentar un ambiente seguro y productivo (Ministerio de Energía y Minas, 2024).

- Prevención de Incidentes y Accidentes Fatales.

Se refiere a las estrategias implementadas para identificar, evaluar y mitigar los riesgos que podrían resultar en lesiones graves o mortales, promoviendo así un entorno laboral seguro. Este enfoque es esencial para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores (Ministerio de Trabajo y Promoción de Empleo, 2022)

- Mejora Continua Condiciones Laborales.

Se refiere a un proceso sistemático que busca identificar y aplicar mejoras en el entorno laboral, garantizando así la salud y seguridad de los empleados. Este enfoque es esencial para fomentar un ambiente de trabajo más eficiente y seguro (Ministerio de Trabajo y Promoción de Empleo, 2022)

- **Capacitación en SSOM.**

Se refiere al proceso mediante el cual se instruye a los trabajadores sobre prácticas seguras y normativas vigentes, con el fin de prevenir accidentes y enfermedades laborales. Esta formación es esencial para garantizar un ambiente de trabajo seguro y eficiente (Ministerio de Trabajo y Promoción de Empleo, 2022)

- **Capacitación**

Es la actividad que consiste en transmitir conocimientos teóricos y prácticos para el desarrollo de aptitudes, conocimientos, habilidades y destrezas acerca del proceso de trabajo, la prevención de los riesgos, la seguridad y la salud ocupacional de los trabajadores. DS.024-2016-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería - Artículo 7.

- **Cultura de Seguridad y Salud Ocupacional**

Es el conjunto de valores, principios, normas, costumbres, comportamientos y conocimientos que comparten los miembros de una Empresa, para promover un trabajo seguro y saludable, en el que están incluidos el titular de actividad minera, las Empresas contratistas mineras, las Empresas contratistas de actividades conexas y los trabajadores de las anteriores mencionadas, para la prevención de enfermedades ocupacionales y daño a las personas. DS.024-2016-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería - Artículo 7.

- **Agentes Físicos Ocupacionales colocar solo los agentes físicos, ruido, iluminación, vibración**

Son los agentes en el ambiente de trabajo, que por sus propiedades pueda aumentar la probabilidad de ocurrencia de un evento adverso para la salud.

Se clasifican en físicos (ruido, iluminación, etc.), químicos (partículas, gases), biológicos, psicosociales y factores de riesgo disergonómicos.

- **Ambiente de Trabajo**

Conformado por la infraestructura, equipos y medios de producción y el entorno que rodea al trabajador.

- **Área de Trabajo**

Área parcial del puesto de trabajo en la cual se ejecuta la tarea visual.

- **Iluminación**

Es la relación de flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, expresada en Lux. Clases de iluminación: (a) Iluminación general. - Es el alumbrado diseñado para iluminar todo el ambiente, con un determinado grado de uniformidad. (b) Iluminación complementaria. - Es un alumbrado diseñado para aumentar el nivel de iluminación en un plano de trabajo dentro del ambiente. (c) Iluminación localizada. - Alumbrado que proporciona un incremento de nivel de iluminación en el plano de trabajo, cuando la tarea visual es de precisión.

- **Luminaria**

Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijas, proteger y operar esas lámparas y los necesarios para conectarse al circuito de utilización eléctrica.

- **Lux**

Unidad de medida del sistema métrico para cuantificar los niveles de iluminación.

- **Ergonomía**

Llamada también ingeniería humana, es la ciencia que busca optimizar la interacción entre el servidor, máquina y ambiente de trabajo con el fin de adecuar los puestos, ambientes y la organización del trabajo a las capacidades y limitaciones de los servidores.

- **Factores de Riesgo Disergonómico**

Es aquel conjunto de atributos de la tarea o del puesto, que inciden en aumentar la probabilidad de un sujeto, expuesto a ellos, desarrolle una lesión en su trabajo. Incluyen aspectos relacionados con la manipulación manual de cargas, sobresfuerzos, posturas de trabajo, movimientos repetitivos.

- **Factores de Riesgo Biológico**

Es la posible exposición a microorganismos que puedan dar lugar a enfermedades, motivada por la actividad laboral. Su transmisión puede ser por vía respiratoria, digestiva, sanguínea, piel o mucosas.

2.3.1. Marco Normativo.

- Constitución Política del Perú 1993
- Ley General de la Salud – Ley N° 26842
- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo – Ley N° 29783 y modificatorias
- Reglamento de la Ley N° 29783 - D.S. N° 005-2012-TR
- Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico – Resolución Ministerial N° 375-2008-TR.

Agente físico (Ruido): Se refiere a la exposición de los trabajadores a niveles de presión sonora que puedan generar molestias, fatiga auditiva o daño permanente en la salud, dependiendo de la intensidad, frecuencia y duración de

la exposición. La norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico – Resolución Ministerial N° 375-2008-TR. establece lineamientos Ver tabla 2, para identificar, evaluar y controlar el riesgo asociado al ruido en el ambiente laboral, asegurando condiciones seguras y saludables para prevenir enfermedades profesionales relacionadas con la audición y la productividad.

Tabla 3 lineamientos relacionados con el agente físico (ruido)

Lineamiento	Descripción
Identificación del riesgo	Identificar las fuentes de ruido, determinar áreas críticas y evaluar si los niveles exceden los límites máximos permisibles (LMP).
Evaluación del riesgo	Medir niveles de ruido con equipos calibrados, compararlos con los LMP y clasificar el riesgo según la exposición (bajo, medio, alto).
Control del riesgo	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas: Reducir ruido en la fuente (mantenimiento, silenciadores, barreras acústicas). - Administrativas: Limitar tiempos de exposición. - EPP: Proveer tapones o protectores auditivos.
Capacitación y sensibilización	Capacitar a los trabajadores sobre los riesgos del ruido, sus efectos en la salud y el uso correcto de EPP. Sensibilizar a empleadores sobre el cumplimiento normativo.
Monitoreo continuo	Realizar mediciones periódicas del ruido para asegurar que los niveles se mantengan dentro de los límites permisibles y actualizar evaluaciones según los cambios.
Registro y documentación	Llevar registros de evaluaciones, resultados, medidas implementadas y capacitaciones realizadas. Disponibilizar estos datos para auditorías o inspecciones.
Cumplimiento normativo	Garantizar que los niveles de ruido y las medidas implementadas cumplan con las regulaciones nacionales e internacionales aplicables.

Nota. Resolución Ministerial N° 375-2008-TR

Esto enfatiza la importancia del ruido como un factor crítico en la evaluación ergonómica y su impacto en el bienestar de los trabajadores.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis de General

El agente físico ocupacional “Ruido”, en la aplicación de las tecnologías de la Industria 4.0 tiene efectos significativos de la hipoacusia de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas en el año 2024.

2.4.2. Hipótesis Específicas

H.E.1. Los niveles de exposición de los trabajadores al agente físico ocupacionales “Ruido” en la Empresa Ecoserm Rancas no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos.

H.E.2. La tecnología de la Industria 4.0 aplicada en las operaciones mineras de Ecoserm Rancas tiene un rol significativo en la mitigación de riesgos laborales asociado a agentes físicos “Ruido”.

H.E.3. El uso de los protectores auditivos tiene un impacto significativo en la reducción de la exposición a agentes físicos ocupacionales “Ruido” en las actividades de la Empresa Ecoserm Rancas.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variable Independiente

Agentes Físico Ocupacional “Ruido”.

2.5.2. Variable Dependiente

Tecnología de la Industria 4.0 en la adquisición de datos de los equipos dosímetros y silenciadores digitales.

2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores.

A continuación, se presenta en una tabla la forma como se dimensiono la investigación

Tabla 4 *Matriz de operacionalización de las variables*

Variable	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Agentes Físicos Ocupacionales	Factores del entorno laboral que pueden generar efectos adversos en la salud de los trabajadores en la Empresa Ecoserm Rancas, y que deben cumplir con los límites máximos permisibles.	Niveles de exposición	Cumplimiento de los límites máximos permisibles
		Tipo de agente físico	Frecuencia y duración de la exposición
			Ruido
Tecnología de la Industria 4.0 en la adquisición de datos de los equipos densitometría y silenciadores digitales	Aplicación de un área técnica avanzada en las operaciones mineras de Ecoserm Rancas, cuyo rol se enfoca en mejorar la seguridad laboral y reducir riesgos asociados a agentes físicos “Ruido”.	Tipos de tecnología implementada	Sensores, IoT, control de mayor ingeniería en los procesos para reducir el riesgo de hipoacusia
		Efectividad en la mitigación de riesgos	Reducción de niveles de exposición a agentes físicos
		Impacto en la seguridad laboral	Disminución de casos de enfermedades ocupacionales por hipoacusia
		Uso de protectores auditivos	Monitoreo de examen médico ocupacional (anual)

Nota: Datos desarrollado por el autor.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación es tipo aplicada por el uso de la “ficha de encuesta” en la que se plasma los datos numéricos de la evaluación, el nivel es descriptivo (De Educación, 2022).

3.2. Nivel de Investigación

Dado que la investigación se centra en el análisis del impacto del agente físico ocupacional “Ruido” y la tecnología de la Industria 4.0 en la seguridad y salud laboral de la Empresa Ecoserm Rancas, el nivel de investigación es de tipo aplicado y tiene un enfoque descriptivo y correlacional (Espinoza-Pajuelo & Ochoa-Pachas, 2020) .

Este nivel de investigación se adecua para buscar describir y medir los niveles de exposición al agente físico “Ruido” y examinar su implementación en las tecnologías de la Industria 4.0 para que contribuye a mitigar estos riesgos en el contexto laboral.

3.3. Métodos de Investigación

QuestionPro (2021) señala que la investigación cuantitativa se caracteriza por su enfoque en el uso de datos cuantitativos o que pueden ser medidos. El método utilizado para alcanzar los objetivos de esta investigación es el método hipotético-deductivo.

3.4. Diseño de Investigación

El estudio se basa en un diseño transversal, realizado en un solo momento, con observaciones de enfoque cuantitativo y descriptivo. Se analiza el fenómeno según la variable de estudio en su estado natural. Utilizando inferencial, se describe el comportamiento de la población (Sampieri, 2006).

3.5. Población y Muestra

Para esta investigación se utiliza el muestreo No Probabilístico (no estadístico y no paramétrico) porque la población es muy reducida y es posible el manejo de los datos obtenidos (Hernández González, 2021).

3.5.1. Población

En esta investigación, la población está constituida por los 46 trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas, quienes representan la totalidad de personas expuestas a los agentes físicos ocupacionales dentro de este entorno laboral específico. Según Tamayo (2009) la población incluye todas las unidades de análisis que comparten características relevantes para el estudio, en este caso, los niveles de exposición a agentes físicos como ruido y vibración en el ámbito minero.

Esta población completa permite obtener datos representativos y confiables sobre la magnitud y variación de la exposición en diversas áreas de la Empresa, lo cual es esencial para evaluar el cumplimiento de los límites máximos

permisibles y la efectividad de las tecnologías de la Industria 4.0 en mitigar estos riesgos.

3.5.2. Muestra

Se tomará de forma deliberada para los fines de estudio presentes

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Para calcular el tamaño de la muestra probabilística cuando la población total es conocida y limitada, usamos la fórmula de muestreo para poblaciones finitas:

donde:

- n es el tamaño de la muestra,
- N es el tamaño de la población (en este caso, 40),
- Z es el valor de la distribución normal correspondiente al nivel de confianza deseado (por ejemplo, 1.96 para un 95% de confianza),
- P es la proporción esperada de la característica en estudio (usualmente se asume 0.5 si no se conoce),
- $q = 1 - p$
- e es el error máximo aceptable (por ejemplo, 5%, o 0.05).

Con estos valores:

$$n = \frac{40 \cdot (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(0.05)^2 \cdot (40 - 1) + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = \frac{38.416}{1.0579} \approx 35.22$$

$$n = 35 \text{ trabajadores}$$

El valor de $n=35$ indica que, para una población total de 40 trabajadores expuestos a los niveles de los agentes físicos, es suficiente evaluar una muestra de 35 trabajadores para obtener resultados representativos con un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5%. Este cálculo considera que la variabilidad máxima (50%) es esperada, lo cual asegura la robustez del análisis.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En la presente, la recolección de datos se llevará a cabo mediante técnicas cuantitativas, centradas en el monitoreo directo de los agentes físicos ocupacionales, tales como ruido y vibración, a los que están expuestos los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas. Para obtener datos sobre los niveles de exposición, se emplearán instrumentos especializados, como dosímetros de ruido y vibrómetros, que permitirán medir de forma continua las condiciones del entorno laboral y verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa. Estos dispositivos se colocarán en puntos estratégicos dentro de las áreas de trabajo y se ajustarán según los estándares técnicos, asegurando la fiabilidad y validez de los datos obtenidos.

Además, se emplearán encuestas estructuradas para evaluar la percepción de los trabajadores sobre las condiciones de seguridad y el uso de equipos de protección personal (EPP). Este instrumento permitirá recopilar información sobre la frecuencia y efectividad del uso de EPP, así como sobre la familiaridad de los trabajadores con las tecnologías de la Industria 4.0 implementadas en la Empresa. La combinación de mediciones objetivas con la percepción de los trabajadores facilitará un análisis integral, ofreciendo una visión tanto técnica como subjetiva de los factores de riesgo y las medidas de mitigación en el entorno minero.

3.7. Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación.

La validez y confiabilidad de los instrumentos en esta investigación, se ha realizado una selección basada en su precisión y adecuación al contexto minero. Los dosímetros de ruido y vibrómetros utilizados para medir los agentes físicos ocupacionales fueron seleccionados de acuerdo con normas técnicas y calibrados previamente, según lo especificado en sus fichas de calibración. La validez de estos instrumentos se garantiza mediante estos reportes de calibración, que acreditan que los dispositivos cumplen con los estándares requeridos y ofrecen mediciones precisas de los niveles de exposición en el entorno laboral de Ecoserm Rancas. Además, se emplearán fichas de observación para registrar los datos obtenidos de los sensores en puntos de monitoreo específicos, permitiendo una evaluación consistente de las condiciones de seguridad y salud ocupacional (López-Regalado, 2025).

Para la confiabilidad de la encuesta aplicada a los trabajadores sobre el uso de equipos de protección personal (EPP) y la percepción de seguridad, se empleará el coeficiente Alfa de Cronbach. Este método estadístico permitirá evaluar la consistencia interna de la encuesta, asegurando que los ítems reflejan de manera confiable las percepciones y experiencias de los trabajadores en relación con la seguridad laboral y la implementación de tecnologías de la Industria 4.0. Un valor de Alfa de Cronbach superior a 0.7 será considerado adecuado, lo cual indicará que la encuesta tiene una consistencia aceptable para la investigación. La combinación de instrumentos validados y confiables permite alcanzar el objetivo general en la recolección de datos, garantizando que los resultados obtenidos sean precisos y aplicables al contexto de la investigación.

3.8. Técnicas de Procesamientos y Análisis de Datos

Para el procesamiento y análisis de los datos en esta investigación sobre agentes físicos ocupacionales y la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 en la seguridad minera, se utilizarán técnicas estadísticas y de comparación de resultados. El informe de monitoreo ocupacional de agentes físicos establece una metodología específica de recolección de datos, en la cual se emplean dosímetros calibrados para medir los niveles de exposición al ruido en distintas áreas de trabajo. Posteriormente, los datos obtenidos se categorizan en función de los niveles de riesgo (bajo, medio, alto) mediante una semaforización basada en los límites máximos permisibles (LMP) y niveles de acción (NA), facilitando así la identificación de áreas y puestos críticos que requieren medidas correctivas.

Para el análisis estadístico, se empleará un software especializado que permita el cálculo de promedios, desviaciones estándar y frecuencias de exposición, lo cual permitirá una comprensión detallada de la variabilidad y tendencias en los niveles de ruido en distintas áreas monitoreadas. Adicionalmente, se realizarán comparaciones entre las mediciones obtenidas en presencia y ausencia de equipos de protección personal (EPP) para evaluar la eficacia de los EPP en la reducción del ruido percibido por los trabajadores. Estos datos serán contrastados con los informes de calibración para asegurar la validez de las mediciones realizadas, generando así un análisis robusto y confiable sobre los niveles de exposición a agentes físicos y el impacto de la tecnología de la Industria 4.0.

3.9. Tratamiento Estadístico

El tratamiento estadístico en esta investigación incluirá el uso de la prueba t de Student para analizar los datos de los reportes obtenidos a través de los

sensores, específicamente los niveles de ruido y vibración registrados en diversas áreas de trabajo. Esta prueba permitirá comparar los promedios de los niveles de exposición en distintos contextos, como el uso y no uso de equipos de protección personal (EPP), y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas. Este análisis es particularmente útil para evaluar la eficacia de las medidas de mitigación implementadas y para validar si los niveles de ruido se mantienen dentro de los límites permitidos. La t de Student facilitará la identificación de áreas donde los niveles de exposición superan los límites, permitiendo implementar recomendaciones específicas basadas en evidencia estadística.

Para los datos cualitativos obtenidos a través de encuestas, se utilizará el **coeficiente de correlación de Spearman (rho)**, que es adecuado para evaluar la relación entre variables ordinales o de clasificación, como la percepción de los trabajadores sobre la seguridad laboral y la frecuencia de uso de equipos de protección personal. Este coeficiente permitirá medir la fuerza y dirección de la asociación entre las respuestas de los trabajadores y otros factores, como el nivel de familiaridad con las tecnologías de la Industria 4.0. Al aplicar el coeficiente de Spearman, se busca identificar correlaciones significativas entre la percepción de seguridad y la implementación de medidas de protección, proporcionando un análisis integral que combina datos cuantitativos de exposición con datos cualitativos de percepción de los empleados (Mamani-Poma, 2025).

3.10. Orientación Ética Filosófica y Epistémica

La investigación adopta una orientación ética, filosófica y epistémica centrada en el bienestar humano, la justicia social y el acceso equitativo al conocimiento. Éticamente, se compromete a proteger la integridad y salud de los

trabajadores al evaluar y mitigar riesgos ocupacionales, fundamentándose en la ética del cuidado y la responsabilidad social corporativa. Filosóficamente, la investigación se orienta hacia el pragmatismo y el humanismo, al buscar soluciones prácticas y efectivas para mejorar las condiciones laborales y reducir la exposición a riesgos físicos en el entorno minero. Desde un punto de vista epistémico, la investigación se fundamenta en el empirismo, recopilando datos concretos de campo mediante sensores y encuestas para obtener un conocimiento objetivo y verificable que permita una intervención informada en el ámbito laboral (Calvo, 2022).

En cuanto al respeto de los derechos de autor y la normativa peruana, esta investigación se rige por la legislación de **INDECOPI** en el Perú, que garantiza el reconocimiento de los derechos de autor sobre los materiales empleados y producidos durante el estudio, protegiendo tanto las fuentes documentales utilizadas como los datos obtenidos. Cualquier material académico o técnico referenciado deberá ser citado adecuadamente para respetar los derechos de los autores y creadores originales, en cumplimiento de la normativa vigente de propiedad intelectual.

Esta investigación promueve el acceso a la información académica libre, reconociendo los esfuerzos realizados en Perú para democratizar el conocimiento, tales como el acceso a bases de datos y bibliotecas digitales en instituciones públicas y privadas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del Trabajo de Campo

La evaluación de dosimetría, consistió primero en el reconocimiento de los puestos de trabajo definidos como críticos en las operaciones de la Empresa Empresa Comunal De Servicios Múltiples, empleando la metodología aplicada corresponde a la Guía N.º 1 (Medición de Ruido) del D.S. N.º 024-2016-EM y en la NTP-ISO 9612-2010 / Acústica, que permite la determinación de la exposición al ruido laboral.

Se llevaron a cabo utilizando dosímetros sonoros personales calibrados, los cuales requieren una cuidadosa preparación y colocación. La calibración de campo implica verificar la calibración acústica del sistema de medición completo, incluyendo el micrófono, en un ambiente silencioso, lo que lo distingue de la calibración de laboratorio ver anexo 5.

En la medición de ruido que afecta al trabajador el micrófono se posicionó en la parte superior del hombro, a una distancia específica del canal auditivo externo, y asegurarse interferencias de ruido mecánicas o por la ropa.

Asimismo, se informó al trabajador sobre el propósito de la medición y recomendarle no retirar el dosímetro durante el período de evaluación, además de realizar sus tareas habituales. Antes de comenzar, el dosímetro debe ser puesto a cero y reiniciado conforme a las instrucciones del fabricante.

Tabla 5 *Equipo de medición de niveles de presión sonora*

EQUIPO	MARCA	MODELO	N.º SERIE	CÓDIGO	FECHA DE CALIBRACIÓN
Dosímetro	SVANTEK	SV 104	86723	DO-07	19/07/2023
Dosímetro	SVANTEK	SV 104	61790	DO-08	14/07/2023
Dosímetro	INLITE	DoseMax	21100802401B	DO-13	16/11/2023
Dosímetro	INLITE	DoseMax	21100802201B	DO-14	16/11/2023
Dosímetro	INLITE	DoseMax	21100800301B	DO-16	16/11/2023
Dosímetro	INLITE	DoseMax	21100800401B	DO-18	16/11/2023
Dosímetro	INLITE	DoseMax	21100801001B	DO-19	16/11/2023
Dosímetro	INLITE	DoseMax	22101711501B	DO-20	16/11/2023
Dosímetro	INLITE	DoseMax	22101719201B	DO-21	16/11/2023

Nota: Informe de Monitoreo Ocupacional de Agentes Físicos SGC GROUP

La Resolución Ministerial N° 375-2008-TR “Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómicos”, establece los límites máximo permisible para ruido ocupacional

Tabla 6 *Límites Máximos Permisibles de Ruido Ocupacional*

Tiempo de exposición en horas	Nivel de ruido (dB)
24 horas/día	80 decibeles
16 horas/día	82 decibeles
12 horas/día	83 decibeles
8 horas/día	85 decibeles
4 horas/día	88 decibeles
2 horas/día	91 decibeles
1 hora/día	94 decibeles

Nota: Datos recopilados por el autor.

Por su exposición del personal de 9 y 10 horas, se define el nivel de ruido máximo al que debe estar expuesto mediante la ecuación descrita en la Guía N.^o 01 – Medición de ruido del D.S. N.^o 024-2016-EM.

$$T_n = 8/2^{(L-85)/3}$$

Donde:

T_n = N^o horas permisibles al nivel equivalente

L = N^o horas permitidas al nivel equivalente

Tabla 7 *Evaluacion para 9 y 10 horas de ruido ocupacional*

Tiempo de exposición en horas	Nivel de ruido (dB)
10 horas/día	84 decibeles
9 horas/día	84.5 decibeles

Nota: Datos recopilados por el autor.

La cultura QHSE (Calidad, Salud, Seguridad y Medio Ambiente) compara los valores encontrados con los límites máximos permisibles del agente evaluado y determina una categoría de colores. Los niveles de exposición serán catalogados de acuerdo a su probabilidad usando el método del semáforo y se interpreta de la siguiente forma ver tabla 6.

Tabla 8 *Semaforización de los niveles de exposición*

PROBABILIDAD	NIVEL DE EXPOSICIÓN
BAJO	Exposición menor al nivel de acción (< NA dBA)
MEDIO	Exposición mayor al nivel de acción, pero menor al límite máximo permisible (\geq NA y < LMP dBA)
ALTO	Exposición mayor o igual al límite máximo permisible (\geq LMP dBA)

Nota: Datos recopilados por el autor.

Exposición menor al nivel de acción (< NA dBA): Este nivel indica que la exposición al ruido está por debajo del nivel de acción, lo que significa que el trabajador está expuesto a un ambiente sonoro que no alcanza el umbral

establecido para generar un riesgo significativo para la salud auditiva. En este rango, no se requiere implementar controles adicionales.

Exposición mayor al nivel de acción, pero menor al límite máximo permisible (\geq NA y $<$ LMP dBA): Este nivel señala que la exposición al ruido ha superado el nivel de acción, lo cual indica un riesgo moderado, aunque todavía se encuentra dentro de los límites aceptables establecidos por las normativas. En este caso, se deben tomar medidas preventivas como la implementación de controles administrativos, técnicos o el uso de protección auditiva para evitar que la exposición alcance niveles más altos que puedan ser perjudiciales para la salud del trabajador.

Exposición mayor o igual al límite máximo permisible (\geq LMP dBA): Este nivel representa una situación de alto riesgo, ya que la exposición al ruido iguala o supera el límite máximo permisible (LMP), definido como el umbral a partir del cual el ruido puede causar daño auditivo permanente o afectar la salud del trabajador. En este escenario, es obligatorio implementar medidas correctivas inmediatas, como la instalación de sistemas de reducción de ruido, el aislamiento de fuentes sonoras, o la provisión de equipos de protección personal adecuados para salvaguardar la salud de los trabajadores.

4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

Se ha medido los niveles de ruido a los 35 trabajadores consignando su Área de trabajo, su cargo que ocupa en la Empresa, la actividad que desempeña y las fuentes de Ruido al cual se encuentra expuesto, ver la tabla.

Tabla 9 Análisis de la actividad por actividad, nivel de ruido y Riesgo por trabajador

Etiquetas de fila	Leq (dBA)	Actividad
ALTO	85.735	9
Conductor de excavadora	91.4	1
Control de flujo vehicular	81	1
Dirigir las unidades y controlador de unidades	90.4	1
Ensayos en laboratorio	87.6	1
Excavaciones y ayuda a pasar fierro	84.5	1
Movimiento de tuberías y apoyo de mallas	87.5	1
Soldar estructuras y trabajo en caliente	84.11	2
Supervisar PTAR	81	1
BAJO	75.476	21
Compra de herramientas	75.2	1
Conducción de combi	74.2	1
Conducir el cargador frontal	76.1	1
Conducir la excavadora	81.6	1
Conducir volquete	71.2	1
Conductor de cisterna y control de combustible	81.4	1
Conductor de combi	73.1	1
Conductor de Picotón	76.1	1
Control de salida de vehículos y bienes	75	1
Controlar y dirigir por la radio a camiones	81.2	1
Disolver floculante y se lleva al relave	80.64	1
Inspección y actividades en oficina	80	1
Operador de rodillo	71.2	1
Operador de volquete	71.8	1
Operar en obras civiles	73.9	1
Refrigeramiento y fabricación de infraestructura metálica	80	1
Soldar piezas metálicas	79.96	1
Supervisar y coordinar equipos	70	1
Traslado de equipos pesados	80	1
Verificación de documentos	50.9	1
Vigilancia de descarga de material de volquetes	81.5	1
MEDIO	82.46	6
Calibración de instrumentos	81.6	1
Carguños de taladro y plasma fragmentador	85	1
Conducción de sistemas	81.4	1
Conductor de camión lubricador	81.6	1
Manejo, nivelación de piso y reparación de pistas	83.64	1
Mantenimiento de motor, izaje y bloque de energía	81.52	1
Total general	79.205	36

Nota: Datos recopilados por el autor.

La tabla 8 presenta las estadísticas de una muestra de 35 trabajadores, como. La media, con un valor de 79,0649, la desviación estándar de 7,24117 que indica el grado de dispersión de los datos respecto a la media, reflejando variabilidad en las mediciones dentro de la muestra.

Tabla 10 *Estadística de la muestra*

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Trabajadores	35	79,0649	7,24117	1,22398

Nota: Datos recopilados por el autor.

La prueba de hipótesis realizada a continuación, compara los datos obtenidos por dosimetría en 35 trabajadores con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 85 dB para una jornada laboral de 8 horas. Según los resultados, la prueba t muestra un valor de -4,849 con 34 grados de libertad y una significancia bilateral de 0,000, lo que indica que la diferencia es estadísticamente significativa

Tabla 11 *Prueba de hipótesis para la muestra*

Valor de prueba = 85						
			Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
t	gl	Sig. (bilateral)		Inferior	Superior	
Trabajadores	-4,849	34	,000	-5,93514	-8,4226	-3,4477

Nota: Datos recopilados por el autor.

El sensor KY-037, de bajo costo y compatible con la tecnología Arduino, ha demostrado una gran versatilidad al permitir el monitoreo de niveles de ruido en tiempo real mediante navegadores web o aplicaciones móviles. Su empleo en diversas aplicaciones industriales refleja su utilidad y adaptabilidad ver tabla.

Tabla 12 Empleo del sensor KY-037 en diversas aplicaciones en la industria

Campo de Aplicación	Descripción	Fuente	Número de Aplicaciones
Control de Dispositivos por Sonido	Implementación de sistemas que permiten encender o apagar dispositivos (como luces o electrodomésticos) mediante la detección de sonidos específicos, como aplausos.	Uelectronics Blog	15
Sistemas de Alarma y Seguridad	Desarrollo de alarmas que se activan al detectar niveles de sonido anormales, útiles en sistemas de seguridad para identificar intrusiones o eventos inusuales.	Tecneu	10
Interfaz Hombre-Máquina	Creación de interfaces que responden a comandos de voz o sonidos, facilitando la interacción entre el usuario y dispositivos electrónicos.	Todo Arduino	8
Monitoreo Ambiental	Uso en sistemas que registran niveles de ruido ambiental para estudios de contaminación acústica o control de calidad en entornos específicos.	Arduinomodules	12
Proyectos Educativos	Empleado en entornos educativos para enseñar principios de electrónica y programación mediante la creación de proyectos interactivos basados en sonido.	Fantasy Studios	20

Nota: Datos recopilados por el autor.

Con el fin de evaluar el impacto del uso de equipos de protección personal (EPP) en la reducción de la exposición a agentes físicos ocupacionales de la Ecoserm Rancas, se realizó una encuesta a los 36 trabajadores, con 4 preguntas.

Los resultados a la primera pregunta muestran que la mayoría de los participantes, el 55,6%, está de acuerdo con la necesidad de que la Empresa invierta en tecnología, mientras que un 16,7% está totalmente de acuerdo, lo que suma un respaldo significativo del 72,3% al considerar esta medida como importante.

Tabla 13 Encuesta pregunta 1

¿En qué medida considera que la Empresa debe invertir en tecnologías de detección de ruidos en tiempo real para mejorar la seguridad laboral?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
			válido	acumulado
Válido	En desacuerdo	1	2,8	2,8
	No opino	9	25,0	25,0
	De acuerdo	20	55,6	55,6
	Totalmente de acuerdo	6	16,7	100,0
	Total	36	100,0	100,0

Nota: Datos recopilados por el autor.

La segunda pregunta revela que la mayoría, un 41,7%, está de acuerdo afirmación de que los sensores en los EPPS son una limitante en su trabajo, mientras que un 19,4% está totalmente de acuerdo, lo que indica que el 61,1% de los participantes percibe cierta limitación en el uso de esta tecnología. Sin embargo, un 33,3% no opina, lo que podría reflejar desconocimiento o falta de experiencia con los sensores en los EPP, y solo un 5,6% está en desacuerdo, sugiriendo que una minoría no ve estas tecnologías como un obstáculo.

Tabla 14 *Encuesta pregunta 2*

¿En qué medida está de acuerdo con que el uso de sensores en los EPP representa una limitante para desempeñar sus labores?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	En desacuerdo	2	5,6	5,6	5,6
	No opino	12	33,3	33,3	38,9
	De acuerdo	15	41,7	41,7	80,6
	Totalmente de acuerdo	7	19,4	19,4	100,0
	Total	36	100,0	100,0	

Nota: Datos recopilados por el autor.

La tabla 13 que un 41,7% está de acuerdo y un 19,4% totalmente de acuerdo, lo que indica que el 61,1% considera la supervisión como un factor importante para la seguridad laboral. Sin embargo, un 25% no opina, lo que podría denotar una falta de claridad o posición respecto al tema, mientras que un 13,9% está en desacuerdo.

Tabla 15 Encuesta pregunta 3

¿En qué medida está de acuerdo con que la supervisión continua en su trabajo es necesaria para garantizar un entorno laboral seguro?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	En desacuerdo	5	13,9	13,9	13,9
	No opino	9	25,0	25,0	38,9
	De acuerdo	15	41,7	41,7	80,6
	Totalmente de acuerdo	7	19,4	19,4	100,0
	Total	36	100,0	100,0	

Nota: Datos recopilados por el autor.

La tabla 14 muestra la percepción de un 41,7% está de acuerdo y un 19,4% totalmente de acuerdo, lo que indica que el 61,1% considera que estas tecnologías mejoran la eficiencia en las labores. Sin embargo, un 19,4% no opina, posiblemente por falta de experiencia o conocimiento, y un 19,4% está en desacuerdo, reflejando una división en las percepciones.

Tabla 16 Encuesta pregunta 4

¿En qué medida considera que las labores realizadas con el uso de tecnologías de supervisión y monitoreo son más eficientes?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	En desacuerdo	7	19,4	19,4	19,4
	No opino	7	19,4	19,4	38,9
	De acuerdo	15	41,7	41,7	80,6
	Totalmente de acuerdo	7	19,4	19,4	100,0
	Total	36	100,0	100,0	

Nota: Datos recopilados por el autor.

4.3. Prueba de Hipótesis

Planteamiento de la Hipótesis General:

H0: Los agentes físicos ocupacionales y la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 tienen no efectos significativos en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas en el año 2024.

H1: Los agentes físicos ocupacionales y la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 tienen efectos significativos en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas en el año 2024.

Interpretación

La validación de las 3 hipótesis específicas permiten validar la hipótesis de la presente investigación, aceptando que los agentes físicos ocupacionales y la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 tienen efectos significativos positivos en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas.

Prueba de Hipótesis Específica 1

H0 ($\mu=85$): Los niveles de exposición de los trabajadores a los agentes físicos ocupacionales en la Empresa Ecoserm Rancas no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos.

H1 ($\mu \neq 85$): Los niveles de exposición de los trabajadores a los agentes físicos ocupacionales en la Empresa Ecoserm Rancas cumplen con los límites máximos permisibles establecidos.

Interpretación:

La diferencia entre la media muestral y el valor de prueba (85) es estadísticamente significativa. Esto indica que, con un 95% de confianza, la media poblacional no es igual a 85. Además, el intervalo de confianza no incluye el valor de prueba (85), lo que refuerza esta conclusión.

Prueba de Hipótesis Específica 2

Validación de la Hipótesis

El sensor KY-037 es un módulo de detección de sonido ampliamente utilizado en diversos proyectos electrónicos y de automatización. A continuación,

se presenta una tabla que resume sus principales campos de aplicación, una breve descripción de cada uno y la cantidad de aplicaciones desarrolladas en cada campo:

En esta tabla muestra diversos campos de aplicación de sistemas basados en sonido, que podrían formar parte de soluciones tecnológicas de la Industria 4.0. Estas tecnologías pueden ser adaptadas para operaciones mineras de la siguiente manera como se muestra a continuación.

Tabla 17 *Campo de uso minero del sensor KY-037*

Campo de Aplicación	Descripción
Control de Dispositivos por Sonido	En un entorno minero, estas aplicaciones pueden automatizar sistemas de iluminación o ventilación, reduciendo la exposición directa de los trabajadores a entornos peligrosos.
Sistemas de Alarma y Seguridad	Las alarmas que detectan niveles de sonido anormales podrían identificar eventos críticos como explosiones, desprendimientos de rocas o intrusiones, mejorando la respuesta ante emergencias.
Interfaz Hombre-Máquina	Interfaces basadas en comandos de voz facilitan la operación de maquinaria pesada desde una distancia segura, disminuyendo riesgos físicos.
Monitoreo Ambiental	La implementación de sistemas de monitoreo acústico permite registrar niveles de ruido, un agente físico relevante en minas, para cumplir normativas de seguridad y diseñar planes de mitigación.
Proyectos Educativos	La capacitación interactiva basada en estas tecnologías fomenta una cultura de seguridad y uso responsable de sistemas tecnológicos.

Nota: Datos recopilados por el autor.

Conexión con la Hipótesis:

Estas aplicaciones alineadas con los principios de la Industria 4.0 demuestran un impacto significativo en la mitigación de riesgos laborales al reducir la exposición de los trabajadores a agentes físicos, como el ruido y las condiciones inseguras, en operaciones mineras.

Prueba de Hipótesis Específica 3

H0: El uso de equipos de protección personal (EPP) no tiene un impacto significativo en la reducción de la exposición a agentes físicos ocupacionales en Ecoserm Rancas.

H1: El uso de equipos de protección personal (EPP) tiene un impacto significativo en la reducción de la exposición a agentes físicos ocupacionales en Ecoserm Rancas.

Validación de Hipótesis

Utilizo los resultados de las correlaciones de Spearman presentados en la tabla 16, así como la medición del impacto por medio del valor Rho (grados de asociación) entre las percepciones de los trabajadores.

Tabla 18 *Correlación de las preguntas de la encuesta*

Rho de Spearman	¿En qué medida considera que la Empresa debe invertir en tecnologías de detección de ruidos en tiempo real para mejorar la seguridad laboral?	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	1.000
		N	36
	¿En qué medida está de acuerdo con que el uso de sensores en los EPP representa una limitante para desempeñar sus labores?	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,510
		N	36
	¿En qué medida está de acuerdo con que la supervisión continua en su trabajo es necesaria para garantizar un entorno laboral seguro?	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,433
		N	36
	¿En qué medida considera que las labores realizadas con el uso de tecnologías de supervisión y monitoreo son más eficientes?	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,442
		N	0.007 36

. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota: Datos recopilados por el autor.

Análisis de Correlaciones

1. Relación con tecnologías de detección de ruidos en tiempo real:

- Coeficiente de correlación rho = 0.510.
- Significancia (p) = 0.001.

Interpretación: Existe una correlación positiva moderada y estadísticamente significativa entre la percepción de la inversión en tecnologías de detección de ruido y la percepción de los sensores en los EPP como una limitante. Esto indica que la implementación de estas tecnologías podría impactar la percepción del uso de EPP.

2. Supervisión continua para un entorno seguro:

- Coeficiente de correlación rho = 0.433.
- Significancia (p) = 0.008.

Interpretación: Existe una correlación positiva moderada y estadísticamente significativa entre la percepción de supervisión continua y la necesidad de tecnologías de detección de ruido. Esto respalda la hipótesis al indicar que la supervisión y los EPP interactúan para garantizar un entorno laboral seguro.

3. Eficiencia con tecnologías de supervisión y monitoreo:

- Coeficiente de correlación rho = 0.442.
- Significancia (p) = 0.007.

Interpretación: Existe una correlación positiva moderada y estadísticamente significativa entre la percepción de eficiencia de las tecnologías de supervisión/monitoreo y la inversión en tecnologías de detección de ruido. Esto sugiere que el uso de EPP puede complementarse con estas tecnologías para reducir la exposición a agentes físicos.

Con Base a Estos Resultados:

- Todas las correlaciones son significativas al nivel de $p < 0.01$.
- Esto indica que los EPP y las tecnologías asociadas (detección de ruido, supervisión continua y tecnologías de monitoreo) tienen una interacción positiva que puede contribuir significativamente a la reducción de la exposición a agentes físicos.

Por lo tanto, los datos respaldan la hipótesis de que el uso de EPP tiene un impacto significativo en la reducción de riesgos laborales relacionados con agentes físicos en Ecoserm Rancas.

4.4. Discusión de Resultados

La Cuarta Revolución Industrial plantea desafíos significativos para la salud y seguridad ocupacional, especialmente debido al uso de maquinaria automatizada que incrementa los niveles de ruido en los entornos laborales, lo que genera fatiga auditiva, estrés y daños permanentes en el sistema auditivo si no se implementan medidas de prevención adecuadas, como dispositivos de protección auditiva y sistemas de monitoreo en tiempo real (Min et al., 2019).

Por otra parte, los agentes físicos se monitorean en el entorno minero de acuerdo al artículo 102, el cual establece que todo titular de actividad minera debe supervisar estos factores para garantizar condiciones de seguridad, es por ello que estos agentes físicos son: ruido, iluminación, vibración, temperaturas extremas, presión atmosférica, radiación ionizante y no ionizante.

En la actualidad la Industria 4.0 ofrece herramientas como sensores inteligentes, sistemas de monitoreo remoto y análisis de datos en tiempo real para evaluar y mitigar los riesgos de exposición a estos agentes físicos. Este enfoque no solo mejora la seguridad y la salud de los trabajadores, sino que también

optimiza los procesos operativos, asegurando un cumplimiento efectivo de las normativas y la sostenibilidad en las actividades mineras.

Se sabe que el ruido es una sensación auditiva generalmente desagradable, destacando el límite de 85 decibeles como referencia para la incomodidad, su clasificación es: continuo, intermitente y de impacto. La tabla adjunta detalla una escala de ponderación en decibeles (dB) junto con el tiempo máximo de exposición permitido en una jornada laboral, que disminuye a medida que aumenta el nivel de ruido.

Tabla 19 Escala ponderada de los niveles de ruido

Escala de ponderación 'A' (dB)	Tiempo de Exposición Máximo en una jornada laboral
82	16 horas/día
83	12 horas/día
85	8 horas/día
88	4 horas/día
91	1 1/2 horas/día
94	1 hora/día
97	1/2 hora/día
100	1/4 hora/día

Nota: Datos recopilados por el autor.

Los agentes ocupacionales producen enfermedades a los trabajadores en el desempeño de sus labores, es por ello que sus resultados deben ser comparados a los límites o estándares, ademas de ser evaluados con una matriz de riesgo que son probabilidades de ocurrencia.

La matriz básica de evaluación de riesgos es una herramienta de gestión que combina dos ejes principales: la frecuencia, que mide la probabilidad de ocurrencia de un riesgo, y la severidad, que evalúa el impacto potencial del evento. Cada combinación de estos factores se clasifica en tres niveles de riesgo: alto (requiere acciones correctivas inmediatas en un plazo de 0-24 horas), medio

(demanda intervención prioritaria en un plazo de 0-72 horas) y bajo (aceptable con monitoreo y medidas correctivas en hasta un mes). Visualmente, el riesgo se representa por colores (rojo, amarillo y verde) que indican la urgencia de las medidas.

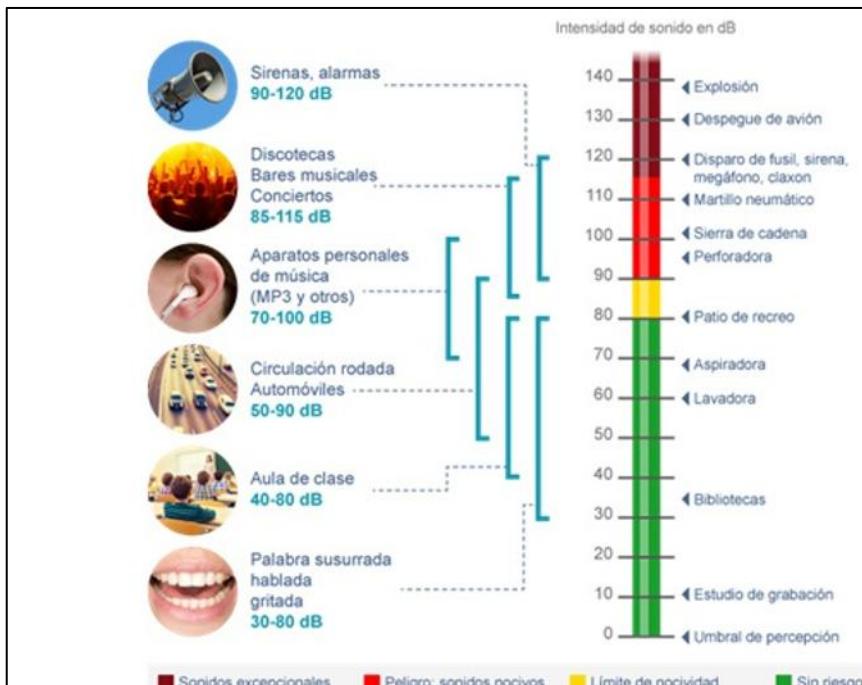
Por otra parte, los agentes ocupacionales forman parte de la Higiene Ocupacional y están orientados a identificar, reconocer, evaluar y controlar los factores de riesgo ocupacional que puedan afectar la salud de los trabajadores. Estos riesgos incluyen agentes físicos, químicos, biológicos, psicosociales, disergonómicos y otros. Su objetivo principal es prevenir enfermedades ocupacionales mediante la implementación de controles efectivos. Según el Artículo N.º 56 de la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, se establece que el empleador debe garantizar que la exposición a estos agentes en el lugar de trabajo no genere daños en la salud de los trabajadores.

La gestión de la Higiene Ocupacional está regulada por el Reglamento de la Ley N.º 29783 y el Decreto Supremo N.º 005-2012-TR, Artículo 33. Este marco normativo obliga a mantener registros en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, como parte del cumplimiento legal. Estas disposiciones buscan asegurar un entorno laboral seguro y saludable, promoviendo prácticas que minimicen los riesgos ocupacionales y fomenten el bienestar de los trabajadores.

Por otro lado, se resalta la Guía N.º 3 del DS 055-2010 y la Norma Técnica Peruana NTP-ISO-9612-2010, que se enfoca en la determinación de la exposición al ruido laboral mediante métodos de ingeniería, se subraya que el monitoreo de agentes ocupacionales debe registrarse en el formato oficial N.º 007-2022/F-01 del Anexo 01, reforzando la importancia de cumplir con los registros

reglamentarios como parte del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Figura 2 Intensidad del sonido en dB



Nota. Enlace <https://uprl.unizar.es/higiene-industrial/ruido>

Por otro lado, una guía para identificar si existe un nivel excesivo de ruido en el entorno laboral mediante una serie de preguntas reflexivas. Estas incluyen si es necesario gritar para comunicarse con alguien cercano, si se perciben zumbidos en los oídos al salir del área de trabajo, si resulta difícil mantener conversaciones normales después de la jornada laboral, si se experimentan dolores de cabeza, mareos o sensación de aturdimiento, y si otros compañeros de trabajo presentan problemas de audición. Estas señales ayudan a detectar posibles riesgos asociados a la exposición al ruido, promoviendo la toma de medidas preventivas para proteger la salud auditiva en el lugar de trabajo.

La enfermedad común relacionada al ruido es la hipoacusia inducida por ruido (HIR) que se define como una afección del oído caracterizada por la

disminución parcial o total de la capacidad auditiva en uno o ambos oídos. Esta condición es permanente, acumulativa y se desarrolla gradualmente como resultado de la exposición prolongada a niveles perjudiciales de ruido en el ambiente laboral. Generalmente, estos niveles de ruido son de intensidad alta, superiores a los 85 decibeles, y pueden ser de tipo continuo o intermitente.

Las fuentes de ruido comunes en la operación son:

- 1. Motores diésel**
- 2. Generadores y motores eléctricos**
- 3. Camiones de bomba**
- 4. Herramientas neumáticas**
- 5. Maquinaria de construcción**
- 6. Maquinaria de excavación**
- 7. Maquinaria de perforación**
- 8. Compresores de aire**

A continuación, se desarrolla el cálculo numérico de la exposición de ruido diario para una tarea donde la tabla contiene las tareas junto con sus niveles de ruido equivalentes $LA_{eq,Ti}$ (dBA) y los tiempos de exposición correspondientes $Ti(h)$.

Tabla 20 Parámetros de una actividad

Tareas	$LA_{eq,Ti}$ (dBA)	Ti (h)
Cortadora	90	2
Pulidora	80	1

$$LA_{eq,d} = 10 \log \left(\frac{1}{8} \sum_i T_i \cdot 10^{0.1 L_{Aeq,n}} \right)$$

$$LA_{eq,d} = 10 \log \left(\frac{1}{8} (2 \cdot 10^{0.1 \cdot 90} + 1 \cdot 10^{0.1 \cdot 80}) \right)$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left(\frac{1}{8} (2 \cdot 10^9 + 1 \cdot 10^8) \right)$$

$$L_{Aeq,d} = 84.2 \text{ dBA}$$

Nota: Datos recopilados por el autor.

Se concluye que la exposicion a una tarea donde el trabajador se encuentra expuesto a los ruidos de una cortadora y una pulidora es de 84.2 dBA

Por ende se debe realizar 3 mediciones continuas de 5 minutos cada uno, tal como se muestra en la tabla

Medicion promedio de una labor

Tarea	T (h)	LAeq,T,m,n (dBA) valores medidos	Máxima diferencia entre valores
Pulido	3	82, 85, 83	3
Limpieza	1	100, 102, 101	2
Transporte	1	79, 81, 80	2

Formula

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_i 10^{0.1L_{Aeq,T,i}} \right]$$

Pulido

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{3} (10^{0.1 \cdot 82} + 10^{0.1 \cdot 85} + 10^{0.1 \cdot 83}) \right] = 83.5 \text{ dB}$$

Limpieza:

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{3} (10^{0.1 \cdot 100} + 10^{0.1 \cdot 102} + 10^{0.1 \cdot 101}) \right] = 101.1 \text{ dBA}$$

Transporte:

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{3} (10^{0.1 \cdot 79} + 10^{0.1 \cdot 81} + 10^{0.1 \cdot 80}) \right] = 80.1 \text{ dBA}$$

Los resultados muestran valores promedios de cada tarea al realizar 3 mediciones continuas.

Por último, el contenido del informe de los monitoreos debe contener los siguientes aspectos:

1. Resultados de las mediciones
2. Relación de agentes o factores medidos
3. Límite permisible del agente monitoreado
4. Metodología empleada
5. Tamaño de muestra
6. Relación de instrumentos utilizados
7. Conclusiones y Recomendaciones
8. Copia del certificado de calibración de los instrumentos de monitoreo, de ser el caso

La incorporación de tecnologías propias de la Industria 4.0 en el sector minero ofrece oportunidades significativas para mejorar la seguridad y salud laboral. La automatización de procesos y el uso de sistemas ciberfísicos pueden reducir la exposición de los trabajadores a entornos peligrosos, disminuyendo la incidencia de accidentes y enfermedades relacionadas con agentes físicos. Sin embargo, también emergen nuevos desafíos, como la necesidad de gestionar riesgos psicosociales y ergonómicos asociados a la interacción con tecnologías avanzadas. Es esencial abordar estos aspectos para garantizar que la transformación digital en la minería contribuya positivamente al bienestar de los empleados.

Los dispositivos EYE BEACON y EYE SENSOR son herramientas inalámbricas diseñadas para entornos desafiantes como la minería, ofreciendo una señal operativa de 80 metros y emisión de datos cada 10 segundos. Integran sensores avanzados de temperatura, humedad, proximidad, acelerómetro y nivel

de batería, permitiendo el monitoreo en tiempo real de variables críticas. Su batería de 10 años asegura un funcionamiento continuo y de bajo mantenimiento, lo cual es fundamental en operaciones donde el acceso para reemplazos es limitado. Estas características los convierten en soluciones sostenibles y eficientes para la recopilación de datos en áreas remotas o de difícil acceso.

Tabla 21 *Sensor Beacon*



Nota. Enlace: <https://teltonika-gps.com/es/products/accessories/sensors-beacons>

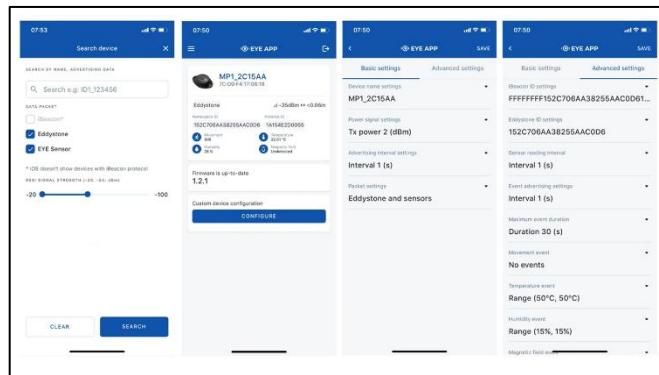
Tabla 22 *Características técnicas del sensor Beacon*

Nivel de Potencia de la Transmisión (por defecto)	Tiempo de Transmisión	EYE BEACON	EYE SENSOR
+2 dBm	1 segundo	2 años	1 año
+2 dBm	3 segundos	5 años	2,5 años
+2 dBm	10 segundos	10+ años	5 años

Nota. Datos desarrollados por el autor.

La imagen presenta la EYE APP, una aplicación diseñada para gestionar dispositivos con versatilidad y precisión, destacando características como configuración adaptable (simple y avanzada), notificaciones de actualización de firmware para mantener los dispositivos al día, filtros inteligentes que facilitan la búsqueda personalizada y el monitoreo de datos en tiempo real. Además, resalta su capacidad para filtrar dispositivos relevantes, con una interfaz intuitiva que permite buscar por nombre, MAC o datos publicitarios, y visualizar la intensidad de la señal. Estas funciones hacen de la EYE APP una herramienta eficiente para usuarios generales y profesionales en la gestión de redes de dispositivos, sensores o sistemas IoT.

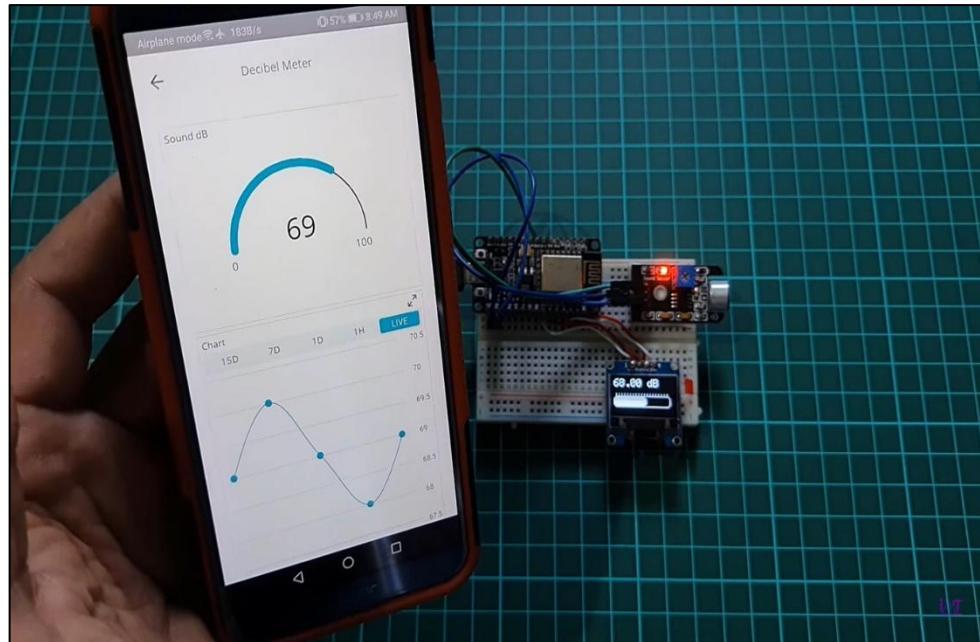
Figura 3 Software de monitoreo de datos en una App



Nota. Enlace: <https://teltonika-gps.com/es/products/accessories/sensors-beacons>

La imagen muestra un proyecto de IoT en el que se ha desarrollado un medidor de decibelios utilizando un microcontrolador ESP8266 y un sensor de sonido. El sistema incluye una pantalla OLED de 0.96 pulgadas para visualizar localmente la intensidad del ruido. El sensor de sonido detecta el ruido ambiental y convierte las señales en un voltaje analógico que es leído por el NodeMCU ESP8266. Posteriormente, el NodeMCU se conecta a una red WiFi y envía los datos a la plataforma Arduino IoT Cloud, lo que permite monitorizar los parámetros de ruido de manera remota desde cualquier parte del mundo. Este proyecto combina hardware accesible y conectividad IoT para crear una solución práctica y escalable en la medición y monitoreo de ruido.

Figura 4 Tecnología IoT de la medición de ruido



Nota. Enlace <https://www.youtube.com/watch?v=J2myz-OXjhM>

El Módulo KY-037 Sensor de Sonido es un dispositivo diseñado para detectar cualquier tipo de sonido en su entorno. Incorpora un trimpot que permite ajustar la sensibilidad del sensor, facilitando su adaptación a diferentes niveles de ruido. La información de salida que genera puede ser tanto analógica como digital, lo que lo hace versátil para diversas aplicaciones en proyectos electrónicos e IoT. Su diseño compacto y funcionalidad lo convierten en una herramienta ideal para proyectos que requieren la detección y monitoreo de sonido.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que la media de los niveles de exposición de los trabajadores a los agentes físicos ocupacionales es significativamente diferente al límite máximo permisible de 85 dB(A). Con un 95% de confianza, po que la exposición promedio se encuentra por debajo de los límites establecidos, sin embargo en algunos casos supera el valor de 85 dB revelando la necesidad de implementar medidas correctivas para proteger la salud de los trabajadores.

La implementación de tecnologías de la Industria 4.0, como sensores de sonido (e.g., KY-037), ha permitido automatizar sistemas de control ambiental y mejorar la seguridad en las operaciones mineras. Estas tecnologías han contribuido significativamente a la reducción de la exposición de los trabajadores a agentes físicos peligrosos, mejorando las condiciones laborales y disminuyendo el riesgo de enfermedades ocupacionales.

El análisis de correlaciones de Spearman revela relaciones positivas y significativas entre la percepción de la inversión en tecnologías de detección de ruido y la eficacia del uso de EPP. Estos hallazgos sugieren que la combinación de EPP con tecnologías avanzadas de monitoreo mejora la protección de los trabajadores frente a agentes físicos ocupacionales, destacando la importancia de integrar soluciones tecnológicas con medidas tradicionales de seguridad laboral.

RECOMENDACIONES

Establecer sistemas de medición en tiempo real para identificar áreas con niveles de ruido que superen los 85 dB(A), permitiendo la adopción inmediata de medidas correctivas.

Integrar sensores avanzados, como el KY-037, y sistemas de automatización para controlar y reducir la exposición a agentes físicos peligrosos, mejorando las condiciones laborales.

Ofrecer formación continua sobre la correcta utilización de equipos de protección personal y las nuevas tecnologías implementadas, asegurando su eficacia y aceptación por parte de los trabajadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBISAFE. (2024). *¿Qué es un programa de monitoreo ocupacional?* 2025. <https://monitoreo-ocupacional.pe/blog/que-es-un-programa-de-monitoreo-ocupacional/>
- Antamina. (2023). *Seguridad minera y salud.* <https://www.antamina.com/seguridad-minera-salud/>
- Arias, F. (2012). Fidias G. Arias, El Proyecto de Investigación, 5ta. Edición. *El Proyecto de Investigación Introducción a La Metodología Científica,* 81. https://www.academia.edu/9103795/Fidias_G_Arias_El_Proyecto_de_Investigaci%C3%B3n_5ta_Edici%C3%B3n
- BBVA. (2021). *Tipos de riesgos laborales: los seis grandes según la OIT.* <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/tipos-de-riesgos-laborales-los-6-grandes-segun-la-oit/>
- Calvo, P. (2022). Una ética de la investigación en el marco de las éticas aplicadas. *Veritas*, 52, 29–51. <https://doi.org/10.4067/S0718-92732022000200029>
- Cangahuala, J., & Salas. (2022). *Monitoreo ocupacional: Según la Ley 29783* 2025. <https://monitoreo-ocupacional.pe/blog/monitoreo-ocupacional-segun-la-ley-29783/>
- Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente. (2022). *Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable en América del Sur.*
- Diario Gestión. (2023, November 27). *OIT: 3 millones de trabajadores mueren al año por enfermedades o accidentes.* <https://gestion.pe/economia/management-empleo/oit-3-millones-de-trabajadores-mueren-al-ano-por-enfermedades-o-accidentes-mundo-management-empleo-accidentes-laborales-enfermedades-oit-noticia/>

- Dumont, D., Rafael, J., Mansilla, S., Lorelei, S., Martinez, S., Nanzy, R., Huaman, B., & Monica, E. (2020). *Accidentes laborales en el Perú: Análisis de la realidad a partir de datos estadísticos*. [https://www.redalyc.org/articulo.oa?](https://www.redalyc.org/articulo.oa?de)
- Espinoza-Pajuelo, L. A., & Ochoa-Pachas, J. M. (2020). El nivel de investigación relacional en las ciencias sociales. *ACTA JURÍDICA PERUANA*, 3(2), 93–111. <http://revistas.autonoma.edu.pe/index.php/AJP/article/view/257>
- Garavito, Y. (2022). Cultura organizacional y cultura de seguridad: una revisión de la literatura. *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, 12(2). <https://doi.org/10.18041/2322-634X/RCSO.2.2022.8622>
- García-Mogollón, A. M., & Malagón-Sáenz, E. (2021). Salud y seguridad en el trabajo en Latinoamérica: enfermedades y gasto público. *Revista ABRA*, 41(63), 55–76. <https://doi.org/10.15359/ABRA.41/63.3>
- Gundre, V. (2023). *Las innovaciones tecnológicas fomentan la seguridad laboral en la minería*. <https://tecnologiaminera.com/noticia/las-innovaciones-tecnologicas-fomentan-la-seguridad-laboral-en-la-mineria-1681999624>
- Hernández González, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002&lng=es&nrm=iso&tlang=es
- Hinostroza, K. (2025, June 30). *Automatización, digitalización: transformación minería moderna*. <https://www.rumbominero.com/revista/informes/automatizacion-digitalizacion-transformacion-mineria-moderna/>
- IISD. (2021). *Nueva tecnología, nuevo negocio: Opciones de políticas mineras frente a las nuevas tecnologías*.

- López-Regalado, O. (2025). Validez y confiabilidad de instrumentos de investigación en el aprendizaje: una revisión sistemática. *Revista Tribunal*, 5(10), 653–675. <https://doi.org/10.59659/REVISTATRIBUNAL.V5I10.133>
- Mamani-Poma, A. (2025). Estadística para la investigación científica: una alianza indispensable del siglo XXI. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 16(1), 1–2. <https://doi.org/10.36610/J.JSARS.2025.160100001>
- Ministerio de Energía y Minas. (2024). *Portada - Ministerio de Energía y Minas*. <https://mineria.minem.gob.pe/>
- Ministerio de Trabajo y Promoción de Empleo. (2022). *Plataforma Nacional de Datos Abiertos*. <https://datosabiertos.gob.pe/>
- Monje, C. (2012). *Licenciatura en Psicología TEMA 2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN*.
- MTPE. (2022). *Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo*. <https://www2.trabajo.gob.pe/servicios-en-linea-2-2/>
- Organización Internacional del Trabajo. (2023). *ILO Homepage / International Labour Organization*. <https://www.ilo.org/>
- Peirano, G., Ataucusi, Y., Stehli, H., Estrada, M., & Achahui, H. (n.d.). *INFORME DE ANÁLISIS PROSPECTIVO PERÚ: RETOS Y DESAFÍOS GLOBALES AL 2050 2* *Informe de análisis prospectivo Perú: Retos y desafíos globales al 2050*. www.ceplan.gob.pe
- PREVENCONTROL. (2024). *Seguridad Laboral - Definición, Tipos, Métodos y Estrategias*. <https://previcontrol.com/prevenblog/seguridad-laboral/>
- QuestionPro. (2021). *Métodos de investigación: Qué son y cómo elegirlos*. <https://www.questionpro.com/blog/es/metodos-de-investigacion/>

Ramos-Galarza, C. A. (2020). Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1–6.

<https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>

Revista Seguridad 360. (2024, December 31). *Innovaciones en Sistemas de Seguridad*

Industrial: Avances Tecnológicos que Transforman la Protección en el Entorno

Laboral. <https://revistaseguridad360.com/noticias/seguridad-industrial/innovaciones-en-sistemas-de-seguridad-industrial-avances-tecnologicos-que-transforman-la-proteccion-en-el-entorno-laboral/>

Reyes Chacón, D. A., Cadena López, A., Rivera González, G., Reyes Chacón, D. A.,

Cadena López, A., & Rivera González, G. (2022). El Sistema de Gestión de Calidad

y su relación con la innovación. *Inter Disciplina*, 10(26), 217–240.

<https://doi.org/10.22201/CEIICH.24485705E.2021.25.80975>

Ricardo. (2025, June 4). *Integración de la IA en el Internet de las cosas (IoT) /*

Estudyando. <https://estudyando.com/integracion-de-la-ia-en-el-internet-de-las-cosas-iot/>

Sampieri, R. (2006). Enfoque cualitativo y cuantitativo,. In *Metodología de la*

Investigación (4th ed., Vol. 4, pp. 3–26). McGraw-Hill.

https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrFFraEXLFIOQQRjC17egx.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzMEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1706151173/RO=10/RU=http

s%3a%2f%2fvirtual.cuautitlan.unam.mx%2frudics%2fwp-

content%2fuploads%2f2019%2f02%2fRUDICSV9n18p92_95.pdf/RK=2/RS=jN5

QJghlTxuABySKgv7LM_WCsTs-

SONDEL. (2024). *Medidas de Control de Riesgos Laborales.*

<https://www.sondelsa.com/blog/266-medidas-de-control-de-riesgos-laborales>

Tamayo, M. (2009, February). *El Proceso de La Investigación Científica*.

<https://es.scribd.com/doc/12235974/Tamayo-y-Tamayo-Mario-El-Proceso-de-la-Investigacion-Cientifica>

Toloza-Perez, Y. G., Mesa-Sierra, J., Malagón-Rojas, J., Niño-Barrero, Y. F., Toloza-

Perez, Y. G., Mesa-Sierra, J., Malagón-Rojas, J., & Niño-Barrero, Y. F. (2024).

Impacto de la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo sobre la mortalidad y años de vida potencialmente perdidos por accidentalidad laboral y ocupacional en Colombia, 2009-2021. *Revista Facultad*

Nacional de Salud Pública, 42. <https://doi.org/10.17533/UDEA.RFNSP.E352686>

Tomás, A. (2025, March 15). *Como automatizar tareas de mantenimiento con Inteligencia Artificial*. <https://www.fracttal.com/es/blog/automatizar-tareas-mantenimiento-con-ia>

T&S Ingeniería. (2023). *Avances en Seguridad Minera: El Rol de la Digitalización*.

<https://grupots.com/avances-en-seguridad-minera-el-rol-de-la-digitalizacion/>

Vásquez, A. (2013). *Seminario ARIAE Los Principios Jurídicos de la Regulación y el Papel de los Reguladores Contenido*.

Vea-Murguia, A. (2025, January 30). *Sistemas digitales inteligentes para mejorar la seguridad y salud en el trabajo: dispositivos ponibles para prevención de riesgos laborales*. <https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/586151-Sistemas-digitales-inteligentes-mejorar-seguridad-salud-trabajo-dispositivos-ponibles.html>

Ventura-Cruz, I., Pérez-Romero, M.-E., & Jiménez-Islas, D. (2024). *La Integración de la Inteligencia Artificial y la Mecatrónica en la Fabricación de Vehículos*. 8(9), 87.

Waisberg, V. (202 C.E., March 18). *Internet de las cosas en la industria 4.0: ¿Cómo se aplica?* <https://espacioerp.com/internet-cosas-industria-4-0/>

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de datos

Encuesta

Estimado(a) colaborador(a):

Me dirijo a usted con el propósito de conocer su percepción sobre el uso de equipos de protección personal (EPP) y su impacto en la reducción de la exposición a agentes físicos ocupacionales en la Empresa Comunal Ecoserm Rancas. Su valiosa colaboración es importante para el desarrollo de la tesis intitulada: “Impacto de los agentes físicos ocupacionales y la tecnología de la Industria 4.0 en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas, 2024”.

Instrucciones

-Los ítems o preguntas están diseñados con una escala de puntuación del 1 al 5, donde:

- 1: Totalmente en desacuerdo.

- 5: Totalmente de acuerdo.

- Le pedimos que responda de manera tranquila y honesta, ya que sus respuestas serán completamente anónimas.

- Le aseguramos que la información recabada no tendrá ninguna influencia administrativa o laboral en su desempeño, y será utilizada únicamente con fines académicos y de investigación.

Num	Items	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	No opino	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
		1	2	3	4	5
1	¿En qué medida considera que la Empresa debe invertir en tecnologías de detección de ruidos en tiempo real para mejorar la seguridad laboral?					
2	¿En qué medida está de acuerdo con que el uso de sensores en los EPP representa una limitante para desempeñar sus labores?					
3	¿En qué medida está de acuerdo con que la supervisión continua en su trabajo es necesaria para garantizar un entorno laboral seguro?					
4	¿En qué medida considera que las labores realizadas con el uso de tecnologías de supervisión y monitoreo son más eficientes?					

¡Gracias por su tiempo y colaboración!

Resultados de la encuesta

Número de Trabajadores	¿En qué medida considera que la Empresa debe invertir en tecnologías de detección de ruidos en tiempo real para mejorar la seguridad laboral?	¿En qué medida está de acuerdo con que el uso de sensores en los EPP representa una limitante para desempeñar sus labores?	¿En qué medida está de acuerdo con que la supervisión continua en su trabajo es necesaria para garantizar un entorno laboral seguro?	¿En qué medida considera que las labores realizadas con el uso de tecnologías de supervisión y monitoreo son más eficientes?
1	4	3	3	2
2	5	4	4	3
3	3	4	3	4
4	5	4	4	5
5	4	3	3	3
6	3	4	4	4
7	4	4	4	4
8	2	3	2	2
9	3	4	3	4
10	3	3	4	4
11	4	4	5	5
12	4	5	5	4
13	3	2	2	2
14	4	5	5	4
15	4	4	3	2
16	3	3	4	4
17	4	3	4	4
18	4	4	3	3
19	5	5	4	5
20	3	3	4	3
21	4	5	4	4
22	5	5	4	4
23	5	4	5	5
24	4	3	3	4
25	4	4	5	5
26	3	2	2	2
27	3	3	2	2
28	4	4	3	3
29	4	3	3	3
30	4	5	4	5
31	4	5	5	4
32	4	4	5	4
33	4	4	4	3
34	4	3	2	2
35	5	4	4	5
36	4	3	4	4

Procedimiento de Validación y Confiabilidad

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUECES

I. ASPECTOS INFORMATIVOS

- Apellidos y Nombres del experto: SALAS ORIHUELA TEOPANES
- Institución donde labora: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN - PASCO
- Grado Académico: MAGISTER

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Título de la tesis: "IMPACTO DE LOS AGENTES FÍSICOS OCUPACIONALES Y LA TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA SEGURIDAD MINERA Y LA SALUD LABORAL DE LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA ECOSERM RANCAS, 2024"

Indicadores	Criterios	Bajo (0.5)	Regular (0.8)	Buena (1.3)	Muy buena (2)
Claridad	Tiene un lenguaje claro y que es entendible				<u>2</u>
Objetividad	Las conductas se observan				<u>2</u>
Actualidad	Actualizado acorde con el desarrollo científico				<u>2</u>
Organización	Tiene una organización sistemática				<u>2</u>
Suficiencia	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				<u>2</u>
Intencionalidad	Valora los aspectos de estudio				<u>2</u>
Consistencia	Basado en aspectos teórico-científico				<u>2</u>
Coherencia	Entre los índices y las dimensiones				<u>2</u>
Metodología	Cumple con lo exigido				<u>2</u>
Conveniencia	Genera nuevos aspectos en la teoría				<u>2</u>
Total					<u>20</u>

Decisión del experto: APLICA

Cerro de Pasco, 04 de AGOSTO del 2025

As. Pao

Firma del experto
DNI: 19925855
Celular: 959852220

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUECES

I. ASPECTOS INFORMATIVOS

- Apellidos y Nombres del experto: LA MADRID VIVAR PABLO
- Institución donde labora: UNDAC
- Grado Académico: DOCTOR. EN EDUCACIÓN.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Titulo de la tesis: "IMPACTO DE LOS AGENTES FÍSICOS OCUPACIONALES Y LA TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA SEGURIDAD MINERA Y LA SALUD LABORAL DE LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA ECOSERM RANCAS, 2024¹⁷

Indicadores	Criterios	Basico (0.5)	Regular (0.8)	Buena (1.3)	Muy buena (2)
Claridad	Tiene un lenguaje claro y que es entendible				<u>2</u>
Objetividad	Las conductas se observan				<u>2</u>
Actualidad	Actualizado acorde con el desarrollo científico				<u>2</u>
Organización	Tiene una organización sistemática				<u>2</u>
Suficiencia	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				<u>2</u>
Intencionalidad	Valora los aspectos de estudio				<u>2</u>
Consistencia	Basado en aspectos teórico-científico				<u>2</u>
Coherencia	Entre los índices y las dimensiones				<u>2</u>
Metodología	Cumple con lo exigido				<u>2</u>
Conveniencia	Genera nuevos aspectos en la teoría				<u>2</u>
Total					<u>20</u>

Decisión del experto: APLICA

Cerro de Pasco, 04 de AGOSTO del 2025


Firma del experto
DNI: 04068065
Celular: 963912275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUECES

I. ASPECTOS INFORMATIVOS

- Apellidos y Nombres del experto: ZEVALLOS MEDRANO, Carlos
- Institución donde labora: UNDAC
- Grado Académico: Magíster en Seguridad y Salud Ocupacional Minera

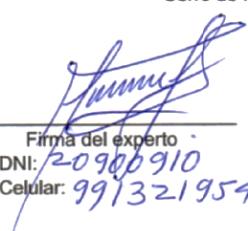
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Título de la tesis: "IMPACTO DE LOS AGENTES FÍSICOS OCUPACIONALES Y LA TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA SEGURIDAD MINERA Y LA SALUD LABORAL DE LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA ECOSERM RANCAS, 2024"⁷⁷

Indicadores	Criterios	Bajo (0.5)	Regular (0.8)	Buena (1.3)	Muy buena (2)
Claridad	Tiene un lenguaje claro y que es entendible				2
Objetividad	Las conductas se observan				2
Actualidad	Actualizado acorde con el desarrollo científico				2
Organización	Tiene una organización sistemática				2
Suficiencia	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				2
Intencionalidad	Valoría los aspectos de estudio				2
Consistencia	Basado en aspectos teórico-científico				2
Coherencia	Entre los índices y las dimensiones				2
Metodología	Cumple con lo exigido				2
Conveniencia	Genera nuevos aspectos en la teoría				2
Total					20.

Decisión del experto: APLICA

Cerro de Pasco, 05 de Agosto del 2025


Firma del experto
DNI: 20900910
Celular: 991321954

Matriz de consistencia

Título: Impacto de los agentes físicos ocupacionales y la tecnología de la Industria 4.0 en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas, 2024.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	ESTADÍSTICA
Problema General ¿Cuáles son los efectos de los agentes físicos ocupacionales y la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas en el año 2024?	Objetivo General Analizar los agentes físicos ocupacionales y la tecnología de la Industria 4.0 en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas, 2024.	Hipótesis General Los agentes físicos ocupacionales y la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 tienen efectos significativos en la seguridad minera y la salud laboral de los trabajadores de la Empresa Ecoserm Rancas en el año 2024.	V.I Agentes Físicos Ocupacionales	Población Agentes ocupacionales en la industria minera	Método Hipotético deductivo	- Estadística Inferencial
Problemas Específicos ¿En qué medida los niveles de exposición de los trabajadores a los agentes físicos ocupacionales en la Empresa Ecoserm Rancas cumplen con los límites máximos permisibles establecidos?	Objetivos Específicos Evaluar los niveles de exposición de los trabajadores a los agentes físicos ocupacionales en la Empresa Ecoserm Rancas y su cumplimiento con los límites máximos permisibles establecidos.	Hipótesis Específicas Los niveles de exposición de los trabajadores a los agentes físicos ocupacionales en la Empresa Ecoserm Rancas no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos.	V.D Tecnología de la Industria 4.0	Muestra Muestreo intencionado no probabilístico	Nivel de investigación Causal	de Validación de hipótesis Pruebas no paramétricas
¿Qué tipos de tecnología de la Industria 4.0 se aplican en las operaciones mineras de Ecoserm Rancas y cuál es su rol en la mitigación de riesgos laborales asociados a los agentes físicos?	Identificar los tipos de tecnología de la Industria 4.0 aplicados en las operaciones mineras de Ecoserm Rancas y analizar su rol en la mitigación de riesgos laborales asociados a los agentes físicos.	La tecnología de la Industria 4.0 aplicada en las operaciones mineras de Ecoserm Rancas tiene un rol significativo en la mitigación de riesgos laborales asociados a los agentes físicos.			T Student Diseño No Experimental	
¿Cuál es el impacto del uso de equipos de protección personal (EPP) en la reducción de la exposición a agentes físicos ocupacionales, considerando las recomendaciones y el monitoreo de ruido en las instalaciones de Ecoserm Rancas?	Analizar el impacto del uso de equipos de protección personal (EPP) en la reducción de la exposición a agentes físicos ocupacionales, considerando las recomendaciones y el monitoreo de ruido en las instalaciones de Ecoserm Rancas.	El uso de equipos de protección personal (EPP) tiene un impacto significativo en la reducción de la exposición a agentes físicos ocupacionales en Ecoserm Rancas.			Rho de Spearman	

Certificado de calibración de los dosímetros

Certificado de calibración



Acreditación: DEN-13

Número de Certificado: 2024-EC-001

1. Información del Laboratorio de Calibración:

- **Nombre:** Laboratorio de Metrología Acústica S.A.C.
- **Dirección:** Av. Tecnológica 1234, Lima, Perú
- **Teléfono:** +51 1 234 5678
- **Correo Electrónico:** contacto@metrologiaacustica.pe
- **Acreditación:** Laboratorio acreditado por INACAL bajo la norma ISO/IEC 17025:2017

2. Información del Cliente:

- **Nombre:** Empresa Minera Ecosem Rancas
- **Dirección:** Carretera Central Km 45, Cerro de Pasco, Perú
- **Contacto:** Ing. Juan Pérez
- **Teléfono:** +51 64 567 890
- **Correo Electrónico:** jperez@ecosemrancas.pe

3. Detalles del Instrumento Calibrado:

- **Descripción:** Dosímetro de ruido personal
- **Marca:** SVANTEK, SoundTech
- **Modelo:** SV-104
- **Número de Serie:** 86723-DNR-2024-5678
- **Rango de Medición:** 70 dB(A) a 140 dB(A)
- **Resolución:** 0.1 dB

4. Condiciones Ambientales Durante la Calibración:

- **Temperatura:** $22.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- **Humedad Relativa:** $45\% \pm 5\% \text{ HR}$

5. Procedimiento de Calibración:

- **Método Utilizado:** Calibración realizada según la norma IEC 61252:2002 para dosímetros de ruido.
- **Patrones de Referencia:**
- **Calibrador Acústico:** Modelo CA-150, Serie CA150-7890, certificado de calibración N° 2024-CA-015.
- **Micrófono de Referencia:** Modelo MR-25, Serie MR25-4567, certificado de calibración N° 2024-MR-010.

6. Resultados de la Calibración:

- **Puntos de Medición:**

Nivel de Referencia [dB(A)]	Lectura del Dosímetro [dB(A)]	Error [dB]	Incertidumbre Expandida (k=2) [dB]
80	80.2	+0.2	±0.3
90	90.1	+0.1	±0.3
100	99.8	-0.2	±0.3
110	110.3	+0.3	±0.3

7. Declaración de Conformidad: El dosímetro calibrado cumple con las especificaciones técnicas establecidas para su clase de precisión, según la norma IEC 61252:2002.

8. Fecha y Validez:

- **Fecha de Calibración:** 15 de diciembre de 2023
- **Próxima Calibración Recomendada:** 15 de diciembre de 2024

9. Observaciones: Se recomienda verificar el estado del dosímetro periódicamente y realizar calibraciones anuales para asegurar su precisión en las mediciones.

10. Firma y Aprobación:

Realizado por:

Firma del Técnico

Técnico de Calibración

Laboratorio de Metrología Acústica S.A.C.

Revisado y Aprobado por:

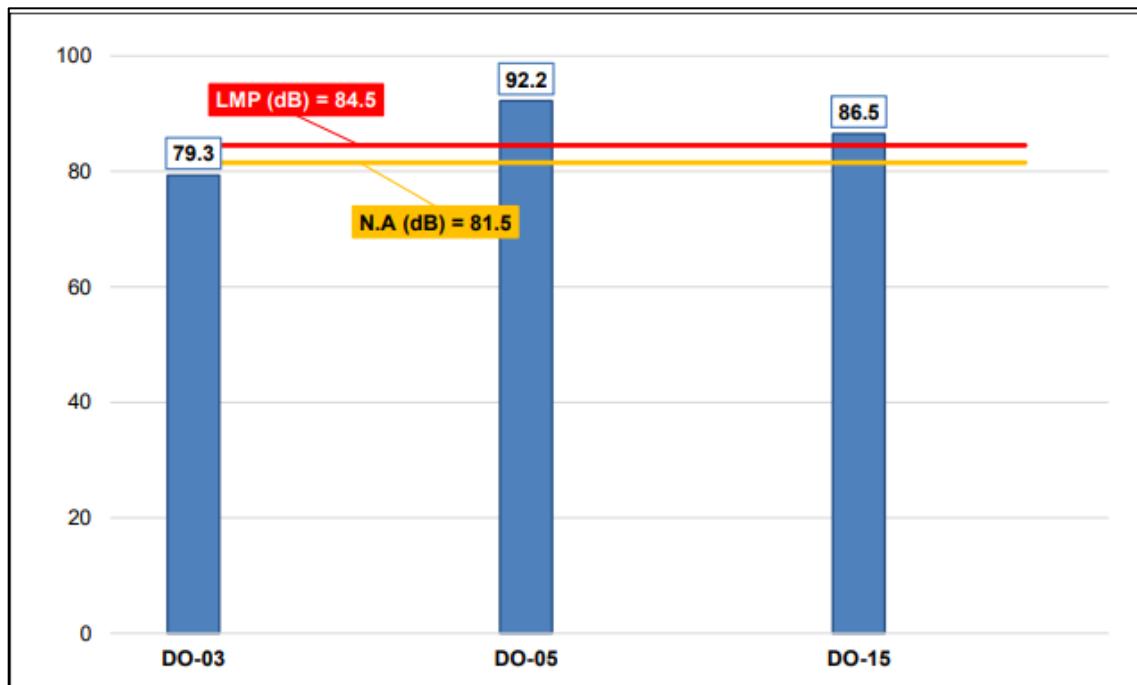
Ing. Edwin Paucar Palomino

Supervisor de Metrología

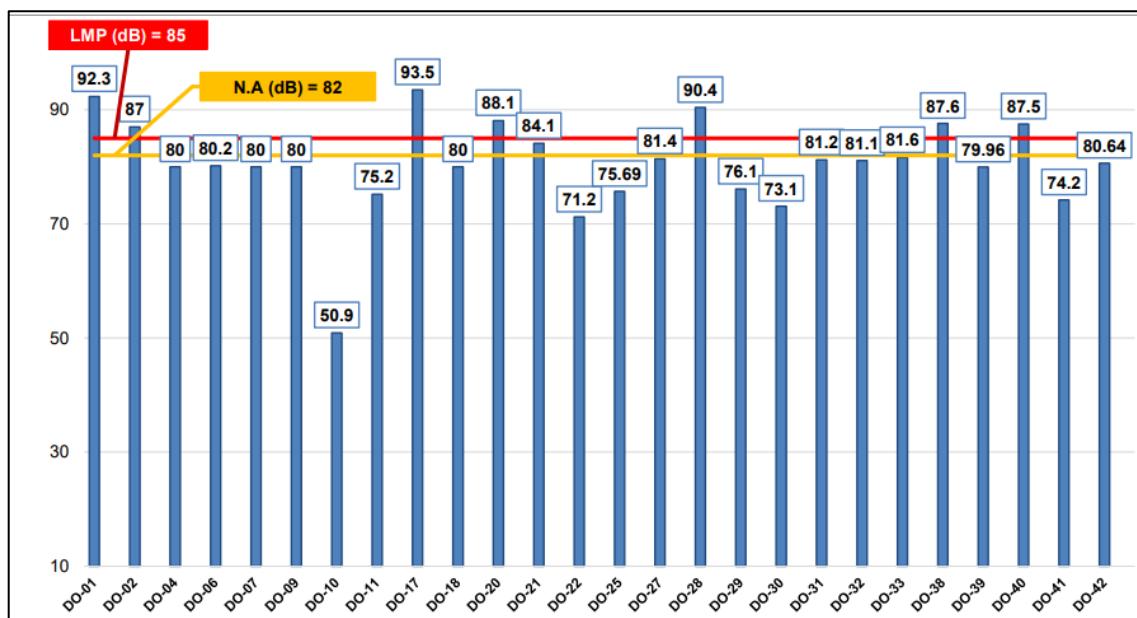
Laboratorio de Metrología Acústica S.A.C.

Nota: Este certificado es válido únicamente para el instrumento identificado y bajo las condiciones especificadas. No debe reproducirse parcialmente sin la autorización por escrito del Laboratorio de Metrología Acústica S.A.C.

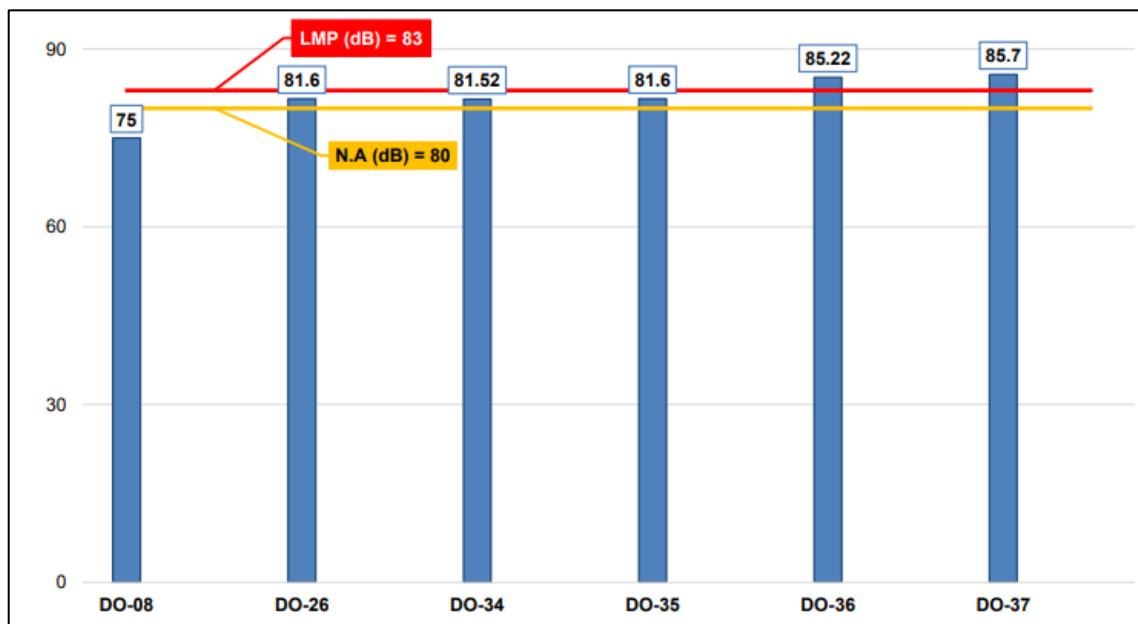
Resultados de monitoreo de niveles de ruido por dosimetría para una exposición de 9 horas



Resultados de monitoreo de niveles de ruido por dosimetría para una exposición de 8 horas



**Resultados de monitoreo de niveles de ruido por dosimetría para una exposición de
12 horas**



Muestra

RUIDO POR DOSÍMETRIA		
		
DO-01	DO-02	DO-03
		
DO-04	DO-05	DO-06
		
DO-07	DO-08	DO-09