



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Determinación de los niveles de presión sonora a la cual se
encuentran expuestos los trabajadores del área operativa de
maquinaria pesada de la mina artesanal a cielo abierto
Pincopaz S.A”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Presentado por:

José Horacio Bravo Mendoza

Raisa Azucena Vásquez Rodríguez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2025

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, cuyo apoyo incondicional y motivación han sido fundamentales en el desarrollo de esta tesis. A mis padres, por su confianza y enseñanzas, y a mis hermanos, por su apoyo emocional en los momentos más difíciles. A mis amigas Raisa Vásquez y a Jessica García, por su valiosa colaboración, ideas y amistad durante el proceso de investigación. A mi tutora, Eunice Mueckay, por su orientación, paciencia y compromiso, que me guiaron en cada etapa del proyecto. A todos los que de alguna manera contribuyeron a este logro, mi agradecimiento sincero. Este trabajo es el resultado del apoyo de todos ustedes.

En primer lugar, agradezco a Dios, cuya guía y bendición han sido mi sostén a lo largo de esta travesía académica. Cada momento de aprendizaje y desafío ha sido un testimonio de su fidelidad y amor infinito.

A mis padres, Ruperto Vásquez y Azucena Rodríguez les debo todo lo que soy y todo lo que he logrado. Gracias por ser mi refugio en los momentos difíciles y mi mayor aliento para seguir adelante, me han motivado a dar lo mejor de mí cada día.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, quienes, con su apoyo incondicional, valores y enseñanzas me han guiado en cada paso de mi vida. A ellos les agradezco por haberme brindado siempre las herramientas necesarias para seguir adelante, sin importar los desafíos.

A mí mismo, por el esfuerzo, dedicación y perseverancia invertidos en este proceso. Este logro es el reflejo de la constancia y el compromiso con mis metas.

Y finalmente, a todas las personas que han confiado en mí a lo largo de este camino. Su confianza y aliento han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

A mis padres Ruperto
Vásquez y Azucena
Rodríguez, ejemplo de amor,
esfuerzo y perseverancia,
quienes han sido mi mayor
inspiración. Gracias por sus
sacrificios, su confianza y el
apoyo incondicional que me
han brindado en todo
momento. Este triunfo es de
ellos.

EVALUADORES

Kleber Barcia Villacreses, Ph.D.
Profesor de Materia

**Eunice Mueckay Villacis,
MSc.**
Tutor de proyecto

DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros, José Bravo Mendoza y Raisa Vásquez Rodríguez, acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor de los autores. Los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 24 de febrero del 2025.

José Horacio Bravo
Mendoza

Raisa Azucena Vásquez
Rodríguez

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo determinar los niveles de presión sonora a los que están expuestos los trabajadores del área operativa de maquinaria pesada en la mina artesanal a cielo abierto Pincopaz S.A. Para ello, se realizaron mediciones con un dosímetro durante toda la jornada laboral y se compararon los valores obtenidos con los límites establecidos en el Decreto Ejecutivo 255, Anexo 3, sobre seguridad y salud en el trabajo. La hipótesis central plantea que los niveles de ruido en la mina superan los límites permisibles, generando un riesgo para la salud auditiva de los trabajadores. Mediante el método de bandas de octava, se evaluó la atenuación necesaria en los protectores auditivos para reducir la exposición a niveles seguros. Los resultados revelaron que los operadores de maquinaria pesada enfrentan niveles de ruido promedio que oscilan entre 85.6 dB y 88.9 dB, con picos de hasta 141.6 dB, lo que representa un riesgo de daño auditivo inmediato. Debido a que la empresa no provee equipos de protección auditiva, se identificaron las orejeras Honeywell Howard Leight VS120 como la mejor opción para mitigar la exposición. Además, se propone la implementación de medidas de control, como el mantenimiento preventivo de maquinaria, la reestructuración de turnos y la capacitación de los trabajadores en la importancia del uso de protección auditiva. Finalmente, se recomienda monitorear periódicamente los niveles de ruido y evaluar la efectividad de las estrategias implementadas para garantizar un entorno laboral seguro.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	IV
EVALUADORES.....	VI
DECLARACIÓN EXPRESA	VII
RESUMEN	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ABREVIATURAS	XI
SIMBOLOGÍA.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
CAPÍTULO 1	1
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.4. Objetivos de investigación	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Justificación	3
CAPÍTULO 2	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Marco conceptual	5
2.2. Estado del arte.....	9
2.3. Marco legal	10
CAPÍTULO 3	13
3. MARCO METODOLÓGICO	13
3.1. Diseño de la investigación	13
3.2. Variables.....	13
3.3. Métodos y técnicas	14
3.3.1. Análisis de la actividad.....	14
3.3.1.1. Ubicación de puntos de medición	14
3.3.1.2. Selección de la estrategia de medición	14
3.3.1.3. Identificación de las fuentes generadoras de ruido	14
3.3.1.4. Tiempo de medición.....	14

3.3.2. Medición de los niveles de presión sonora mediante dosimetría.....	14
3.3.2.1. Ubicación del dosímetro.....	16
3.3.3. Evaluación de los resultados obtenidos de las mediciones	16
3.3.4. Identificación del equipo de protección auditiva	17
3.3.5. Propuesta de medidas correctivas	19
CAPÍTULO 4	20
4. RESULTADOS	20
4.1. Presentación de resultados.....	20
4.1.1. Realizar mediciones de nivel de presión sonora durante la jornada completa mediante el uso de un dosímetro en la mina artesanal Pincopaz S.A.	20
4.1.2. Evaluar los resultados de los niveles de presión sonora obtenidos en el monitoreo con el dosímetro comparando con los valores establecidos en el reglamento de seguridad y salud en el trabajo, Decreto Ejecutivo 255 Anexo 3. .	23
4.1.3. Determinar el equipo de protección auditiva adecuado mediante mediciones con un sonómetro aplicando el método de bandas de octava.....	24
4.1.4. Proponer medidas correctivas de acuerdo con la jerarquía de controles de seguridad laboral para la mitigación de la exposición a ruido laboral.	26
CAPÍTULO 5	28
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
5.1. Conclusiones	28
5.2. Recomendaciones	29
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ABREVIATURAS

EPP	Equipo de Protección Personal
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PAIR	Pérdida Auditiva Inducida por Ruido
PIB	Producto Interno Bruto
SACS	Sociedad por Acciones Cerradas Simplificadas

SIMBOLOGÍA

dB	Decibelios
Hz	Hertz
Lp	Equivale al nivel de presión acústica en decibeles.
Pa	Pascal
P	Representa el valor eficaz de la presión acústica en Pa.
P_0	Equivale a la presión acústica de referencia

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Sonómetro. Instrumentos para análisis de ruido laboral.....	8
Figura 2.2 Dosímetro. Instrumento de medición de dosis absorbida.....	9
Figura 4.1 Diagrama de flujo para la formulación de una propuesta de mitigación de ruido.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1	Maquinaria pesada del área operativa de la mina artesanal a cielo abierto "Pincopaz S.A".....	14
Tabla 2	Fuentes generadoras de ruido en la mina artesanal "Pincopaz S.A"	14
Tabla 3	Características de los equipos dosimétricos empleados en las mediciones de ruido laboral	17
Tabla 4	Valores límite de exposición a ruido ocupacional	17
Tabla 5	Características del equipo de sonometría empleado en las mediciones de ruido laboral.....	17
Tabla 6	Ejemplo de información numérica entregada, del protector auditivo.....	19
Tabla 7	Valores de las ponderaciones de frecuencia en bandas de octava de la curva A	19
Tabla 8	Aplicación de la jerarquía de controles de acuerdo con el Anexo 3 del Decreto Ejecutivo 255.....	19
Tabla 9	Panel de información del cargo Operador de retroexcavadora #1	20
Tabla 10	Datos resumen de medición dosimétrica para Operador de retroexcavadora #1.....	20
Tabla 11	Panel de información del cargo Operador de trituradora	21
Tabla 12	Datos resumen de medición dosimétrica para Operador de trituradora...	21
Tabla 13	Panel de información del cargo Operador de volqueta	21
Tabla 14	Datos resumen de medición dosimétrica para Operador de volqueta.....	22
Tabla 15	Panel de información del cargo Operador de retroexcavadora #2.....	22
Tabla 16	Datos resumen de medición dosimétrica para Operador de retroexcavadora #2.....	22
Tabla 17	Comparación y evaluación de resultados	23
Tabla 18	Mediciones puntuales de dosimetría de ruido	23
Tabla 19	Cumplimiento legal con respecto a las mediciones de dosimetría por puesto de trabajo	23
Tabla 20	Mediciones puntuales de ruido laboral	24
Tabla 21	Registro de las intensidades acústicas en sus diferentes frecuencias (Hz) por puesto de trabajo	24
Tabla 22	Niveles de eficiencia de las orejeras 3MTM PELTORTM OptimeTM I H510A	25
Tabla 23	Niveles de eficiencia de las orejeras Honeywell Howard Leight VS120...	25
Tabla 24	Capacidad de reducción de los equipos de protección auditiva.....	25
Tabla 25	Propuesta de medidas correctivas para la mitigación del ruido laboral de acuerdo con la jerarquía de control de seguridad laboral.....	27

CAPÍTULO 1

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

El ruido generado por la ejecución de trabajos mineros es un problema de salud ocupacional que genera preocupación, dado que la exposición constante y prolongada puede ocasionar diversas afecciones, tanto físicas como mentales Casal et al. (2022).

Dada la importancia del sector de la minería en la economía mundial, se establece desde la OIT el Convenio 176 sobre seguridad y salud en las minas de 1995, que especifica las medidas preventivas a adoptar por el empleador para asegurarse de evaluar y tratar los riesgos del trabajo, así como de llevar a cabo de manera sistemática la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a los riesgos propios de las actividades mineras (Convenio 176 sobre Seguridad y Salud en las minas, 1995). El ruido ocupacional sigue siendo un tema de actualidad. De tal manera que se ha desarrollado una amplia normativa para la protección de los trabajadores ante este riesgo de exposición como lo menciona, la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo que determina las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido), así como protección auditiva para los trabajadores expuestos y su formación, disminuyendo cualquier riesgo para el oído (Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 2003).

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), aproximadamente el 22% de la población en la región de las Américas presenta alteraciones auditivas de grado leve, lo que representa un gasto en la salud de alrededor de 250 millones de dólares (OPS, 2021). Es comprensible que la población este expuesta constantemente a diversos tipos de ruido que afectan la audición a lo largo del tiempo, desde la música hasta los ruidos generados por vehículos, electrodomésticos, etc. (Organización Panamericana de la Salud, 2021).

En la industria minera, es evidente que se generen niveles de ruido significativos. Las labores de perforación, voladura, manejo de maquinaria pesada, trituración y molienda son las que más ruido generan en dicho sector. En un estudio se demostró que el ruido generado por actividades mineras puede tener efectos adversos tanto en el entorno como en las personas, incluyendo la alteración de la flora y fauna local, falta de sueño en los trabajadores, hipoacusia, ansiedad y migraña, entre otros. Por lo tanto, es imprescindible contar con un registro, medición y control exhaustivo de todas las actividades que generen altos niveles de ruido en la minería, tanto en entornos subterráneos como a cielo abierto. En Ecuador, la mayoría de las actividades mineras son realizadas por operarios que trabajan jornadas de 8 horas diarias o más, utilizando maquinaria de control manual, como martillos neumáticos, retroexcavadoras, volquetas y guinches. Por tanto, es importante estudiar el impacto del ruido generado por cada actividad en la etapa minera, dado que la minería es una de las actividades que más enfermedades ocupacionales genera, ya sea debido al ruido, la inhalación de gases tóxicos o partículas en suspensión, entre otros factores. Sin embargo, existen pocas investigaciones en el país sobre el impacto del ruido en la minería a cielo abierto, siendo la mayoría de los estudios realizados en minería subterránea y muy pocos en minería a tajo abierto. Esta área de producción se está convirtiendo gradualmente en una de las más importantes en Ecuador, habiendo contribuido con un 4% del PIB hasta el 2021,

según un informe del Ministerio de Economía y Finanzas, es fundamental recopilar información de estudios a nivel nacional e internacional que sirva como marco de referencia para futuras investigaciones en explotaciones mineras a cielo abierto. En el desarrollo de este trabajo, se abordarán temas relevantes y se analizarán los aportes de cada artículo recopilado a la investigación, así como los datos que correlacionan la afectación del ruido en los trabajadores de minas a cielo abierto Ordóñez et al. (2023).

1.2. Planteamiento del problema

La mina artesanal a cielo abierto “Pincopaz S.A”, se encuentra operativa durante un aproximado de 1 año 5 meses; desde sus inicios hasta la actualidad, se ha observado una falta de provisión de equipos de protección personal (EPP) para los trabajadores, especialmente en lo referente a la protección auditiva. A lo largo de este periodo, los trabajadores han estado expuestos a niveles significativos de presión sonora durante más de 8 horas al día, sin contar con las medidas adecuadas para mitigar los efectos adversos del ruido en su salud auditiva.

Esta situación plantea un riesgo grave para la salud y seguridad de los trabajadores de la mina. La exposición prolongada a niveles elevados de ruido puede provocar una serie de problemas auditivos, como la pérdida auditiva permanente o temporal, así como otros efectos adversos para la salud física y mental de los trabajadores.

Aunque hasta el momento no se han registrado incidentes o lesiones directamente atribuibles a la exposición al ruido, es fundamental reconocer la importancia de implementar medidas preventivas antes de que se materialicen problemas graves. La falta de acción en la provisión de EPP, en particular de protección auditiva, indica una falta de conciencia sobre los riesgos ocupacionales y la responsabilidad de garantizar un entorno laboral seguro y saludable para los trabajadores. De acuerdo con el Decreto ejecutivo 255 anexo 3 del reglamento de seguridad y salud en el trabajo en el Art. 11, los empleadores tendrán que cumplir obligaciones como: adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad; mantener en buen estado de servicio las instalaciones, máquinas, herramientas y materiales para un trabajo seguro; entregar gratuitamente a sus trabajadores vestido adecuado para el trabajo y los medios de protección personal y colectiva necesarios, entre otros. Asimismo, en el capítulo V medio ambiente y riesgos laborales por factores físicos, químicos y biológicos, establece en el art. 55 sobre ruido y vibraciones como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso continuo de 8 horas de trabajo; también se especifica el tiempo de exposición de nivel sonoro por jornada/hora. En este artículo resalta que los trabajadores sometidos a condiciones de ruido deben ser anualmente objeto de estudio y control audiométrico.

Por lo tanto, es crucial abordar este problema mediante la implementación de controles efectivos de prevención de riesgos laborales, que incluyan la provisión adecuada de equipos de protección personal, capacitación sobre el uso correcto de los mismos, así como la evaluación y monitorización regular de los niveles de ruido para asegurar el cumplimiento de los estándares de seguridad y salud ocupacional. Además, se debe fomentar una cultura de seguridad en la que tanto empleadores como trabajadores comprendan y prioricen la importancia de la protección auditiva y otras medidas preventivas para preservar la salud y bienestar de todos los involucrados en la actividad minera.

1.3. Formulación del problema

¿Los niveles de presión sonora a los que están expuestos los trabajadores del área operativa de maquinaria pesada en la mina artesanal a cielo abierto Pincopaz S.A representan un riesgo auditivo significativo en comparación con los límites máximos permitidos establecidos en el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores, Decreto ejecutivo 255?

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar los niveles de presión sonora a la cual se encuentran expuestos el personal operativo de maquinaria pesada en la mina artesanal a cielo abierto “Pincopaz S.A”

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar mediciones de nivel de presión sonora durante la jornada completa mediante el uso de un dosímetro en la mina artesanal Pincopaz S.A.
- Evaluar los resultados de los niveles de presión sonora obtenidos en el monitoreo con el dosímetro comparando con los valores establecidos en el reglamento de seguridad y salud en el trabajo, Decreto Ejecutivo 255 Anexo 3.
- Determinar el equipo de protección auditiva adecuado mediante mediciones con un sonómetro aplicando el método de bandas de octava.
- Proponer medidas correctivas de acuerdo con la jerarquía de controles de seguridad laboral para la mitigación de la exposición a ruido laboral.

1.5. Justificación

La exposición prolongada a niveles elevados de presión sonora en el entorno laboral es uno de los principales factores de riesgo para la salud de los trabajadores, especialmente en sectores donde el uso de maquinaria pesada es constante. En el caso de la mina artesanal a cielo abierto Pincopaz S.A, la falta de estudios sistemáticos sobre los niveles de ruido al que están expuestos los operarios de maquinaria pesada representa un vacío crítico de información que podría estar afectando la seguridad y la salud ocupacional de estos trabajadores.

El presente estudio tiene como objetivo identificar y cuantificar los niveles de presión sonora en el área operativa de maquinaria pesada, con la intención de establecer si estos exceden los límites permitidos por las normativas nacionales como las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las regulaciones locales. Este análisis es fundamental para prevenir trastornos auditivos, como la pérdida auditiva inducida por ruido (PAIR), así como problemas de salud general, incluyendo estrés, fatiga, e incluso enfermedades cardiovasculares.

Además, el proyecto contribuye al cumplimiento de las disposiciones legales en materia de seguridad y salud ocupacional, promoviendo un entorno laboral más seguro y sostenible. Los resultados permitirán a los responsables de la mina implementar medidas correctivas y preventivas, tales como la adquisición de equipos menos ruidosos, el diseño de estrategias de aislamiento acústico, o el fortalecimiento de programas de uso de protección auditiva.

Desde una perspectiva social y económica, la investigación también busca minimizar los costos asociados a enfermedades ocupacionales, reducir el ausentismo laboral, y mejorar la calidad de vida de los trabajadores. Por lo tanto, este estudio no solo tiene relevancia académica, sino que también genera un impacto positivo en la gestión de

riesgos laborales y en el bienestar de una población vulnerable dentro del sector minero artesanal.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1 Seguridad y salud ocupacional

La Organización Mundial de la Salud define a la seguridad y salud ocupacional como el conjunto de actividades que buscan promover la protección de los trabajadores con el fin de evitar accidentes y enfermedades derivadas de las condiciones de trabajo. Su principal objetivo es identificar los peligros, evaluar y valorar los riesgos, además de establecer los controles necesarios para preservar las condiciones físicas y psicológicas de los trabajadores (Nogales, 2022).

De acuerdo con Sánchez et al. (2022) se conoce que la seguridad y salud ocupacional es un campo multidisciplinar que abarca en primera instancia el reconocimiento para luego prevenir y controlar los riesgos y peligros en el lugar de trabajo, siendo esta disciplina el resultado de años de investigación y perfeccionamiento de cuatro impulsores: mejores prácticas laborales; certificaciones y estándares de educación; leyes, políticas y accidentes y por último avances tecnológicos.

2.1.2. Higiene industrial

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) define a la higiene industrial como la ciencia de la anticipación, la identificación y el control de los riesgos que se originan en el lugar de trabajo o relacionados al mismo y que ponen en peligro la salud y el bienestar de los trabajadores. Por lo tanto, el objetivo de la higiene industrial es la prevención de enfermedades profesionales causadas por los factores químicos, físicos o biológicos con los que interactúa el trabajador Baraza et al. (2015).

2.1.3. Factores de riesgo

Se denomina factor de riesgo al conjunto de elementos que se encuentran presentes en las condiciones de trabajo y que desencadenan en una disminución de la salud de los trabajadores. Los factores de riesgos que se pueden derivar de las condiciones de seguridad son los siguientes:

- Factores derivados de las condiciones del lugar de trabajo, los cuales se relacionan con las condiciones ambientales.
- Factores derivados de la carga de trabajo, en los cuales el trabajador es sometido a requerimientos físicos y mentales a lo largo de su jornada laboral.
- Factores derivados de las condiciones del ambiente de trabajo, en este factor se considera el ruido, iluminación, temperatura, radiaciones (ionizantes y no ionizantes), vibraciones.
- Factores de riesgos provocados por agentes químicos, se caracteriza por la exposición del trabajador a un agente químico sea por vía respiratoria, cutánea o digestiva.
- Factores de riesgo provocados por agentes biológicos, se caracteriza por la exposición del trabajador con contaminantes biológicos que ocasionan enfermedades de tipo infeccioso o parasitario.
- Factores derivados de la organización del trabajo, estos se producen por la organización del trabajo, la estructura y la cultura empresarial, de las cuales se

tienen consecuencias en la salud de los trabajadores a nivel físico, mental y social (MH Education, 2010).

2.1.4. Identificación de riesgos

De acuerdo con Quijano (2013) la identificación de riesgos está consolidada como una de las etapas más importantes del proceso de gestión integral de riesgos, es decir, luego que se establece el contexto de la organización, la identificación de riesgos nos permite distinguir riesgos de diversa índole que impactan de manera negativa a las empresas. Cuando no se identifica un riesgo específico, difícilmente se podrá evaluarlo y gestionarlo de manera adecuada en el desarrollo del proceso de gestión de riesgos.

Es importante mencionar que la identificación de riesgos no se reduce a solo asignar un nombre al riesgo, sino que trata de incluir todos los datos relacionados con el mismo, con el fin de estudiarlos minuciosamente y aportar con elementos a las diferentes etapas de su gestión (Quijano, 2013).

2.1.5. Riesgos laborales

De acuerdo con Pantoja et al. (2017) los riesgos laborales se presentan como los peligros existentes ya sea en nuestro entorno o lugar de trabajo o en nuestras actividades diarias, que pueden provocar cualquier tipo de siniestros o accidentes que derivan en daños físicos o psicológicos en el trabajador.

2.1.6. Riesgos físicos

Involucra a aquellos factores ambientales que dependen de las propiedades físicas de los cuerpos tales como ruido, iluminación, vibraciones, radiaciones, temperatura y que actúan de manera tal que producen efectos nocivos en la salud del trabajador de acuerdo con la intensidad y tiempo de exposición (Dirección de Seguridad Laboral, 2020). Por lo general, los agentes físicos están presentes en un sinnúmero de actividades laborales como la construcción, industria, centros de investigación o incluso en el sector de servicios, por lo que abarca puntos de vista clásicos referentes a la higiene industrial y puntos de vista desde la perspectiva ergonómica (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, s.f.)

2.1.7. Ruido laboral

De acuerdo con Merino (2006) el ruido laboral se caracteriza por su definición subjetiva que es la de un sonido desagradable. Se encuentra dentro del grupo de riesgos físicos considerándose como un contaminante tanto ambiental como ocupacional. Sus efectos sobre la salud están ampliamente demostrados, uno de los efectos más comunes sobre el sistema auditivo es la denominada hipoacusia, también conocida como deficiencia auditiva, el cual es un trastorno sensorial que se caracteriza por la incapacidad de escuchar sonidos. El daño producido va a depender principalmente de la intensidad del sonido y del tiempo de exposición. Desde el punto de vista de la seguridad y salud ocupacional, el ruido afecta principalmente a trabajadores de minas, empresas manufactureras y de construcción.

2.1.8. Tipos de ruido

De acuerdo con sus características el ruido puede variar dando lugar a los siguientes tipos:

- Ruido continuo: ocurre cuando el nivel de presión sonora es constante durante el periodo de observación (durante la jornada de trabajo). Por ejemplo, este tipo de ruido puede ser típico de la industria textil, donde el nivel de ruido no varía significativamente durante la jornada de trabajo.

- Ruido intermitente: se presenta cuando se producen caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, para luego volver a alcanzar el máximo nivel. Este nivel debe mantenerse durante más de un segundo antes de producirse una nueva caída. Por lo general este tipo de ruido es característico de plantas de fundición, aserraderos, industria metalmecánica, etc.
- Ruido de impacto: caracterizado por presentar una elevación brusca de ruido en un tiempo inferior a 35 milisegundos con una duración total de menos de 500 milisegundos. Por lo general se presenta en explosiones o máquinas compactadoras, etc. (Rincon, 2018).

2.1.9. Frecuencia

Equivale al número de ciclos por unidad de tiempo, por lo general sus unidades están representadas por ciclos por segundo o Hertz (Hz); así, un número alto de ciclos por segundo da lugar a un tono agudo, mientras que un número bajo un tono grave (Rincon, 2018).

2.1.10. Banda de frecuencia

El espectro de las frecuencias audibles es muy amplio por lo que es necesario dividirlo en conjuntos de frecuencias denominadas bandas, de las cuales la más utilizadas es la banda de octava, la cual corresponde al conjunto de frecuencias que forma una banda definida por dos frecuencias, una inferior (f_1) y otra superior (f_2) Bovea et al. (2011). Mediante las bandas de octava se puede medir el volumen del ruido, así como las frecuencias en las que se produce, lo que nos permite comprender la composición de frecuencia de una fuente de ruido y de tal manera identificar las fuentes de ruido y determinar el tipo de protección auditiva que la persona expuesta a la fuente de ruido necesita.

2.1.11. Nivel de presión acústica

Si bien es cierto el oído humano es capaz de detectar las variaciones en la presión acústica en un rango que va desde 20×10^{-6} hasta 200 Pa, que es lo equivalente a trabajar en un rango de 200.000.000 unidades. Bovea et al. (2011) mencionan que con la finalidad de obtener una escala más manejable se utiliza una logarítmica donde la presión acústica pasa a denominarse nivel de presión acústica midiéndose en unidades de decibelio. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$L_p(dB) = 10 * \log \left[\frac{P}{P_0} \right]^2$$

Donde:

L_p equivale al nivel de presión acústica en decibeles.

P representa el valor eficaz de la presión acústica en Pa.

P_0 equivale a la presión acústica de referencia (20 μ Pa).

2.1.12. Sonómetro

Es un instrumento electrónico que incluye un micrófono, un amplificador, varios filtros, un circuito de elevación al cuadrado, un promediador exponencial y un medidor calibrado en decibelios (dB), tal y como se observa en la Figura 2.1. Este dispositivo se clasifica según su nivel de precisión, que va desde el más exacto (tipo 0) hasta el menos preciso (tipo 3). El tipo 0 se utiliza principalmente en laboratorios, el tipo 1 es empleado para mediciones precisas de niveles de sonido, el tipo 2 es el más común para uso

general, mientras que el tipo 3, diseñado para inspecciones, no se recomienda en entornos industriales. Además, los sonómetros cuentan con filtros de ponderación de frecuencias que permiten el paso de la mayoría de las frecuencias, excluyendo algunas. El filtro más común es la red de ponderación A, diseñada para imitar la respuesta del oído humano a niveles de sonido moderados. El sonómetro también ofrece diferentes modos de respuesta: la "lenta", con un tiempo constante de 1 segundo; la "rápida", con un tiempo constante de 0,125 segundos; y la "impulsiva", que responde en 35 ms para el aumento de la señal y 1.500 ms para su disminución (Suter, 2000).



Figura 2.1 Sonómetro. Instrumentos para análisis de ruido laboral.

Fuente: (CIENYTEC, 2017)

2.1.13. Dosímetro

Es un monitor de exposición que se caracteriza por acumular el ruido de manera constante empleando un micrófono y circuitos similares a los sonómetros, tal y como se observa en la Figura 2.2. A diferencia del sonómetro, estos se colocan en el trabajador cuya exposición se desea medir. La lectura proporcionada por el dosímetro se conoce como dosis de ruido y se define como la cantidad de ruido recibida por un trabajador, expresándose como un porcentaje de la dosis máxima equivalente al 100%. El dosímetro lleva incorporado un sistema lector cuya función es expresar la dosis acumulada durante el tiempo en el que ha sido utilizado (Universidad del país Vasco, s.f.).

Los equipos más modernos proporcionan directamente el nivel de presión sonora equivalente y el nivel sonoro continuo equivalente diario, además tiene la capacidad de incorporar la ponderación exponencial de tiempo, frecuentemente la lenta y el umbral de ruido especificado por su fabricante (Universidad del país Vasco, s.f.).



Figura 2.2 Dosímetro. Instrumento de medición de dosis absorbida

Fuente: (TechEcuador, 2025)

2.2. Estado del arte

Rangel (2016) en su trabajo de investigación realizó una evaluación de la exposición al ruido en trabajadores de una mina subterránea ubicada en la región centro del país en el proceso de explotación considerando relevantes los subprocesos y las actividades realizadas dentro de los subprocesos. El análisis de los resultados son productos de 273 mediciones de ruido de tipo sonometrias puntuales de turno completo para el proceso de explotación en la mina subterránea y sus 9 subprocesos con sus 19 actividades a las que se exponen 9 puestos de trabajos, concluyendo que los 9 subprocesos son resultantes de un perfil de exposición con un nivel de riesgo inaceptable, superando los 92,17 dB(A).

En su investigación Quintero (2018) determinó los riesgos de hipoacusia en trabajadores del sector operativo en una empresa minera ubicada en una de las regiones del norte de Nicaragua, inicialmente fue un estudio descriptivo con un muestreo aleatorio simple de un total de 217 trabajadores, donde se recolectó información y se constató que la mayoría de trabajadores estudiados fueron hombres, mineros de producción. El personal bajo estudio realiza trabajos en áreas de riesgos donde se evidenció exposición a ruidos por encima de los valores máximos permitidos por la ley, por lo tanto son propensos a desarrollar hipoacusia laboral. De acuerdo con las fuentes generadoras de ruido con un 34,6% dando un total de 75 colaboradores expuestos a perforadoras Jacker y Stoper, con un 17,5% equivalente a 38 trabajadores expuestos a molinos y trituradoras. Estas máquinas son utilizadas en la minería subterránea para perforar superficies y plataformas con la finalidad de extraer broza (piedras). Mediante la medición de ruido laboral se pudo conocer que los trabajadores operativos están expuestos a valores de 90.5 y 117.3 dB en jornadas laborales de 12 horas diarias.

Asimismo, Apaico (2023) en su estudio de investigación desarrollado en el Consorcio Millpu Minerals S.A.C.S evaluó los niveles de ruido realizando mediciones mediante sonómetro y dosímetro y cálculos a los trabajadores y fuentes, comprobó en qué punto se encontraban los niveles de presión sonora. Lo primero consistió en una evaluación de percepción del trabajador mediante un cuestionario para determinar la percepción del trabajador en relación al ruido, dando como resultado una percepción del ruido “alta”. Por medio de la sonometría y dosimetría se pudo determinar que los valores obtenidos en las mediciones (95.5 y 109.1 dB) no cumplen con los límites máximos permisibles.

En un estudio realizado por Ordóñez et al. (2023) se pudieron describir las consecuencias de la exposición prolongada a altos niveles de ruido, en particular en la minería, donde se registra una alta prevalencia de pérdida auditiva en los trabajadores llegando a porcentajes de hasta un %40. En la minería, cuya industria requiere de un gran esfuerzo para extraer minerales del suelo y a la vez generan niveles significativos de ruido, actividades como la perforación, voladura, manejo de maquinaria pesada, trituración y molienda son consideradas como la mayor fuente de ruido en dicho sector. Los autores resaltan que, en Ecuador la mayor parte de las actividades mineras son ejecutadas por operarios que trabajan jornadas de más de 8 horas diarias, con maquinaria de control manual (martillos neumáticos, retroexcavadoras, volquetas y guinches), por lo tanto consideran que es importante estudiar el impacto del ruido generado por cada actividad en la etapa minera, al ser una de las actividades que más enfermedades ocupacionales genera.

2.3. Marco legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

Publicada en el Registro Oficial No. 449 el 20 de octubre de 2008

Título II Derechos

Capítulo segundo. Derechos del buen vivir

Sección séptima. Salud

Art. 32. La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir. El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional.

Sección octava. Trabajo y seguro social

Art. 33. El trabajo es un derecho y un deber social, y un derecho económico, fuente de realización personal y base de la economía. El Estado garantizará a las personas trabajadoras el pleno respeto a su dignidad, una vida decorosa, remuneraciones y retribuciones justas y el desempeño de un trabajo saludable y libremente escogido o aceptado (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.3.2. Código Orgánico del Trabajo

Registro oficial suplemento 167 del 16 de diciembre de 2005

Capítulo V

De la prevención de los riesgos, de las medidas de seguridad e higiene, de los puestos de auxilio, y de la disminución de la capacidad para el trabajo.

Art. 410. Obligaciones respecto de la prevención de riesgos. - Los empleadores están obligados a asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o su vida. Los trabajadores están obligados a acatar las medidas de prevención, seguridad e higiene determinadas en los reglamentos y facilitadas por el

empleador. Su omisión constituye justa causa para la terminación del contrato de trabajo (Código del Trabajo, 2005).

2.3.3. Reglamento de seguridad y salud en el trabajo (Decreto Ejecutivo 255)

Título IV De los empleadores y trabajadores

Capítulo I de los empleadores

Art.15 de los empleadores. – los empleadores tendrán los siguientes deberes en materia de seguridad y salud en el trabajo:

2. Identificar peligros, evaluar y controlar los riesgos laborales;
4. Garantizar la gestión integral de la salud de los trabajadores;
5. Monitoreo y análisis de las condiciones de trabajo y salud;

Capítulo II De los trabajadores

Art. 16 de los trabajadores. – los trabajadores tendrán los siguientes derechos, en materia de seguridad y salud:

1. Recibir de forma gratuita, inducción, educación y capacitación en materia de seguridad y salud en el trabajo con énfasis en los riesgos laborales vinculados a las actividades que realiza y las posibles consecuencias para salud;
2. Desarrollar sus labores en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el pleno ejercicio de sus facultades físicas y mentales, que garanticen su seguridad y salud en el trabajo (Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2024).

Anexo 3 Norma técnica en seguridad e higiene del trabajo

Título I Higiene industrial

Capítulo I De los riesgos físicos

Art. 4. Ruido. - Para prevenir los riesgos físicos asociados a la exposición ocupacional a ruido, el empleador deberá implementar las siguientes medidas:

1. Aplicación de jerarquía de controles. - Los riesgos derivados de la exposición al ruido deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances tecnológicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo aplicando la jerarquía de controles:
 - a. Eliminación de la(s) fuente(s) sonora(s) generadora(s) de ruido.
 - b. Sustitución o adquisición de equipamientos y maquinarias más silenciosas.
 - c. Controles de ingeniería mediante diseño e instalación de cabinas, encierros o barreras, aislamiento mecánico, tratamiento acústico, entre otros.
 - d. Control administrativo mediante señalización, advertencia, programas de mantenimiento, modificación de métodos de trabajo y disminución del tiempo de exposición a través de métodos organizativos, entre otros.
 - e. Sobre el trabajador:

i. El uso de Equipos de Protección Personal (EPP) por parte de los trabajadores se debe considerar como última medida de protección, cuando no sea técnicamente factible implementar medidas de orden técnico y administrativo.

ii. Los EPP entregados deberán contar con la respectiva certificación técnica por organismos nacionales o internacionales. Se fomentará su uso y obligatoriedad, siendo responsabilidad del empleador verificar su eficacia.

El empleador deberá garantizar la revisión periódica de las medidas de control implementadas para asegurar su efectividad y proteger la seguridad y salud de los trabajadores (Santos, 2024).

CAPÍTULO 3

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

El presente estudio de investigación es de tipo descriptivo y correlacional.

En la fase descriptiva se centra en observar, medir y detallar las condiciones acústicas a las que está expuesto el personal operativo de maquinaria pesada en la mina artesanal "Pincopaz S.A.". Esta fase permite registrar los niveles de presión sonora en diversas condiciones operativas, cubriendo la jornada laboral y tareas específicas. Los datos reflejan la exposición al ruido en situaciones laborales auténticas, sin intervención ni modificación de las condiciones de trabajo, lo que garantiza una representación precisa de la situación actual. La recopilación de información se realiza mediante instrumentos calibrados, como dosímetros y sonómetros, que brindan resultados numéricos confiables sobre el nivel de ruido en decibeles (dB). Se describen los niveles de presión sonora según las bandas de frecuencia y su intensidad, facilitando la evaluación de condiciones laborales críticas.

Esta etapa descriptiva es fundamental para establecer una línea base de los niveles de ruido, identificar situaciones de riesgo auditivo y crear un diagnóstico preciso de las condiciones laborales.

Esta investigación también es de alcance correlacional ya que explora la relación entre los niveles de presión sonora medidos y los valores establecidos en el Decreto Ejecutivo 255, que define los límites máximos permitidos de exposición al ruido para proteger la salud de los trabajadores. La identificación de tareas o actividades críticas que presentan niveles de ruido superiores a los límites normativos, establecen un vínculo entre las condiciones laborales específicas y la exposición sonora. Además, la relación entre las frecuencias del ruido detectadas y su intensidad, facilita la recomendación de los equipos de protección auditiva adecuados mediante las mediciones de bandas de octava.

Este enfoque dual proporciona una visión integral de la problemática del ruido en la mina, facilitando no solo su descripción, sino también el desarrollo de estrategias basadas en evidencia para su gestión efectiva.

3.2. Variables

Después de evaluar la situación de la mina y comprender la problemática abordada en este estudio, considerando los objetivos de la investigación, se definieron las siguientes variables:

3.2.1. Variable Independiente

Exposición a niveles de presión sonora

3.2.2. Variable Dependiente

Exposición al riesgo auditivo y equipo de protección personal.

3.3. Métodos y técnicas

3.3.1. Análisis de la actividad

3.3.1.1. Ubicación de puntos de medición

Para la ubicación de los puntos de medición se seleccionó el área operativa de la mina artesanal Pincopaz S.A, en la cual se consideraron las maquinarias pesadas que son empleadas por el personal operativo de la mina. En la Tabla 1, se especifican las maquinarias empleadas:

Tabla 1
Maquinaria pesada del área operativa de la mina artesanal a cielo abierto "Pincopaz S.A"

Maquinaria	Modelo
Retroexcavadora 1	Retro 336D
Retroexcavadora 2	Retro Jsb200
Trituradora	-
Volqueta	-

Fuente: Autores

3.3.1.2. Selección de la estrategia de medición

En base a los objetivos específicos se seleccionaron dos tipos de estrategias de medición. La primera consiste en la medición de la dosis de ruido diaria durante un tiempo de medición que abarque la totalidad del tiempo de exposición del trabajador y la segunda estrategia comprende la técnica de bandas de octava.

3.3.1.3. Identificación de las fuentes generadoras de ruido

Las fuentes generadoras de ruido identificadas provienen directamente de las maquinarias pesadas empleadas por los trabajadores para la extracción de material minero como se describe en la Tabla 2.

Tabla 2
Fuentes generadoras de ruido en la mina artesanal "Pincopaz S.A"

Fuentes generadoras de ruido	Decibeles (dBA)
Retroexcavadora 1	-
Retroexcavadora 2	-
Trituradora	-
Volqueta	-

Fuente: Autores

3.3.1.4. Tiempo de medición.

El tiempo de medición se consideró de 8 horas correspondiente a una jornada laboral, con registros cada 5 minutos.

3.3.2. Medición de los niveles de presión sonora mediante dosimetría

Este análisis permitirá determinar si los trabajadores están expuestos a niveles de ruido superiores a los límites establecidos por la normativa y si es necesario implementar medidas correctivas. Las mediciones de los niveles de presión sonora se realizarán en un entorno laboral minero. El ambiente seleccionado está compuesto por maquinaria pesada y equipos industriales que generan fluctuaciones en los niveles de ruido. Las mediciones se efectuaron en el área operativa, para obtener una representación precisa de la exposición al ruido.

El periodo de medición abarcó 8 horas correspondiente a una jornada laboral estándar. El monitoreo se llevó a cabo durante la jornada laboral para obtener una visión completa

y representativa de la exposición al ruido. Para realizar el monitoreo de los niveles de presión sonora, se utilizó un dosímetro personal. Se conoce que el dosímetro es un dispositivo diseñado para medir la exposición continua al ruido a lo largo de un periodo determinado, proporcionando datos precisos sobre los niveles de presión sonora a los cuales están expuestos el personal operativo.

Considerando el concepto de dosis de ruido se usó la norma UNE-EN ISO 9612:2009 título acústica, seleccionando la estrategia 3, siendo la indicada para medir la dosis de ruido diaria, durante un tiempo de medición que contemple el 100% del tiempo de exposición del trabajador permitiendo calcular la exposición diaria equivalente considerando todas las actividades realizadas. De acuerdo con el Instituto de salud pública de Chile (2014), cuando se usa un dosímetro se debe considerar que este sea de clase 2 con márgenes de frecuencia de 63 a 8000Hz y un rango de presión acústica de 80 a 130 dB. Como indica la legislación chilena, para una medición correcta de dosis de ruido se debe considerar los siguientes parámetros:

- Tiempo criterio (TC): 8 horas
- Nivel criterio (LC): 85 dB (A)
- Razón de cambio (q) = 3
- Nivel umbral (Thr): 80dB(A).

Estos valores también pueden deducirse en el Decreto Ejecutivo 255 Anexo 3, Título 1 de Higiene Industrial, capítulo 1 de los riesgos físicos, artículo 4 ruido, literal 5, donde se brindan las directrices para la configurar manual o mediante un software, de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Dicha configuración dará como resultado el valor de la dosis obtenida, por eso es crucial el ingreso correcto de estos parámetros de tal manera que permita conocer si el trabajador se encuentra expuesto con riesgo o sin riesgo de pérdida auditiva, entre otros aspectos. El tiempo permitido al que puede estar expuesto un trabajador dependiendo el nivel de ruido que exista en el lugar de trabajo se lo establece en la legislación ecuatoriana vigente con un máximo permitido de 80dB(A). Para obtener la dosis se debe conocer el tiempo máximo permitido de la exposición al ruido considerando el nivel de ruido equivalente diario (LAeq,d) y el nivel de referencia permitido (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).

Fórmula según NIOSH (Relación de 3 dB):

$$T_{\text{permitido}} = T_{\text{ref}} \times \frac{1}{2^{\frac{(LA_{\text{eq,d}} - L_{\text{ref}})}{3}}}$$

Variables:

- **Tperm** = Tiempo de exposición máximo permitido en horas
- **Tref** = Tiempo de referencia (normalmente 8 horas)
- **LAeq,d** = Nivel de exposición equivalente diario en dB(A)
- **Lref** = Nivel de referencia permitido (85 dB según normativa)
- La relación de 3 dB indica que por cada 3 dB que aumenta el ruido, el tiempo permitido se reduce a la mitad.

Para determinar la dosis de exposición al ruido, se compara la cantidad de ruido recibida con el tiempo máximo permitido. Si esta dosis supera el 100%, indica que el trabajador ha estado expuesto a niveles de ruido potencialmente peligrosos (Ministerio del Trabajo, 2024).

$$\text{Dosis} = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \frac{Cn}{Tn}$$

Variables:

- **C** = Tiempo de exposición en una actividad específica (horas)
- **T** = Tiempo máximo permitido para el nivel de ruido medido en esa actividad

El dosímetro trabaja con un algoritmo interno el cual calcula la dosis a partir de los parámetros explicados anteriormente, utilizando de manera representativa el nivel del ruido en el puesto de trabajo (Instituto de Salud Pública de Chile, 2014).

3.3.2.1. Ubicación del dosímetro

Para las mediciones dosimétricas se ubicó el equipo de medición en el hombro del trabajador, siendo esta área la parte más cercana al oído y asegurando que la ubicación del dispositivo sea representativa de las condiciones típicas de trabajo. Las mediciones se realizaron durante toda la jornada laboral de 8 horas, con registros cada 5 minutos. De esta manera, se pudieron capturar las fluctuaciones en los niveles de ruido a lo largo del día para que de esta manera se pueda evaluar la exposición acumulada.

El dosímetro registra de manera continua los niveles de presión sonora en dB(A). Los datos obtenidos se descargan y se almacenan en un software especializado para su posterior análisis. Los registros incluyen la medición continua del ruido, permitiendo observar variaciones y picos en los niveles sonoros que podrían haber superado los límites establecidos. Con los resultados de la dosimetría se puede determinar si los niveles de exposición superan los límites de máximos permitidos en el Decreto Ejecutivo 255 Anexo 3. De tal forma que, si la dosis total supera el 100%, indicaría que los trabajadores operativos de la mina se encuentran expuestos a niveles considerablemente altos de ruido, lo que requiere de la implementación de medidas correctivas.

Adicional se elaborará un histograma para visualizar la distribución de los niveles de presión sonora durante el monitoreo. Esto permitirá identificar los picos de ruido comprobando si existieron períodos en que los niveles excedieron el límite máximo permitido (Ministerio de Trabajo del Ecuador, 2024).

3.3.3. Evaluación de los resultados obtenidos de las mediciones

Los datos obtenidos se tabularon y se presentaron en tablas para una mejor evaluación y análisis. Para las mediciones se tomaron un total de 4 muestras en las cuales se seleccionaron a los trabajadores operativos de maquinaria pesada (2 retroexcavadoras, 1 volqueta y 1 trituradora) en la mina artesanal a cielo abierto “Pincopaz S.A”, empleando dosímetros integrados de clase 2 con su respectiva certificación (ver Anexo A, Anexo B, Anexo C y Anexo D) a continuación, en la Tabla 3 se detallan las características de los equipos dosimétricos:

Tabla 3
Características de los equipos dosimétricos empleados en las mediciones de ruido laboral

Instrumentación	Detalle
Dosímetros 3M Edge™ 4	Unidad compacta de 3 onzas (85 gramos), montable fácilmente en el hombro. Posee dos dosímetros con registro de datos/ historial de tiempo, con pantalla de lectura fácil del Edge muestra los Niveles de Presión Sonora Instantáneo (SPL), Promedio (LAVG), Equivalente (LEQ), Ponderado en el tiempo (TWA), Máximo (LMAX), Mínimo (LMIN), Pico (LPK), el tiempo transcurrido de medición, etc. Normativas técnicas: ANSI S1.25 para dosímetros de ruido personales, IEC61252 para medidores de exposición acústica personal y con aprobaciones de seguridad intrínseca MSHA, SIRA (ATEX), CSA (EE. UU. y Canadá) y Simtars (IECEx).
Dosímetro SONUS 2 PLUS	Unidad compacta de 79 gramos, de fácil ubicación en el hombro. Posee dosis de ruido para el período evaluado (OSHA y NIOSH) La pantalla de lectura fácil muestra: Dosis de ruido proyectada, Lavg, Leq, NE, NEN, TWA. Normativas técnicas: ANSI S1.25 para dosímetros de ruido personales y IEC61252 para medidores de exposición acústica personal.

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

Los valores obtenidos de las mediciones se comparan con los establecidos en el Decreto Ejecutivo 255, Anexo 3, tal y como se visualiza en la Tabla 4.

Tabla 4
Valores límite de exposición a ruido ocupacional

Valores límite de exposición	
Exposición ocupacional a ruido continuo controlado por 8 horas o más	Nivel de presión sonora continuo equivalente superior a 85dB(A)
Exposición diaria a ruido compuesta por dos o más periodos de exposición a diferentes niveles de presión sonora continuos equivalentes	NPSeq iguales o superiores a 80dB(A) lento.

Fuente: (Ministerio del Trabajo, 2024)

3.3.4. Identificación del equipo de protección auditiva

Para identificar el equipo de protección idóneo que requiere el personal operativo de la mina artesanal “Pincopaz S.A”. Para evaluar la reducción del ruido mediante equipos de protección auditiva en los puestos de trabajo donde se exceden los límites permitidos, se utilizará el método de Bandas de Octavas, conforme a la norma UNE-EN ISO 4869-2, que establece la estimación de los niveles efectivos de presión sonora ponderados A al emplear protectores auditivos. Además, se seguirá la norma UNE-EN 458:216, que proporciona recomendaciones sobre la selección, uso, precauciones y mantenimiento de estos dispositivos para garantizar su correcta atenuación. Para realizar las mediciones se emplearon los siguientes equipos que se detallan en la Tabla 5:

Tabla 5
Características del equipo de sonometría empleado en las mediciones de ruido laboral

Instrumentación	Especificaciones
Sonómetro TIPO 2, Marca 3M	Modelo SP-DL-2-1/1 que cumple con las Normas de la EN/IEC61672, ANSI S1.4-1983, EN/IEC61260, ANSI S1.11-2004, ANSI.S1.43-1997, IEC60651 e IEC 60804 y las exigencias señaladas para el presente estudio.
Calibrador Acústico	Marca Quest Technologies, Modelo QC-10, que cumple con las Normas de la ANSI S1.40 – 1984 y IEC 942 – 1988.

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

Las bandas de octava permiten dividir el espectro de sonido en segmentos de frecuencias como, por ejemplo: de 31.5 Hz a 63 Hz, de 125 Hz a 250 Hz, etc., esto facilita la identificación de las frecuencias más peligrosas para la salud auditiva. Además, se utilizó un sonómetro previamente calibrado tal y como se visualiza en el Anexo E, lo que asegura que las mediciones sean más precisas con un registro de datos de cada 10 segundos. Las mediciones se realizaron en intervalos de 5 minutos durante la jornada laboral habitual, con el fin de capturar las fluctuaciones del ruido a lo largo del día. Para cada medición, el sonómetro registró los niveles de presión sonora en cada banda de octava, generando un perfil completo de la exposición al ruido. Las mediciones se establecieron en 4 puntos estratégicos del área operativa, para obtener una representación precisa de las condiciones a las que están expuestos los trabajadores.

Una vez obtenidos los resultados, se procedió a analizar los niveles de presión sonora por banda de octava, considerando la frecuencia dominante en cada área de trabajo. Es importante destacar que algunas frecuencias (especialmente las bajas) pueden tener un impacto mayor en la salud auditiva, por lo que una evaluación detallada por banda permite tomar decisiones más informadas. Con base en los niveles de presión sonora obtenidos en cada banda de octava, se realizó un análisis de los riesgos de exposición y se procedió a seleccionar el equipo de protección personal auditivo adecuado para los trabajadores.

Mediante un cálculo que va desde los 63 a 8000Hz, es necesario tener los niveles de ruido por bandas de octava del puesto de trabajo L_f (niveles equivalentes en bandas de octavas), así mismo el valor de protección asumida APV_f (Atenuación Prevista en el Valor final) del protector auditivo el cual es proporcionado por el fabricante del equipo. En caso de no tener un valor APV a 63 Hz, se debe realizar el cálculo a partir de los 125Hz, para realizar el cálculo del APV_f se requiere la siguiente información (ver Tabla 6). La Atenuación sonora promedio (m_f) y desviación estándar (S_f) para cada banda de frecuencia, o el valor de protección asumida APV , para cada banda de frecuencia de ensayo con el valor $\alpha = 1$. Donde:

$$APV_f = m_f - \alpha * S_f$$

La información se debe incluir en forma numérica, de la forma que se muestra en la Tabla 6. Como las mediciones en bandas de octavas de ruido se realizan sin la ponderación en frecuencia de la curva “A” (A_f), y que para el cálculo del nivel de presión sonora efectivo ponderado “A” se requiere contar con los valores respectivos de

ponderación en frecuencia, en el cálculo se incluyen estos valores normalizados, los cuales se presentan en la Tabla 7 (Instituto de Salud Pública de Chile, 2019).

Tabla 6
Ejemplo de información numérica entregada, del protector auditivo

Frecuencia central en banda de octava (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación sonora promedio (db)	9,4	11,5	15,3	17,4	22,3	25,6	33,9	31,6
Desviación sonora promedio típica	2,8	3,4	3,2	3,1	2,7	2,9	3,2	2,7
APV	6,6	8,1	12,1	14,3	19,6	22,7	30,7	28,9

Fuente: Instituto de Salud Pública de Chile (2019)

Tabla 7
Valores de las ponderaciones de frecuencia en bandas de octava de la curva A

Frecuencia central en banda de octava (Hz)	63,5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ponderación Af (K)	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1,0	-1,1

Fuente: Instituto de Salud Pública de Chile (2019).

3.3.5. Propuesta de medidas correctivas

La jerarquía de controles de seguridad laboral establece un enfoque estructurado para reducir riesgos, priorizando las medidas más efectivas. A continuación, en la Tabla 8, se muestra la aplicación de la jerarquía de controles de acuerdo con el Anexo 3 del Decreto Ejecutivo 255:

Tabla 8
Aplicación de la jerarquía de controles de acuerdo con el Anexo 3 del Decreto Ejecutivo 255

Aplicación de jerarquía de controles	a. Eliminación de las fuentes sonoras generadoras de ruido
	b. Sustitución o adquisición de equipamientos o maquinarias más silenciosas.
	c. Controles de ingeniería mediante diseño e instalación de cabinas, barreras, aislamiento, etc.
	d. Control administrativo mediante señalización, advertencia, programas de mantenimiento, entre otros.
	e. Sobre el trabajador: uso de equipos de protección personal y los EPP entregados deberán contar con certificación técnica nacional o internacional.

Fuente: (Ministerio del Trabajo, 2024)

En base a lo expuesto en el Anexo 3 Norma Técnica en Seguridad e Higiene del trabajo del Decreto Ejecutivo 255, se toma como referencia para la elaboración de la propuesta de medidas correctivas basada en la jerarquía de controles para la mitigación a la exposición de ruido laboral.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Realizar mediciones de nivel de presión sonora durante la jornada completa mediante el uso de un dosímetro en la mina artesanal Pincopaz S.A.

Para calcular la dosis de exposición al ruido, primero se determinó el tiempo máximo permitido de exposición. Este tiempo se estableció en función del nivel de ruido equivalente diario (LAeq, d) y un nivel de referencia aceptable, de acuerdo con las normativas NIOSH e ISO INEN 9612. Adicional, para el cálculo de la dosis que representa el nivel de exposición al ruido en comparación con el tiempo máximo permitido se considera que si la dosis supera el 100%, es un indicador que el trabajador ha estado expuesto a niveles de ruido potencialmente peligrosos. Por lo general, La suma se hace sobre todas las actividades con diferentes niveles de ruido.

A continuación, en la Tabla 9 se muestran los resultados de las mediciones dosimétricas de acuerdo con los puestos de trabajo establecidos en el área operativa de la mina artesanal Pincopaz S.A:

Tabla 9
Panel de información del cargo Operador de retroexcavadora #1

Información puesto # 1	
Nombre de la compañía:	Pincopaz S.A.
Cargo:	Operador de retroexcavadora #1
Fecha y hora de inicio:	22/12/2024; 08:35:19
Fecha de paro:	22/12/2024; 15:45:19
Tipo de modelo:	Edge eg-4
Número de serie:	EHQ120033

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

Tabla 10
Datos resumen de medición dosimétrica para Operador de retroexcavadora #1

Resumen de datos obtenidos		
Descripción	Medidor	Valor
Lasmn	1	61.3 dB
Lasmx	1	110 dB
Lavg	1	85.6 dB
Lcpk	1	129.6 dB
Mntime	1	22/12/2024 10:17:25
Mxtime	1	22/12/2024 12:37:33
Rtime	1	07:10:05
Respuesta	1	SLOW
Tasa de registro	1	60 s
Tiempo de criterio	1	8 h

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

De acuerdo con los datos obtenidos en la Tabla 10 correspondientes al cargo de operador de retroexcavadora #1 (ver Anexo F), el nivel promedio de 85.6 dB supera el límite de 85 dB recomendado para una jornada de 8 horas, lo que indica la necesidad de medidas de control y protección auditiva para el operador. Además, el pico de 129.6 dB representa un riesgo elevado de daño auditivo inmediato.

Tabla 11
Panel de información del cargo Operador de trituradora

Información puesto # 2	
Nombre de la compañía:	Pincopaz S.A.
Cargo:	Operador de trituradora
Fecha y hora de inicio:	22/12/2024; 08:43:27
Fecha de paro:	22/12/2024; 15:47:27
Tipo de modelo:	Criffer Sonus 2 plus
Número de serie:	32008905

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

Tabla 12
Datos resumen de medición dosimétrica para Operador de trituradora

Resumen de datos obtenidos		
Descripción	Medidor	Valor
Nivel de criterio	1	85 dB
Tasa de registro	1	60 s
Ponderación	1	A
Respuesta	1	SLOW
Lcpk	1	141.6 dB
Mntime	1	22/12/2024 10:01:32
Mxtime	1	22/12/2024 14:27:26
PKtime	1	22/12/2024 14:51:14
Lavg	1	88.9 dB
SEL	1	162.3 dB
Promedio ponderado de tiempo (TWA)	1	88.2 dB
ProjectedTWA (8:00)	1	88.9 dB
Rtime	1	07:04:11

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

En la Tabla 11, se aprecian los datos informativos obtenidos del cargo “operador de trituradora” (ver Anexo G), además se observa el tipo de modelo empleado para la medición. Por otra parte, con los valores obtenidos en el cargo de Operador de trituradora tal y como se visualiza en la Tabla 12, se puede evidenciar que se presenta mayor exposición al ruido con un promedio de 88.9 dB, superando los límites permitidos. El nivel de pico de 141.6 dB es alarmante, ya que puede provocar daño auditivo inmediato.

Asimismo, en la Tabla 13 se detalla la información correspondiente al cargo “operador de volqueta” (ver Anexo H):

Tabla 13
Panel de información del cargo Operador de volqueta

Información puesto # 3	
Nombre de la compañía:	Pincopaz S.A.
Cargo:	Operador de volqueta
Fecha y hora de inicio:	22/12/2024; 08:55:03
Fecha de paro:	22/12/2024; 15:49:03
Tipo de modelo:	Criffer Sonus 2 plus
Número de serie:	32008805

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

Tabla 14
Datos resumen de medición dosimétrica para Operador de volqueta

Resumen de datos obtenidos		
Descripción	Medidor	Valor
Nivel de criterio	1	85 dB
Tasa de registro	1	60 s
Ponderación	1	A
Respuesta	1	SLOW
Lcpk	1	133.1 dB
Mntime	1	22/12/2024 14:41:14
Mxtime	1	22/12/2024 15:17:13
PKtime	1	22/12/2024 11:25:27
Lavg	1	87.7 dB
SEL	1	160.8 dB
Promedio ponderado de tiempo (TWA)	1	86.8 dB
ProjectedTWA (8:00)	1	87.7 dB
Rtime	1	06:54:32

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

Adicional, en la Tabla 14 se muestran los valores obtenidos para el caso del operador de volqueta donde se presentan niveles de ruido superiores a los permitidos, con un Lavg de 87.7 dB y un TWA de 86.8 dB. El nivel de pico de 133.1 dB representa un riesgo significativo.

De igual manera, en la Tabla 15 se muestra la información obtenida del puesto “operador de retroexcavadora #2” (ver ANEXO I), en la cual se empleó el modelo Edge eg-4 para las mediciones dosimétricas.

Tabla 15
Panel de información del cargo Operador de retroexcavadora #2

Información puesto # 4	
Nombre de la compañía:	Pincopaz S.A.
Cargo:	Operador de retroexcavadora #2
Fecha y hora de inicio:	22/12/2024; 08:58:34
Fecha de paro:	22/12/2024; 15:55:34
Tipo de modelo:	Edge eg-4
Número de serie:	EHS030039

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

Tabla 16
Datos resumen de medición dosimétrica para Operador de retroexcavadora #2

Resumen de datos obtenidos		
Descripción	Medidor	Valor
Nivel de criterio	1	85 dB
Tasa de registro	1	60 s
Ponderación	1	A
Respuesta	1	SLOW
Lcpk	1	123.5 dB
Mntime	1	22/12/2024 12:51:36
Mxtime	1	22/12/2024 14:10:37
PKtime	1	22/12/2024 11:31:59
Lavg	1	82.8 dB
SEL	1	152.6 dB
Promedio ponderado de tiempo (TWA)	1	78.5 dB
ProjectedTWA (8:00)	1	82.8 dB
Rtime	1	06:57:07

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

Por último, en el puesto operador de retroexcavadora #2 se obtuvo el valor para Lavg de 82.8 dB, que si bien está por debajo del límite permitido, su nivel de pico de 123.5 dB sigue representando un riesgo potencial (Ver en la Tabla 16).

En la Tabla 17 se observa que el operador de trituradora presenta la mayor exposición con niveles promedio de 88.9 dB y un pico de 141.6 dB, seguido por el operador de volqueta y el operador de retroexcavadora #1.

Tabla 17
Comparación y evaluación de resultados

Puesto de Trabajo	Lavg (dB)	Lcpk (dB)	TWA (dB)	Riesgo
Operador de Retroexcavadora #1	85.6	129.6	N/D	Alto
Operador de Trituradora	88.9	141.6	88.2	Crítico
Operador de Volqueta	87.7	133.1	86.8	Alto
Operador de Retroexcavadora #2	82.8	123.5	78.5	Moderado

Fuente: Autores

4.1.2. Evaluar los resultados de los niveles de presión sonora obtenidos en el monitoreo con el dosímetro comparando con los valores establecidos en el reglamento de seguridad y salud en el trabajo, Decreto Ejecutivo 255 Anexo 3.

Para la evaluación de los resultados obtenidos en el monitoreo con el dosímetro, se tabularon los datos y se compararon el límite permisible establecido en la Norma Técnica de Seguridad e Higiene del trabajo, adicional se incluye el tiempo de exposición en horas a la cual los trabajadores se encuentran expuestos. En la Tabla 18 se visualizan las mediciones puntuales de dosimetría.

Tabla 18
Mediciones puntuales de dosimetría de ruido

Puestos de trabajo	L _{Aeq,d}	Límite permisible dB.(A)	Tiempo de exposición (horas)	Tiempo permitido (horas)	Dosis
Operador de Retroexcavadora #1	86.57	85	10	5.57	1.44
Operador de Trituradora	88.9	85	8	3.25	2.46
Operador de Volqueta	85.23	85	14	7.59	1.05
Operador de Retroexcavadora #2	88.66	85	10	3.43	2.33

Fuente: Autores

Con base en los resultados obtenidos en las mediciones, se determina que las variaciones en los niveles de presión sonora experimentadas por los operadores de retroexcavadora #1, trituradora, volqueta y retroexcavadora #2 no cumplen con los límites establecidos en la normativa ecuatoriana, Anexo 3 del Decreto Ejecutivo 255, tal y como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19
Cumplimiento legal con respecto a las mediciones de dosimetría por puesto de trabajo

Puestos de trabajo	Cumplimiento legal
Operador de Retroexcavadora #1	No cumple
Operador de Trituradora	No cumple

Operador de Volqueta	No cumple
Operador de Retroexcavadora #2	No cumple

Fuente: Autores

4.1.3. Determinar el equipo de protección auditiva adecuado mediante mediciones con un sonómetro aplicando el método de bandas de octava.

En el presente apartado se analizan los niveles de presión sonora registrados en los diferentes puestos de trabajo y se determina el equipo de protección auditiva adecuado, aplicando el Método de Bandas de Octava conforme a la norma UNE-EN ISO 4869-2 y UNE-EN 458:216. Esta metodología permite estimar los niveles efectivos de presión sonora ponderados A cuando se emplean protectores auditivos y proporciona criterios para su selección y uso.

Los resultados de las mediciones revelan que los niveles de presión sonora en los puestos de trabajo de Operador de Retroexcavadora #1, Operador de Trituradora, Operador de Volqueta y Operador de Retroexcavadora #2 superan los límites máximos permitidos establecidos por la normativa ecuatoriana sobre ruido laboral, tal como se detalla en la Tabla 20.

Tabla 20
Mediciones puntuales de ruido laboral

Puestos de trabajo	$L_{Aeq,d}$	Límite permisible dB.(A)	Tiempo de exposición (horas)	Tiempo permitido (horas)	Dosis	Cumplimiento legal
Operador de Retroexcavadora #1	88,27	85	10	3,76	2,66	No cumple
Operador de Trituradora	94,4	85	8	0,91	8,79	No cumple
Operador de Volqueta	85,4	85	14	7,29	1,92	No cumple
Operador de Retroexcavadora #2	89,57	85	10	2,78	3,60	No cumple

Fuente: Autores

Debido a que los niveles de exposición superan los valores permitidos, es necesario implementar protectores auditivos adecuados para reducir la exposición de los trabajadores a niveles seguros.

Por otra parte, para la selección del equipo de protección auditiva más adecuado, se realizó una espectrometría acústica utilizando el Método de Bandas de Octava. Esta técnica permitió analizar la distribución del ruido en distintas frecuencias y así evaluar la efectividad de los protectores auditivos en función de sus características de atenuación.

A continuación, en la Tabla 21 se presentan los valores de presión sonora registrados en los distintos puestos de trabajo, desglosados por bandas de frecuencia:

Tabla 21
Registro de las intensidades acústicas en sus diferentes frecuencias (Hz) por puesto de trabajo

Puesto de Trabajo	Niveles de frecuencia (Hz)										
	16	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K
Operador de Retroexcavadora #1	34.8	48	65.1	68.8	83.2	80.8	79.4	77.2	73.3	68.8	62.3

Operador de Trituradora	34.8	36.2	57.5	57	66.2	76.2	80	83.5	93.4	73.6	55.3
Operador de Volqueta	35.2	45.2	61	68.8	74.7	76.8	76.9	75.5	73	67	55.4
Operador de Retroexcavadora #2	27.7	39.5	55.1	73.9	76.1	80.2	84.1	83.2	78.1	70.8	49.4

Fuente: Autores

Con base en la espectrometría acústica, se determinó que es fundamental el uso de protectores auditivos con un alto nivel de atenuación en las frecuencias más críticas (1K - 8K Hz), ya que estas representan las mayores exposiciones en los puestos de trabajo analizados. La selección de los protectores auditivos se realizó considerando los siguientes criterios:

- Atenuación efectiva en las frecuencias predominantes del ruido registrado.
- Compatibilidad con otros equipos de protección personal (EPP) utilizados por los trabajadores.
- Confort y facilidad de uso para promover la aceptación por parte de los operadores.

Para seleccionar el equipo de protección auditiva se consideraron dos opciones las cuales corresponden a las orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™ I H510A y orejeras Honeywell Howard Leight VS120. Para elegir el equipo idóneo se contemplaron las características de atenuación de los equipos de protección auditiva, los cuales se detallan en las Tabla 22 y Tabla 23.

Tabla 22
Niveles de eficiencia de las orejeras 3MTM PELTORTM OptimeTM I H510A

125	250	500	1K	2K	4K	8K	Frecuencias
11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8	Dosis de atenuación
4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3,0	3,8	Desviación estándar

Fuente: Autores

Tabla 23
Niveles de eficiencia de las orejeras Honeywell Howard Leight VS120

125	250	500	1K	2K	3150	4K	6300	8K	Frecuencias
18,1	21,5	32,7	38,4	38,2	38,9	38,6	36,1	37	Dosis de atenuación
2,1	2,4	2,6	2,7	3,1	2,6	2,8	1,9	2,1	Desviación estándar

Fuente: Autores

Con lo anteriormente expuesto, se calculó la capacidad de los niveles de reducción - eficientes en dbA que recibirían los trabajadores en sus oídos utilizando los elementos de protección auditiva, tal como se observa en la Tabla 24, donde C indica que el equipo cumple y Nc equivale a no cumple.

Tabla 24
Capacidad de reducción de los equipos de protección auditiva

Puestos de trabajo	Orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™ I H510A				Orejeras Honeywell Howard Leight VS120			
	Nr	N(Ef)db	C	NC	Nr	N(Ef)db	C	NC
Operador de Retroexcavadora #1	12,98	75,29	X		19,21	69,06	X	
Operador de Trituradora	6,84	87,56		X	24,52	69,88	X	

Operador de Volqueta	18,50	71,07	X		26,69	62,88	X	
Operador de Retroexcavadora #2	16,73	68,67	X		26,96	67,44	X	

Fuente: Autores

Por lo que, en base a los resultados obtenidos, se concluye que las Orejeras Honeywell Howard Leight VS120 cumple con las expectativas técnicas por su gran capacidad de nivel de reducción (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024).

4.1.4. Proponer medidas correctivas de acuerdo con la jerarquía de controles de seguridad laboral para la mitigación de la exposición a ruido laboral.

Mediante un diagrama de flujo visualizado en la Figura 4.1, se presenta el procedimiento a seguir para la formulación de una propuesta, tomando al objetivo general como punto de inicio seguido de los objetivos específicos lo cual permitirá evaluar las consideraciones que llevaran a lo planteado.

Como se presenta en la Figura 4.1 para poder formular la propuesta se establece evaluar los niveles de presión sonora, si el nivel de presión sonora es mayor a los 85 dBA se ejecuta la formulación de la propuesta y se vuelve a realizar una evaluación de los nuevos niveles obtenidos con el nuevo resultado obtenido se aplica el proceso descrito anteriormente, en el caso de que los resultados del análisis sean menor a 85dBA se finaliza el proceso ya que el nivel de presión sonora estaría cumpliendo con lo establecido por la normativa legal.

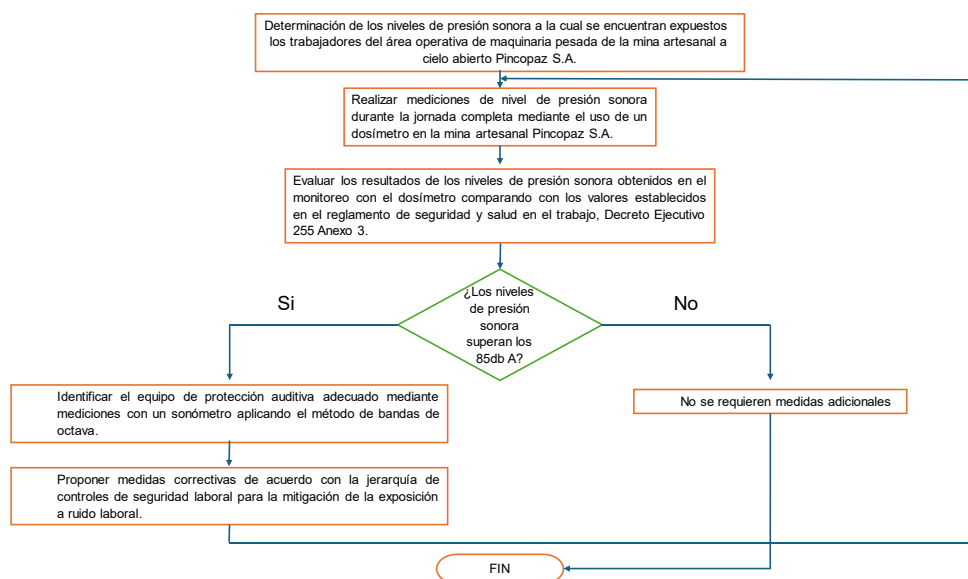


Figura 4.1 Diagrama de flujo para la formulación de una propuesta de mitigación de ruido

Fuente: Autores

Para un conocimiento más detallado sobre la propuesta a continuación se presenta la Tabla 25:

Tabla 25
Propuesta de medidas correctivas para la mitigación del ruido laboral de
acuerdo con la jerarquía de control de seguridad laboral

Jerarquía de Control	Medidas Correctivas	Propuestas específicas
Controles de Ingeniería	Instalar cabinas o compartimientos insonorizados alrededor de fuentes de ruido.	Cabinas para operadores de maquinaria pesada.
	Aplicar mantenimiento preventivo a equipos.	Lubricar piezas móviles y ajustar engranajes regularmente.
Controles Administrativos	Rotar al personal para limitar el tiempo de exposición.	Diseñar turnos de trabajo que reduzcan la presencia prolongada en áreas ruidosas.
	Colocar señalización en áreas de riesgo auditivo.	Señales de "Zona de Ruido Alto, Use Protección Auditiva" en áreas >85 dB.
	Implementar programas de conservación auditiva.	Audiometrías anuales y capacitación sobre riesgos del ruido.
Equipos de Protección Personal (EPP)	Proveer protectores auditivos adecuados según la necesidad.	Distribuir orejeras con niveles de atenuación adecuados a los niveles de ruido medidos las idóneas serían las Orejeras Honeywell Howard Leight VS120.
	Capacitar a los trabajadores en el uso correcto del EPP.	Entrenamientos periódicos sobre ajuste correcto de protectores auditivos. Capacitaciones en temas relacionados a seguridad y salud en el trabajo.
	Realizar inspecciones y reemplazos de equipos de protección dañados.	Revisar orejeras por desgaste o tapones reutilizables por acumulación de suciedad.

Fuente: Autores

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. El estudio permitió determinar con precisión los niveles de presión sonora a los cuales está expuesto el personal operativo de maquinaria pesada en la mina artesanal Pincopaz S.A. Esta información es fundamental para diseñar estrategias de mitigación del ruido, garantizando el cumplimiento normativo y protegiendo la salud auditiva de los trabajadores.
2. Las mediciones de presión sonora realizadas con el dosímetro durante toda la jornada laboral evidenciaron que los trabajadores de la mina artesanal Pincopaz S.A. están expuestos a niveles de ruido superiores a los 85 dB, el límite establecido por el Decreto Ejecutivo 255. Este nivel de exposición prolongado representa un riesgo significativo para la salud auditiva de los operarios, pudiendo causar daños irreversibles, como la pérdida auditiva inducida por ruido (PAIR). Además, los valores registrados en algunos puntos de la mina incluso superan los 90 dB, lo que aumenta el peligro de afectaciones adicionales, como estrés, fatiga y disminución de la concentración, impactando directamente en la seguridad y eficiencia de los trabajadores.
3. Los resultados obtenidos al comparar los niveles de ruido medidos con la normativa vigente revelan un incumplimiento de los estándares mínimos de seguridad ocupacional. La normativa del Decreto Ejecutivo 255 establece que la exposición laboral a ruido no debe superar los 85 dB en un turno de 8 horas, sin embargo, los registros muestran que la mayoría de los trabajadores superan este umbral. La falta de control sobre la exposición al ruido puede derivar en problemas de salud auditiva a largo plazo y un incremento en los costos médicos y legales para la empresa. Este incumplimiento también pone en evidencia la necesidad urgente de reforzar la vigilancia de la salud ocupacional y de implementar estrategias efectivas de mitigación de ruido en la mina.
4. El análisis mediante el método de bandas de octava permitió determinar el equipo idóneo para los trabajadores ya que se encuentran expuestos a niveles de ruido peligrosos sin contar con ninguna protección auditiva, la empresa no les ha proporcionado el equipo necesario. Ante esta situación, se identificó el tipo de protección auditiva más adecuado para reducir la exposición a niveles seguros, asegurando que cumpla con los requerimientos de atenuación específicos para el entorno de trabajo. La ausencia de estos equipos representa un riesgo crítico para la salud auditiva de los operarios, por lo que es fundamental que la empresa implemente de manera inmediata la entrega y uso obligatorio de los protectores auditivos sugeridos.
5. Para mitigar la exposición al ruido en la mina Pincopaz S.A., es imprescindible la implementación de medidas correctivas basadas en la jerarquía de controles de seguridad laboral. Priorizar controles de ingeniería, como el uso de barreras acústicas y el mantenimiento de maquinaria para reducir el ruido en la fuente, es fundamental para disminuir los riesgos. Además, los controles administrativos, como la rotación del personal y la reducción del tiempo de exposición, pueden

contribuir a minimizar el impacto del ruido en la salud auditiva de los trabajadores. El uso de equipos de protección auditiva adecuados debe ser complementado con inspecciones regulares y capacitaciones sobre los peligros del ruido, asegurando un ambiente laboral más seguro y conforme a la normativa vigente.

5.2. Recomendaciones

1. Implementar un programa continuo de monitoreo de ruido, asegurando que las mediciones se realicen de manera periódica y que las estrategias de mitigación sean ajustadas en función de los resultados obtenidos.
2. Se recomienda la instalación de cabinas insonorizadas en las áreas de mayor emisión de ruido, con el fin de reducir la exposición directa de los trabajadores. Además, es fundamental realizar un mantenimiento preventivo regular a la maquinaria pesada para minimizar los niveles de ruido generados por vibraciones y desgaste de los equipos. La sustitución de equipos antiguos por versiones más silenciosas es otra medida efectiva para controlar la contaminación acústica en la mina. Estas acciones no solo contribuirán a mejorar la seguridad auditiva de los trabajadores, sino que también optimizarán las condiciones laborales y aumentarán la productividad.
3. Es imprescindible que los trabajadores utilicen protectores auditivos adecuados según los resultados del análisis de bandas de octava. Para ello, se recomienda la adquisición de orejeras Honeywell Howard Leight VS120 con certificación internacional, las cuales cumplen con las expectativas técnicas por su gran capacidad de nivel de reducción lo que garantizará la minimización del ruido en función de la frecuencia y el nivel de presión sonora registrado en cada puesto de trabajo. Asimismo, se deben establecer controles estrictos para verificar el uso correcto de los protectores y proporcionar reemplazos periódicos para evitar el deterioro del equipo. Implementar esta medida reducirá significativamente el riesgo de pérdida auditiva y cumplirá con los estándares de seguridad ocupacional.
4. Se recomienda la implementación de programas de formación periódica para concienciar a los trabajadores sobre los efectos del ruido en la salud y la importancia del uso adecuado de los equipos de protección. Las capacitaciones deben incluir sesiones prácticas sobre la correcta colocación y ajuste de los protectores auditivos, así como información sobre las normativas de seguridad y salud en el trabajo. Además, se debe fomentar una cultura de prevención en la empresa, promoviendo la participación activa de los empleados en la identificación de riesgos y en la búsqueda de soluciones para reducir la exposición al ruido.
5. Por último, se recomienda la ejecución de auditorías internas que permitan verificar el cumplimiento de las medidas de control y la correcta utilización del equipo de protección auditiva. Además, se busca fomentar la participación del personal, estableciendo canales de comunicación para reportar problemas y proponer mejoras en las condiciones de trabajo realizando audiometrías anuales.

BIBLIOGRAFÍA

- Apaico, A. S. (enero de 2023). *Evaluación del ruido en equipos de perforación diamantina para prevenir enfermedades ocupacionales- Consorcio Millpu Minerals S.A.C.S.* 2022. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5491>
- Baraza , X., Castejón , E. y Guardino , X. (2015). *Higiene Industrial*. Barcelona: Editorial UOC.
- Bovea , M. D., Alberola, M. C., García, N., Mulet , E. y Pérez , V. (2011). Manual de seguridad e higiene industrial para la formación en ingeniería. Obtenido de Nivel de presión acústica: <https://copsstec.com/wp-content/uploads/2023/03/MANUAL-DE-SEGURIDAD-E-HIGIENE-INDUSTRIAL-PARA-LA-FORMACION-EN-INGENIERIA.pdf>
- Casal, B., Jasson, N., Preciado, R. y Reinoso, K. (2022). *Pérdida auditiva y exposición laboral a ruido en minería: una revisión sistemática*. Medicina y seguridad del trabajo, 68, 36-55.
- Cienytec. (2017). Sonómetros. Obtenido de Instrumentos para análisis: <https://www.cienytec.com/lab1sonometros.htm>
- Código del Trabajo. (2005). *Registro Oficial Suplemento 167*. <https://www.gob.ec/regulaciones/codigo-trabajo>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Título II Derechos*. https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Dirección de Seguridad Laboral. (2020). Riesgos laborales. Obtenido de Riesgos físicos: <https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/empleopublico/archivos/Fisicos.pdf>
- Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. (2003). *Disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido) (decimoséptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89*. Diario Oficial nº L 042 de 15/02/2003 , 0038-0044.
- I2solutions cía. Ltda. (2024). Dosimetría acústica laboral.
- Instituto de Salud Pública de Chile. 2014). *Metodologías para obtener la dosis de ruido diaria (DRD)*. <https://www.ispch.cl/sites/default/files/MetdolofoiaDosisOK.pdf>
- Instituto de Salud Pública de Chile. (2019). *Guía para la selección y control de protectores auditivos*.[https://www.ispch.cl/sites/default/files/01-EPP%20Auditivos\(20112012\).pdf](https://www.ispch.cl/sites/default/files/01-EPP%20Auditivos(20112012).pdf)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Acústica: Determinación de la exposición al ruido en el trabajo: Método de ingeniería (INEN-ISO 9612:2010)*. <https://es.scribd.com/document/505032915/NORMA-INEN-ISO-9612>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2010). *Riesgos físicos*. <https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-fisicos>
- Merino, F., Zapata, F. y Kulka, A. (2006). Ruido laboral. Ciencia & Trabajo, 47. <https://lc.cx/l1wxHM>

- MH Education. (2010). Factores de riesgo derivados de las condiciones de trabajo. <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171586.pdf>
- Ministerio del Trabajo. (2024). *Anexo 3: Norma Técnica de Seguridad e Higiene del Trabajo*. https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Anexo-3_Norma-Tecnica-de-Seguridad-e-Higiene-del-Trabajo-signed-signed-signed-signed.pdf
- Nogales, G. K. (2022). Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos al ruido industrial de la empresa Induacero CIA LTDA. Obtenido de Seguridad y salud laboral: <https://lc.cx/c4aGeZ>
- Ordóñez, C. A., Carranco López, J. A., Bustos Pulluquitin, S. P. y Toalombo, V. M. (noviembre de 2023). Estudio sobre la afectación del ruido en la minería, una revisión sistemática de las principales afectaciones que presenta para la salud de los trabajadores. *Revista Científica Tesla*, III(2), 1-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e251>
- Ordóñez, C., Carranco, J., Bustos, S. y Toalombo, V. (2023). Estudio sobre las afectación del ruido en la minería, una revisión sistemática de las principales afectaciones que presenta para la salud de los trabajadores. *TESLA*, 3(2) e251.
- Organización Panamericana de la Salud. (2021). *Salud Auditiva*. <https://lc.cx/QTSQ77>
- Pantoja, J. P., Vera, S. E. y Avilés Flor, T. Y. (2017). Riesgos laborales en las empresas. *Polo del conocimiento*, 833-868.
- Quijano, R. C. (2013). *Identificación de riesgos*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Quintero, K. M. (2018). Riesgo de hipoacusia en trabajadores del sector operativo de la empresa minera del Municipio de Bonanza de la Región Autónoma de Caribe Norte, Nicaragua. Segundo semestre 2017. <https://core.ac.uk/download/pdf/189138078.pdf>
- Rangel, S. C. (2016). *Evaluación de la exposición al ruido de los trabajadores de una mina subterránea polimetálica a causa de los subprocesos y actividades desarrolladas en la explotación*. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/5083>
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo. 2024). *Decreto Ejecutivo 255*. <https://lc.cx/3OVV6H>
- Rincon, D. B. (10 de agosto de 2018). Ruido. Obtenido de Tipos de ruido: https://escuelaing.s3.amazonaws.com/staging/documents/116_2_ruido.pdf
- Sánchez, A. W., González, I. J., Granillo, R., Beltrán, Z., Ramírez, L. y Sotero Montalvo, B. (2022). *La seguridad y salud ocupacional a través de los años. Ingenio y conciencia*, 1-11. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/article/view/7119/8475>

- Santos, A. (2024). Anexo 3 Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo.
https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Anexo-3_Norma-Tecnica-de-Seguridad-e-Higiene-del-Trabajo-signed-signed-signed-signed.pdf
- Suter, A. H. (2000). Ruido. Obtenido de Medición del ruido y evaluación de la exposición:
<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo%2047.%20Ruido.pdf>
- TechEcuador. (2025). Equipos para monitoreo de salud ocupacional Dosímetros de ruido: <https://techecuadorindustrial.com/producto/dosimetro-de-ruido-sonus-2-plus/>
- Universidad del país Vasco. (2018). *Instrumentos de medida*. Obtenido de Dosímetro:
<https://www.ehu.eus/acustica/espanol/ruido/inmes/inmes.html>

ANEXOS

ANEXO A

Certificado de Calibración Dosímetro #1



TSI INCORPORATED - OCONOMOWOC

1050 Corporate Center Drive, Oconomowoc, WI 53066 USA
tel 651 490 2811 • toll free 800 245 0779 • web www.tsi.com

Page 1 of 2

An ISO 9001
Registered Company

Certificate of Calibration

Certificate Number: 1856123940EHQ120033

Submitted by: I2Solutions

Guayaquil, Ecuador

Model: eg4 Edge Dosimeter

S/N: EHQ120033

Date Issued: 15-Mar-2023

Valid Until: 15-Mar-2025

On this day of manufacture and calibration, TSI certifies that the above listed product meets or exceeds the performance requirements of the following acoustic standard(s):

ANSI S1.25 (R1997) Personal Noise Dosimeters

IEC 61252 (1993, 2000-AM1) Specifications for Personal Sound Exposure Meters, Type 2

Test Conditions: Temp: 18-25°C Humidity: 20-80% R.H. Barometric Pressure: 950-1050 mBar

Test Procedure: S053-735

Subassemblies:

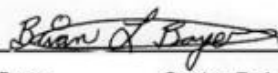
ACO 7318

15827

Reference Standard(s):

Device	Ref Standard Cal Due	Uncertainty Estimated at 95% Confidence Level (k=2)
B&K Ensemble	10-Mar-2025	+/- 2.2% Acoustic (0.19dB)

Calibrated by:


Brian Bayer Service Technician

Reviewed/Approved by:


Technical Manager / Deputy

In order to maintain best instrument performance over time and in the event of inspection, audit or litigation, we recommend the instrument be recalibrated annually. Any number of factors may cause the calibration to drift before the recommended interval has expired. See user manual for more information.

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

ANEXO B

Certificado de Calibración Dosímetro #2



TSI INCORPORATED - OCONOMOWOC

1060 Corporate Center Drive, Oconomowoc, WI 53066 USA
tel 651 490 2811 + toll free 800 245 0779 + web www.tsi.com

Page 1 of 2

An ISO 9001
Registered Company

Certificate of Calibration

Certificate Number: 1820215070EHS030039

Submitted by: I2Solutions
Guayaquil, Ecuador

Model: eg4 Edge Dosimeter
S/N: EHS030039

Date Issued: 18 - Jun - 2024
Valid Until: 18 - Jun - 2026

On this day of manufacture and calibration, TSI certifies that the above listed product meets
or exceeds the performance requirements of the following acoustic standard(s):

ANSI S1.25 (R1997) Personal Noise Dosimeters
IEC 61252 (1993, 2000-AM1) Specifications for Personal Sound Exposure Meters, Type 2

Test Conditions: Temp: 18-25°C Humidity: 20-80% R.H. Barometric Pressure: 950-1050 mBar

Test Procedure: S053-735

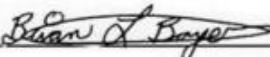
Subassemblies:

ACO 7318 15827

Reference Standard(s):

Device	Ref Standard Cal Due	Uncertainty Estimated at 95% Confidence Level (k=2)
B&K Ensemble	18 - Jun - 2026	+/- 2.2% Acoustic (0.19dB)

Calibrated by:


Brian Bayer Service Technician

Reviewed/Approved by:


Technical Manager /Deputy

In order to maintain best instrument performance over time and in the event of inspection, audit or litigation, we recommend
the instrument be recalibrated annually. Any number of factors may cause the calibration to drift before the recommended interval has expired.
See user manual for more information.

All equipment used in the test and calibration of this instrument is traceable to NIST, and applies only to the unit identified above.
This report must not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of TSI.

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

ANEXO C

Certificado de Calibración Dosímetro #3

CRIFFERLAB



Certificado de Calibración

Número del certificado: CRV2035/2024

Fecha de la calibración: 15/02/2024
Fecha de la emisión del certificado: 15/02/2024

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre: I2SOLUTIONS CIA. LTDA
Dirección: CUENCA 2828 Y ABEL CASTILLO GUAYAQUIL

IDENTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO CALIBRADO:

Instrumento: Dosímetro de Ruido Personal
Fabricante: Criffer

Modelo: Sonus 2 Plus
Número de série: 32008805

PROCEDIMIENTO(S) DE CALIBRACIÓN UTILIZADO(S): PC EAC01 – Revisión: 01

MÉTODO(S): Comparación directa con el estándar de referencia.

NORMA DE REFERENCIA: IEC 61252:2002 Specifications for personal sound exposure meters. Ginebra, Suiza.

ESTÁNDAR(ES) UTILIZADO(S):

- Stanford Research - DS-360 - Certificado de calibración n° E1363/2021 del Labelo - Válido hasta 08/2024
- GRAS - 42AG - Certificado de calibración n° CBR2100585 y CBR2100586 del Spectris - Válido hasta 08/2024
- Testo - Testo 622 - n° J010940/2022 y J010943/2022 del K&L - Válido hasta 03/2024

CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura: $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
Humedad Relativa: $70\% \pm 25\%$
Presión Atmosférica: $101,32\text{ kPa} \pm 10\%$

NOTAS:

- Los resultados de la calibración están contenidos en tablas adjuntas, que relacionan los valores indicados por el instrumento en prueba, con valores obtenidos a través de la comparación con los patrones e incertidumbres estimadas de la medición (IM).
- La incertidumbre ampliada de medición se declara como la incertidumbre de medición multiplicada por el factor de cobertura "k", corresponde al nivel de confianza de aproximadamente el 95%, según la distribución de probabilidad t-Student, con grados de libertades efectivos (Veff).
- La incertidumbre estándar de calibración se determinó de acuerdo con la "guía para la expresión de incertidumbre de medición".
- Esta calibración no sustituye ni exige los cuidados mínimos del control metrológico.
- Este certificado se refiere exclusivamente al elemento calibrado y no se extiende a ningún lote.
- El certificado no debe reproducirse total o parcialmente sin autorización previa.
- Calibración realizada en las instalaciones de Criffer Lab, ubicada en la avenida Theodomiro Porto da Fonseca, 3101, Unidad 6, sala 203, Barrio: Cristo Rei, Ciudad: São Leopoldo – RS, con estándares calibrados en laboratorios acreditados a la coordinación general de acreditación del INMETRO.
- El presente certificado de calibración cumple los requisitos de la norma ABNT NBR ISO IEC 17025.

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

ANEXO D

Certificado de Calibración Dosímetro #4

CRIFFERLAB



Certificado de Calibración

Número del certificado: CRV2037/2024

Fecha de la calibración: 15/02/2024
Fecha de la emisión del certificado: 15/02/2024

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre: I2SOLUTIONS CIA. LTDA
Dirección: CUENCA 2828 Y ABEL CASTILLO GUAYAQUIL

IDENTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO CALIBRADO:

Instrumento: Dosímetro de Ruido Personal
Fabricante: Criffer

Modelo: Sonus 2 Plus
Número de serie: 32008905

PROCEDIMIENTO(S) DE CALIBRACIÓN UTILIZADO(S): PC EAC01 – Revisión: 01

MÉTODO(S): Comparación directa con el estándar de referencia.

NORMA DE REFERENCIA: IEC 61252:2002 Specifications for personal sound exposure meters. Ginebra, Suiza.

ESTÁNDAR(ES) UTILIZADO(S):

- Stanford Reasearch - DS-360 - Certificado de calibración n° E1363/2021 del Labelo - Válido hasta 08/2024
- GRAS - 42AG - Certificado de calibración n° CBR2100585 y CBR2100586 del Spectris - Válido hasta 08/2024
- Testo - Testo 622 - n° J010940/2022 y J010943/2022 del K&L - Válido hasta 03/2024

CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura: 23,0 °C ± 3,0 °C
Humedad Relativa: 70 % ± 25 %
Presión Atmosférica: 101,32 kPa ± 10 %

NOTAS:

- Los resultados de la calibración están contenidos en tablas adjuntas, que relacionan los valores indicados por el instrumento en prueba, con valores obtenidos a través de la comparación con los patrones e incertidumbres estimadas de la medición (IM).
- La incertidumbre ampliada de medición se declara como la incertidumbre de medición multiplicada por el factor de cobertura "k", corresponde al nivel de confianza de aproximadamente el 95%, según la distribución de probabilidad t-Student, con grados de libertades efectivos (Veff).
- La incertidumbre estándar de calibración se determinó de acuerdo con la "guía para la expresión de incertidumbre de medición".
- Esta calibración no sustituye ni exime los cuidados mínimos del control metrológico.
- Este certificado se refiere exclusivamente al elemento calibrado y no se extiende a ningún lote.
- El certificado no debe reproducirse total o parcialmente sin autorización previa.
- Calibración realizada en las instalaciones de Criffer Lab, ubicada en la avenida Theodomiro Porto da Fonseca, 3101, Unidad 6, sala 203, Barrio: Cristo Rei, Ciudad: São Leopoldo – RS, con estándares calibrados en laboratorios acreditados a la coordinación general de acreditación del INMETRO.
- El presente certificado de calibración cumple los requisitos de la norma ABNT NBR ISO IEC 17025.

Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

ANEXO E

Certificado de Calibración del Sonómetro

 **TSI INCORPORATED - OCONOMOWOC**
1060 Corporate Center Drive, Oconomowoc, WI 53066 USA
tel 651 490 2811 • toll free 800 245 0779 • web www.tsi.com

Page 1 of 2

An ISO 9001
Registered Company

Certificate of Calibration
Certificate No: 941201 BHM010015

Submitted By: I2SOLUTIONS
GUAYAQUIL, ECUADOR

Serial Number: BHM010015 Date Received: 04/25/2023
Customer ID: 106000000223 Date Issued: 04/27/2023
Model: SOUNDPRO DL-2-1/1 SLM Valid Until: 04/27/2025

Test Conditions:
Temperature: 18°C to 29°C
Humidity: 20% a 80%
Barometric Pressure: 890 mbar to 1050 mbar

Model Conditions:
As Found: NOT FULLY FUNCTIONAL
As Left: IN TOLERANCE

SubAssemblies:
Description: TYPE 2 PREAMP
MICROPHONE OE 7052 1/2 IN. ELECTRET

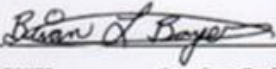
Serial Number: 0221 4964
52972

Calibrated per Procedure: 53V899

Reference Standard(s):

I.D. Number	Device	Last Calibration	Date Calibration Due
EF000176	QUEST-CAL	04/20/2023	04/20/2025
ET0000556	B&K ENSEMBLE	04/24/2023	04/24/2025

Measurement Uncertainty:
±/- 2.2% ACOUSTIC (0.1909)
Estimated at 95% Confidence Level (k=2)

Calibrated By:  04/27/2025
BRIAN BAYER Service Technician

Reviewed/Approved By:  04/27/2025
Technical Manager/Deputy

This report certifies that all calibration equipment used in the test is traceable to NIST or other NMI, and applies only to the unit identified under equipment above. This report must not be reproduced except in its entirety without the written approval of TSI Incorporated.

98-393 Rev. B

An ISO 9001 Registered Company
ISO 17025 Accredited Calibration Laboratory



Fuente: (I2SOLUTIONS CÍA. LTDA., 2024)

ANEXO F

Operador de retroexcavadora #1



Fuente: Autores

ANEXO G

Operador de trituradora Pincopaz S.A.



Fuente: Autores

ANEXO H

Operador de volqueta



Fuente: Autores

ANEXO I

Operadora de retroexcavadora #2



Fuente: Autores