

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**MEDICIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE CONTROL DE RUIDO MEDIANTE  
LA SELECCIÓN DE PROTECTORES AUDITIVOS EN LA COMPAÑÍA MINERA**

**CASAPALCA S.A.**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. EUDES ANGEL CUEVAS CONDORI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO, PERÚ**

**2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Medición, evaluación y propuesta de control de ruido mediante la selección de protectores  
auditivos en la Compañía Minera Casapalca S.A.

**PRESENTADO POR:**

Bach. Eudes Angel Cuevas Condori

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO DE MINAS

**APROBADO POR:**

**PRESIDENTE:**

Msc. Mario Serafin Cuentas Alvarado

**PRIMER MIEMBRO:**

Ing. Owal Alfredo Velasquez Viza

**SEGUNDO MIEMBRO:**

M.Sc. Fidel Huisa Mamani

**Área : Seguridad y Salud Ocupacional.**

**Tema : Ingeniería de minas**

Fecha de sustentación: 29 de octubre del 2019.

## **DEDICATORIA**

*A mi hija Mayra Christel Cuevas Quispe.*

*A la memoria de mi padre Pedro Nolasco Cuevas Huarancca.*

*A mi Madre María Rosa Condori Vargas.*

*A mi esposa Miriam Yanteth Quispe Flores.*

*A todos ustedes es una satisfacción y un orgullo dedicarles este presente trabajo con alegría, entusiasmo personal y profesional, todas las horas invertidas en este trabajo de investigación, que no es más el reconocimiento del gran aprecio y cariño que tengo por todos ustedes.*

## AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida. Por todas las experiencias ya que sin ellas no hubiera sido posible este trabajo.

A mi Madre Rosa, por todo el esfuerzo que realizó para educarme, inculcándome valores y mucha fuerza para afrontar el día a día.

A mi hermosa esposa Miriam, quien supo soportar mi ausencia ya sea por trabajo o estudio y aun así supo brindarme todo su apoyo incondicional.

A la familia Quispe Flores, por todo el apoyo brindado durante todo el proceso de esta investigación.

A la Compañía Minera Casapalca S.A. por brindarme el apoyo continuo en la obtención de estos resultados.

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, mi Alma Mater que me tuvo en sus aulas durante todo el proceso de mi formación profesional.

**ÍNDICE**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

Resumen.....	9
Palabras Clave: .....	9
I. Introducción .....	10
II. Materiales y métodos .....	19
III. Resultados .....	20
IV. Discusiones .....	21
V. Conclusiones .....	21
Referencias .....	22

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Curvas de ponderación correspondiente a los filtros A, B, C Y D .....	14
Figura 2. Modelos de equipos auditivos.....	15
Figura 3. Partes de orejera auditiva. ....	16
Figura 4. Resultados extraídos del software.....	19
Figura 5. Niveles de ruido obtenidos de los monitoreos, en los diferentes GES .....	21

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Riesgo de pérdida de la audición de personas expuestas al ruido (continuo) durante 8 horas de trabajo, en % .....	12
Tabla 2. Características de los EPA .....	17
Tabla 3. Niveles de ruido .....	19

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

Acrónimo 1 GES (Grupo de Exposición Similar).....	9
Acrónimo 2 EPA (Equipo de Protección Auditivo).....	9
Acrónimo 3 OMS (Organismo Mundial de la Salud).....	10
Acrónimo 4 NIOSH (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional) .....	10
Acrónimo 5 OPS (Organización Panamericana de la Salud).....	10
Acrónimo 6 MIEM (Ministerio de Industria, Energía y Minería).....	10
Acrónimo 7 OIT (Organización Internacional de Trabajo).....	10
Acrónimo 8 OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) .....	10
Acrónimo 9 HSNL (Hipoacusia Sensorineural Laboral) .....	13
Acrónimo 10 ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares).....	16
Acrónimo 11 LMP (Límite Máximo Permisible).....	20

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



Eudes Angel Cuevas-Condori <https://orcid.org/0000-0002-4248-8038>

[eudescuevasc@gmail.com](mailto:eudescuevasc@gmail.com), Cel. 973254963

## **Medición, evaluación y propuesta de control del ruido mediante la selección de protectores auditivos en la Compañía Minera Casapalca S.A.**

### **Resumen.**

El monitoreo de ruido efectuado en la Compañía Minera Casapalca S.A. tuvo como objetivo establecer la relación entre el nivel de ruido monitoreado y la selección del protector auditivo donde se aplicó una metodología de mediciones directa de ruido siguiendo los lineamientos establecidos en la Guía N° 1 del DS 024 - 2016 - EM y su modificatoria - DS 023 - 2017 - EM Reglamento de Seguridad y salud Ocupacional en Minería, con la finalidad de conocer el nivel de ruido en decibeles en la escala de ponderación A, presente en las áreas de trabajo los cuales se agruparon mediante la conformación de grupos de exposición similar (GES). El monitoreo de ruido se realizó con el dosímetro de clase II por un periodo mínimo del 70% de sus horas efectivas de trabajo, el cual brinda un resultado óptimo para la correcta selección del protector auditivo teniendo como resultado que pese al uso de la protección auditiva (tapones auditivos) el nivel de ruido no es atenuado hasta los LMP, por tal motivo se optó por una doble protección auditiva; así como también que el nivel de ruido es diferente en cada GES, por ello la entrega de equipo de protección auditiva (EPA) deberá ser acorde del nivel de ruido y la ficha técnica de cada EPA.

La investigación se realizó con la finalidad brindar el EPA adecuados para cada GES según el nivel de ruido monitoreado y así minimizar el riesgo de exposición a ruido.

**Palabras Clave:** Equipo de Protección Auditiva (EPA), ruido, grupo de exposición similar (GES), minería subterránea, dosímetro de ruido.

## **Measurement, evaluation and proposal of noise control through the selection of hearing protectors in Compañía Minera Casapalca S.A.**

### **Abstract**

The noise monitoring carried out at Compañía Minera Casapalca S.A. The objective was to establish the relationship between the level of monitored noise and the selection of the hearing protector where a direct noise measurement methodology was applied following the guidelines established in Guide No. 1 of DS 024 - 2016 - EM and its modification - DS 023 - 2017 - EM Occupational Health and Safety Regulation in Mining, with the purpose of knowing the noise level in decibels on the weighting scale A, present in the work areas which were grouped by forming similar exposure groups (GES). The noise monitoring was carried out with the class II dosimeter for a minimum period of 70% of its effective working hours, which provides an optimal result for the correct selection of the hearing protector, resulting in the fact that despite the use of hearing protection (earplugs) the noise level is not attenuated until the LMP, for this reason a double hearing protection was chosen; as well as that the noise level is different in each GES, therefore the delivery of hearing protection equipment (EPA) must be in accordance with the noise level and the technical data sheet of each EPA.

The investigation was carried out with the purpose of providing adequate EPA for each GES according to the level of noise monitored and thus minimizing the risk of exposure to noise.

Keywords: Hearing Protection Equipment (EPA), noise, similar exposure group (GES), underground mining, noise dosimeter.

## I. Introducción

Ricardo Alonzo Amado-Pérez,(2018) “Según la OIT Organización Internacional de Trabajo, se presentan cerca de 2 millones de muertes a nivel mundial derivadas de las enfermedades ocupacionales debido a las condiciones sub estándar en las cuales laboran los trabajadores, muchas de estas condiciones inseguras generan enfermedades ocupacionales, esto se da, ya que, los trabajadores pasan expuestos por largos periodos a los agentes físicos que se encuentran en su mayoría superando los límites permitidos en la normativa vigente nacional, uno de estos agentes físicos es el ruido ocupacional el cual está presente en el área operativa de la empresa en cuestión.

El OMS Organismo Mundial de la Salud nos da a conocer que en América Latina las enfermedades ocupacionales alcanzan el porcentaje de 1 a 5% siendo frecuentes las enfermedades musculo esqueléticas, respiratorias, enfermedades circulatorias y auditivas.

La NIOSH Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional establece que aproximadamente 22 millones de trabajadores en Estados Unidos están expuestos a altos niveles de ruido que podrían a la larga afectar la capacidad auditiva de los trabajadores.

La OPS Organización Panamericana de la Salud nos indica que en América Latina se identificó la presencia de enfermedades auditivas en 17% de trabajadores que desarrollaron actividades en jornadas de 8 horas, concluyendo así que este riesgo físico en un causal que menoscaba la calidad de vida de los trabajadores.

Jaime Eder Chambi-Quispe (2018) “En nuestro país, a pesar de todos los intentos no se ha podido controlar el factor de pérdida auditiva, ya que, el ministerio de industria, energía y minería (MINEM) publicó en sus estadísticas del 2016 que la hipoacusia auditiva se presenta con mayor índice de frecuencia en los trabajadores.”

Las organizaciones nacionales e internacionales tales como la OIT Organización Internacional de Trabajo, OMS Organización Mundial de la Salud, OSHA Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional, etc, indican que la seguridad y salud ocupacional, la prevención de lesiones y enfermedades ocupacionales debe ser la prioridad del estado y una obligación del empleador. El cumplimiento por parte del empleador se demuestra con los compromisos visibles asumidos mediante la declaración de la política de seguridad y salud ocupacional y la asignación de recursos para todas las

*labores preventivas sugeridas y su implementación en el orden jerárquico descrito en el artículo 96 del DS 024 – 2016 EM los cuales son eliminación, sustitución, controles de ingeniería, controles administrativos, señalización y EPP.”*

Kevin Edison Fuentes-Paz, (2018) *“EL ruido es un contaminante físico y un sonido indeseable que puede ser incómodo para el ser humano. Además, este ruido puede definirse como un sonido de gran intensidad capaz de ocasionar daños a las personas y/o generar interferencia en el proceso de comunicación.”*

Daniel Alejandro Vaca-Cañas,(2015)*“El ruido es el agente físico más común en el ámbito laboral y produce una serie de trastornos psíquicos...”*

Kevin Edison Fuentes-Paz,(2018) *“...Entre los efectos de la exposición al ruido elevado está el estrés, falta de sueño y falta de concentración en alguna determinada tarea, lo cual genera riesgos tanto físicos como psicológicos en las personas (Martínez M. , 1995). Ya la exposición continua a ruidos elevados puede causar la pérdida auditiva, la cual en muchos casos es irreversible, ya que se causa daño en las células ciliadas cocleares del interior del oído (Azizi, 2010).”*

Kevin Edison Fuentes-Paz, (2018) *“La pérdida auditiva puede ser parcial o total y su gravedad depende del tiempo de exposición y la intensidad del ruido.”*

Yesid Castro-Duque, Richard Monroy-Sepulveada (2012) *“El ruido en el ambiente subterráneo. En la industria minera se generan altos niveles de ruido. El ruido puede causar daño temporal o permanente al sistema auditivo de los trabajadores. En comparación con el ruido generado en otras industrias (aeroportuaria, cementera, forestal y otras), los niveles de ruido generados en minería solo se pueden equiparar con los generados por los motores de los Jets en los aeropuertos. (Sensogut y Cinar 2007). A mayor grado de mecanización en las minas, mas altos son los niveles de ruido. El ruido se produce durante las diferentes operaciones: perforación y voladura, arranque, cargue y transporte. (Sensogut and Cinar 2007).”*

En compañía Minera Casapalca S.A. realiza actividades de operaciones mineras subterráneas el cual está ubicado en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, región Lima. “Geográficamente se encuentra en la zona central, flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes Peruanos, a una altura media de 4 400 msnm, entre las coordenadas: 11° 31 Latitud Sur y 76° 11 Latitud Oeste. (Alex Cervantes-Macha, 2018).

Históricamente no se contaba con monitoreos ocupacionales por tal motivo, la selección de un EPA acorde al nivel de ruido de cada puesto de trabajo era deficiente.

La exposición a ruido es general para toda persona que ingresa a mina, ya sea en un nivel de ruido elevado o bajo.

Yesid Castro-Duque, Richard Monroy-Sepulveada (2012) *“Efectos del ruido. El impacto sonoro es una contaminación ambiental a través de la energía mecánica o acústica, que tiene reflejos en todo el organismo y no solo en el aparato auditivo. (Navarro, 2002). Los trabajadores expuestos al ruido pueden sufrir complicaciones nerviosas, falta de sueño y fatiga. La Mine Safety and Health Administration MSHA, tiene estadísticas entre los años 2000 y 2005 que muestran que los operadores de máquinas y equipos mineros están expuestos a dosis de ruido que superan el 100%. La pérdida de audición es considerada una enfermedad incapacitante, que afectó al 11% de los trabajadores de Estados Unidos (U.S.Department of Labor, 2006; Kovalchik et al. 2008). En la figura 1, se ilustra los efectos provocados por las ondas sonoras en el organismo humano, estas al penetrar el oído, se distribuyen en los lóbulos cerebrales hasta llegar al sistema nervioso central; después, siguen a lo largo de la médula y se distribuyen para los órganos manifestándose los efectos nocivos de varias formas, que afectan las descargas hormonales, la perdida de la audición principalmente cuando la intensidad es elevada (Navarro, 2002).”*

Alberto Simarro-Cemborain,(2015) *“Cuando una persona está sometida al ruido puede sufrir una serie de reacciones de forma inmediata. Entre estas están: la dilatación de las pupilas, la contratación de los músculos,*

*sobre todo los del cuello y espalda, taquicardias, movimiento acelerado de los parpados que se cierran una y otra vez, agitación respiratoria y disminución de la secreción gástrica que dificulta la gestión, menor irrigación sanguínea y mayor actividad muscular.”*

Yesid Castro-Duque, Richard Monroy-Sepulveada

(2012) *“El riesgo de sordez permanente varía de acuerdo con la intensidad y la duración de la exposición como fue demostrado por el estudio realizado por la International Standard Organization ISO 1999 (Tabla 1).*

Tabla 1. Riesgo de pérdida de la audición de personas expuestas al ruido (continuo) durante 8 horas de trabajo, en %.”

Laeq,8h (dB)	Tiempo de exposición al ruido (años)						
	2	5	10	20	30	40	45
"Normal"	1	2	3	7	14	32	50
85	1	3	6	13	22	42	57
90	3	7	12	23	32	54	65
95	4	10	20	35	45	61	72
100	5	14	31	49	58	74	82
105	8	20	45	65	77	87	91
110	10	28	58	85	91	95	95

Fuente: ISO 1999

Yesid Castro-Duque, Richard Monroy-Sepulveada (2012) *“Particularidades del ruido subterráneo. En las obras subterráneas la propagación de las ondas del ruido se dividen en dos componentes:*

*Ondas directas y ondas reflejadas...*” La exposición al ruido puede plantear diversos riesgos para la seguridad y sobre todo para la salud ocupacional de los trabajadores. Por tal motivo se efectúa monitoreos ocupacionales para conocer el nivel de ruido presente en las áreas de trabajo, dichos monitoreos se realizaron en la ponderación A del dosímetro con fines de que el resultado sea equivalente con el oído humano; los puestos de trabajo se agruparon mediante la conformación de grupos de exposición similar (GES).

Para una mayor comprensión de las definiciones asociadas en lo anterior escrito se definirá lo siguiente:

Patricio Martin-Martin, (2014) “a. *Hipoacusia Sensorineural Laboral (HSNL)*

*La sordera o hipoacusia es la disminución de la capacidad auditiva por encima de los límites definidos como normales, mientras que la hipoacusia sensorineural producto de la exposición ocupacional prolongada a elevados niveles de ruido es aquella que genera un trauma acústico crónico generando un compromiso predominantemente sensorial por la lesión de las células ciliadas externas, aunque también se han encontrado casos de lesiones en las células ciliadas internas y en la fibras del nervio auditivo [PREXOR, 2011].*

*b. Jornada Efectiva*

*Corresponde al tiempo diario de una jornada laboral, durante el cual el trabajador se encuentra efectivamente expuesto a niveles de*

*ruido superiores a 80 dB(A). c. Ciclo de Trabajo*

*El ciclo de trabajo corresponde a una secuencia o agrupación de tareas y operaciones con y sin ruido que presentan características similares. Estas actividades se repiten de manera consecutiva y conforman un proceso que se repite en el tiempo.*

*Un ciclo de trabajo puede durar minutos u horas, y se puede repetir por lo menos dos veces durante una jornada laboral. d. Matriz de Riesgo*

*La Matriz de Riesgo se realiza para identificar los riesgos y la evaluación de la exposición ocupacional a ruido.*

*Esta matriz debe incluir la clasificación lo siguiente:*

- *Grupos de Exposición Similar (“GES”).*
- *Tiempos de Exposición.*
- *Fuentes de Ruido que influyen en los puestos de trabajo.*

*e. Grupos de Exposición Similar, GES*

*Se denominan GES a un conjunto de trabajadores que efectúan los mismos ciclos de trabajo. Es decir, son trabajadores que realizan tareas similares y/o recorridos, en períodos de tiempo similares y en sectores comunes, por lo que están expuestos a niveles de ruido similares.*

*Cuando se identifican los GES, las mediciones de dosis de ruido son efectuadas a un solo*

trabajador del grupo identificado, simplificando el número de las mediciones y el tiempo dedicado a las evaluaciones.

f. Criterio de Acción

Corresponde al valor límite de exposición a ruido, el cual al ser excedido implicará la inmediata implementación de medidas técnicas y/o constructivas para disminuir la exposición ocupacional de los trabajadores.

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente

El nivel de presión sonora continuo equivalente (NPSeq o Leq) corresponde al parámetro que mide la cantidad de energía fluctuante de un sonido. Está definido como el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en un determinado intervalo de tiempo, contiene la misma energía total (o dosis) que el ruido medido.

Ponderación A

Las curvas de ponderación intentan considerar la sensibilidad del oído humano, ya que esta es altamente dependiente de la frecuencia. A nivel internacional, está establecido y aceptado utilizar el nivel de presión sonora ponderado A, pues este toma en consideración, en cierta medida, la sensibilidad que presenta el oído humano. El dBA se obtiene al emplear un filtro A, cuya respuesta en frecuencia está representada en la Figura 1.

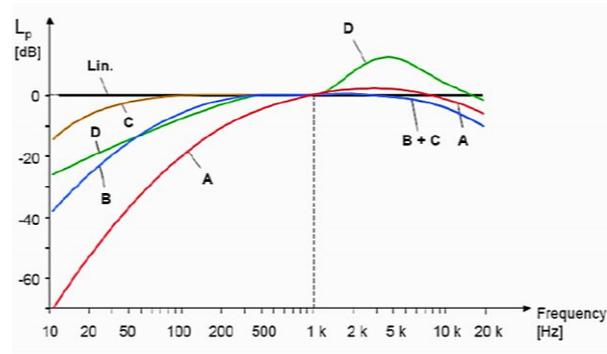


Figura 1. Curvas de ponderación

correspondiente a los filtros A, B, C Y D

Fuente: Patricio Martin-Martin, (2014) “a. Hipoacusia Sensorioneural Laboral (HSNL)

En casos excepcionales, se emplean otras ponderaciones (B, C o D), como en mediciones de ruido de aviones, etc. Por ejemplo, para realizar mediciones de ruido impulsivo se utiliza la ponderación C.”

Entendido la problemática y la importancia de realizar los monitoreos ocupacionales con fines de obtener el nivel de ruido equivalente de la jornada laboral representativa y a si brindar EPA adecuados para evitar futuras enfermedades ocupacionales; se debe conocer el concepto de equipos de protección auditiva.

Kevin Edison Fuentes-Paz,(2018) “EQUIPOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA

Los Protectores Auditivos son todos los equipos que se usan para disminuir o mitigar el ruido elevado, de modo que este no cause daños en la salud (Flores & García, 2016). Estos protectores auditivos deben ser utilizados principalmente cuando el ruido supera los 85 dB y su uso es obligatorio en actividades laborales normadas por la

legislación correspondiente (D.S. N° 023-2017EM, 2017).

La no utilización de estos equipos puede producir daños irreversibles y que a veces solo se observan a largo plazo, siendo este uno de los motivos por el cual el trabajador no se percata que requiere por su bienestar dicho uso (Flores & García, 2016).

Ya un examen de audiometría podrá determinar el estado en que se encuentra la salud auditiva, siendo este examen un factor a considerar para tomar las medidas preventivas y/o correctivas necesarias, en especial en los ambientes laborales donde la protección de los trabajadores también es responsabilidad de la empresa (Adifon, 2015) (Flores & García, 2016).

Algunos de los tipos de protectores auditivos más utilizados y comercializados son: Tapones Auditivos, los cuales pueden ser pre-moldeados, moldeables y semi-insertos; Orejeras, también llamados de protectores de copa o auriculares, las cuales pueden estar integradas a un casco. También se debe indicar que los tapones auditivos pueden ser descartables y reutilizables. Ya en la Figura 3 se presentan estos tipos de equipos de protección auditiva.



Figura 2. Modelos de equipos auditivos.

Fuente: Concremax, 2015.

### Tapones Auditivos

Pertenecen a la categoría II de la clasificación de los equipos de protección individual y tienen por finalidad minimizar o reducir los efectos del ruido en la audición para evitar daños en el oído (Arocutipá, Calle, & Suga, 2014).

Su efectividad depende de su utilización correcta durante todo el periodo que se presenta el ruido. Por ello, debemos considerar una buena selección del protector auditivo debe tener en cuenta las condiciones de trabajo, la evaluación de riesgos y el nivel de atenuación que se requiere (Arocutipá, Calle, & Suga, 2014).

En la presente investigación se están utilizando Tapones desechables 3M 90580 y Tapones reutilizables 3M 1110, los cuales presentan las siguientes características y modos de utilización (3M, 2014) (Arocutipá, Calle, & Suga, 2014):

- Son contruidos de espuma suaves que se ajustan a la forma de cada oreja, que permiten una mejor protección para los oídos;

- *Presentan una superficie lisa y resistente a la suciedad, proporcionando medidas de higiene;*
- *Se produce en una amplia gama de tamaños, lo que permite una mayor comodidad con respecto al conducto auditivo;*
- *Poseen una atenuación promedio de 29 dB;*
- *La utilización correcta consiste en enrollar y comprimir los tapones auditivos, además la inserción del tapón se debe dar hasta que todas las barreras estén bien adentro del canal.*

#### Orejas Auditivas

*Las orejas auditivas están formadas por un arnés de metal o de plástico que sujeta dos casquetes. Este dispositivo cierra por completo el pabellón auditivo externo y se ajusta a la cabeza por medio de las almohadilla de espuma plástica que recubren los casquetes o copas (Laboral, 2015), (EPPI, 2013).*

*Los casquetes, el tipo de almohadillas y la tensión del arnés son los factores que nos dan la eficiencia de atenuación de las orejas. Por lo general las orejas proporcionan una atenuación aproximadamente entre 23 y 18 dB (Laboral, 2015).*



Figura 3. Partes de oreja auditiva.

Fuente: Previpedia, 2017

*Entre otras características relevantes para el uso de orejas son (3M, 2014):*

- *La oreja no conductiva puede montarse en un casco de seguridad;*
- *El arco de las copas permite inclinar y sujetar las copas en los oídos para mayor comodidad y mayor desempeño del equipo;*
- *Las almohadillas y su tipo de espuma permiten un mejor sellado.*

*Ya en el trabajo de investigación elaborado por Elliot H. Berger (Berger E. , 1993) se relata que hasta 1992 se habían realizado unos 20 estudios que proporcionan mediciones de atenuación en equipos de protección auditiva, dichos estudios abarcaban más de 80 industrias en siete países. Los EPA evaluados están agrupados en dos categorías: tapones y orejas. Estos tipos de EPA fueron seleccionados para tener un tamaño mínimo de muestra*

*Según Berger las especificaciones de tipo ANSI Instituto Nacional Estadounidense de Estándares S3.19/ S12.6 son solo valores*

estandarizados que regulan a los fabricantes y que determinan actualmente con fines informativos (Berger E. , 1993). Por ello, Berger condujo una serie de experimentos para probar que es necesario una corrección o determinar un factor de error con respecto al valor NRR Nivel de Reducción de Ruido especificado en los equipos. Los experimentos realizados por Berger correspondieron a la magnitud del NRR tanto en laboratorio cuanto en campo. En las pruebas de campo los tapones alcanzaron de 6% a 52% de los valores de NRR especificados y para orejeras los valores observados eran de 33% a 74% de eficiencia (Berger E. , 1993).

OSHA en el apéndice B de la conservación de audición declara explícitamente que la adecuación de un EPA para determinado ruido se calcula utilizando el NRR especificado por los fabricantes. Además de la investigación de (Berger E. , 1993), otras investigaciones más actuales (Balderrama, 2004), (Niquette, 2007), (Elish, 2010), (3M, 2015) indican que por la diversidad de escenarios en campo, los experimentos realizados muestran que el valor del NRR especificado no alcanza los valores de protección registrados. Ya la fabricante 3M (3M, 2015) indica que para tener una mayor precisión respecto al ruido que esta expuesto un trabajador y para determinar con mayor eficiencia la protección a utilizar, recomiendan la evaluación de dicho ruido laboral de forma práctica en campo.”

En compañía Minera Casapalca S.A. se cuenta con los siguientes EPA:

Tabla 2. Características de los EPA

DESCRIPCIÓN	MARCA	FOTO
Orejeras adaptables a casco ala ancha, 26 dB de protección, compatible con sistema EarFit para validación de protección personal, almohadillas intercambiables.	Marca 3MX4P51E	
Orejeras adaptables a casco jockey, 25 dB de protección, compatible con sistema EarFit para validación de protección personalizada, almohadillas intercambiables.	Marca 3MX4P3E	
Orejeras adaptables a casco jockey, 27 dB de protección, compatible con sistema EarFit para validación de protección personalizada, almohadillas intercambiables, para niveles de sonido de hasta 105dBA.	Marca 3MX4P51E	

Fabricado en PVC  
siliconado  
hipoalergénico,  
textura suave y  
blanda, para permitir  
su inserción en el  
canal auditivo. NRR:  
26dB. Certificación  
ANSI s3 19 1974

LIBUS



Fuente: El autor.

Susan Claudia Rojas-Velarde, Cinthya SanchezCornejo(2015) “...Los niveles de ruido emitidos por la maquinaria sobrepasan los admitidos por las normas establecidas en el país, por lo que los trabajadores están expuestos a riesgos profesionales bastante altos: su sistema auditivo puede estar afectado y tener daños irremediables y el taladro neumático es sin duda alguna una de las máquinas más ruidosas que se pueden encontrar en el ambiente laboral de construcción: sobrepasa en algunas frecuencias los 101dB; lastimosamente su uso es indispensable para algunos procesos, por lo que es muy común encontrarla en cualquier proyecto civil: carreteras, edificaciones, estructuras, etc. Por lo que el nivel académico de los trabajadores es bastante bajo, siendo ellos quienes más tiempo están expuestos a niveles elevados de ruido por su oficio o por su ambiente de trabajo. Al mismo tiempo, su salario es el más bajo dentro de los trabajadores de la empresa.(13)

BELLIDO H., JUSTO H. Trauma Acústico en trabajadores del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irogoyen. Rev SciELO. 2010, Lima. 2 Vol. 1\_32. La Agencia para la Salud y Seguridad de los trabajadores en EEUU conocida por las siglas O.S.H.A, declara que cualquier empleado que es expuesto a un promedio de 85 dB(A) durante un período de 8 horas debe tener que trabajar bajo un programa de conservación del oído. En los resultados obtenidos en relación a las secciones de Carpintería y Metal mecánica, con los ambientes donde existen mayor número de máquinas y equipos generadores de ruido que sobrepasan los 90 dB(A) considerado como ruidos nocivos. En las secciones de lavandería solo el área donde están las compresoras sobrepasan el límite máximo permisible (85 dB(A)). Los síntomas que presentaron los trabajadores con exposición al ruido fueron algiacusia, hipoacusia y tinnitus que coincide con muchos estudios revisados. (18)”

Maria Alejandra Urday-Pareja,(2017) “Es por estas razones, que es importante crear una cultura de prevención del daño auditivo por ruido en todo tipo de empresas a través de la medición de ruido y del uso de los equipos de protección personal adecuados según el nivel de ruido al que están expuestos los trabajadores, para lo cual es vital concientizar los cuidados de su audición tanto en el ambiente laboral como extralaboral.

El presente estudio se centra en medir el nivel de ruido en ponderación A de los diferentes GES establecidos en compañía Minera Casapalca S.A. con la finalidad de proporcionar el EPA acorde al nivel de ruido.

**II. Materiales y métodos**

El monitoreo de ruido se realizó en la compañía Minera Casapalca S.A. en las zonas de Cuerpos Mery, vetas Oroya, vetas Esperanza, Eloyda y planta concentradora, basándose en el monitoreo de ruido de algunos GES, los resultados (nivel de ruido) de dicho monitoreo nos ayudaron a la selección de EPA.

El equipo de medición es un dosímetro de ruido marca Svantek, modelo SV104 tipo II de acuerdo a la IEC61252, a su vez se cuenta con el calibrador acústico marca Svantek modelo SV35A, en campo se procede a verificar los parámetros de Fecha y hora actual, sincronizándolo con el de la computadora. A si también se procede a calibrar el quipo colocando el micrófono del dosímetro en la abertura del calibrador el cual produce un tono puro a un nivel de sonido dado (usualmente 114 dBA). El dosímetro deberá leer la intensidad de sonido emitida por el calibrador con una variación máxima de  $\pm 1$  dB. El equipo se programó con la escala “A”, respuesta lenta “slow” y la tasa de cambio se puso en 3 dB.

El monitoreo de ruido se realizó aplicando los lineamientos establecidos en la Guía N° 1 del DS 024 - 2016 - EM y su modificatoria - DS

023 - 2017 - EM Reglamento de Seguridad y salud Ocupacional en Minería.

Concluido el monitoreo se descargó la base de datos del dosímetro con la ayuda del software Supervisor de la marca SVANTEK. El cual ya nos brinda el resultado ya ponderado por todo el tiempo de uso del dosímetro.

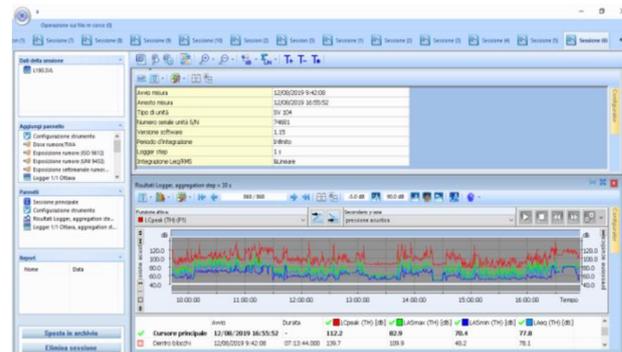


Figura 4. Resultados extraídos del software. Fuente: Software Supervisor.

Dichos resultados se validan con la ayuda de la tabla del anexo 12 del DS 024 - 2016 - EM y su modificatoria - DS 023 - 2017 - EM Reglamento de Seguridad y salud Ocupacional en Minería.

Tabla 3. Niveles de ruido

Nivel de ruido en la Escala de ponderación "A"	Tiempo de Exposición Máximo en una jornada laboral
82 decibeles	16 horas/día
83 decibeles	12 horas/día
85 decibeles	8 horas/día
88 decibeles	4 horas/día
91 decibeles	1 1/2 horas/día
94 decibeles	1 horas/día

97 decibeles                      1/2 horas/día

100 decibeles                    1/4 hora/día

Fuente: Guía N° 1 del DS 024 - 2016 - EM y su modificatoria - DS 023 - 2017 - EM Reglamento de Seguridad y salud Ocupacional en Minería

Ya contando con resultados se procede aplicar la fórmula de la OSHA sección III capítulo 5 – apéndice E, con la finalidad de obtener el verdadero valor de atenuación de ruido de los EPA:

- Para un solo protector auditivo:  

$$NRR(f) = (NRR(\text{protector auditivo}) - 7) / 2$$
- Para doble protección auditiva:  

$$NRR(f) = (NRR(\text{protector auditivo}) - 7) / 2 + 5$$
- El NRR del mayor valor de atenuación de los EPA.

En ese contexto para verificar la atenuación real de ruido del EPA se procede a usar el equipo E-A Rfit el cual es un sistema objetivo y cuantitativo de pruebas de atenuación del protector auditivo. (Kevin Edison Fuentes-Paz, 2018)

Kevin Edison Fuentes-Paz, (2018) El sistema de validación E-A-Rfit incluye como componentes: Altavoz y soporte, micrófonos de elemento dual, cable USB, cable de alimentación, modelo de rollo. Este sistema posee un software que permite procesar las informaciones colectadas. Ya la aplicación de

este método se basa en los siguientes pasos (3M, 2018):

- ✓ Paso 1: En este paso el colaborador se coloca los tapones y/o orejeras de manera correcta tomando las medidas necesarias para su uso correcto;
- ✓ Paso 2: Se conecta el micrófono del sistema se conecta por dentro de los equipos de protección;
- ✓ Paso 3: Se realizan las pruebas de rango personal de atenuación. Los datos colectados son procesados por algoritmos propietarios de la solución para brindar un rango personal de atenuación y variabilidad de ajuste.

### III. Resultados

En la figura 5 se presenta los resultados de los monitoreos de ruido, evidenciando así que los niveles de ruido son diferentes para cada GES, por ello la entrega de EPA deberá ser acorde del nivel de ruido y la ficha técnica de cada EPA.

Además con la entrega de EPA específico según el nivel de ruido se genera un ahorro económico a la empresa ya que este no hará entrega a todo el personal el mismo EPA.

Ricardo Alonso Amado-Pérez, Ingrid Fabiola Paja-Vilca(2019) *“Determinamos que la presencia de ruido ocupacional sobrepasa los LMP Limite Máximo Permisible por la norma, lo cual, genera un riesgo considerable para los trabajadores exponiéndolos a la presencia*

de traumas acústicos y enfermedades ocupacionales como hipoacusia.

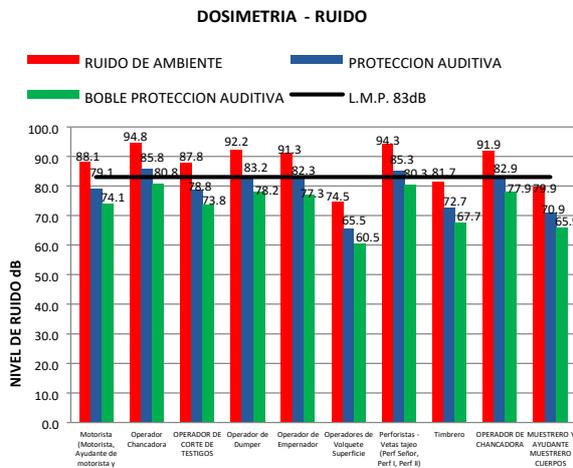


Figura 5. Niveles de ruido obtenidos de los monitoreos, en los diferentes GES.

Fuente: El autor.

#### IV. Discusiones

En la figura 5 se evidencia que cada GES cuenta con su propio nivel de ruido el cual es atenuado con la correcta selección del EPA acorde a los dB obtenidos en campo. Se encuentran excepciones como es el GES de los operadores de volquete superficie los cuales no presentan niveles de ruidos elevados.

En el caso de los GES operador de chancadora es necesario una orejera con el NRR de 27dB. En cuanto a los demás GES se evidencia que el NRR de la orejera X4P51E son suficiente para atenuar el ruido.

Adicional a eso, para garantizar la atenuación del ruido monitoreado en campo, se usó el earfit en los GES monitoreados el cual ayuda a la sensibilización del uso correcto de los

protectores auditivos, ya que se visualiza el nivel de atenuación de los EPA a tiempo real. Entonces la atenuación del ruido tiende a ser dependiente del uso correcto de EPA por parte de los colaboradores, este punto es una debilidad ya que pese al estudio realizado y el conocimiento de las consecuencias de no usar correctamente el EPA, aún no se tiene una cultura de uso obligatorio de EPA, por lo que se tiene que generar capacitaciones en toda la Unidad Minera con usos del Earfit ya que esto ayudara a una mejor sensibilización. Con el fin de darle a conocer que el uso correcto del EPA previene los daños a la salud auditiva de los colaboradores.

#### V. Conclusiones

El estudio de la investigación se realizó con la finalidad de brindar el EPA adecuado para cada GES según el nivel de ruido monitoreado y así minimizar el riesgo de exposición a ruido. Es claro que existen niveles de ruido que no son atenuados con el solo uso de los tapones auditivos, en el cual es necesaria la doble protección auditiva.

El ruido como contaminante sonoro es uno de los más perjudiciales y comunes en ambientes mineros y como se pudo enunciar genera una serie de problemas a la salud de los trabajadores. Uno de los principales problemas es la hipoacusia sensorioneural que provoca serios problemas en la calidad de vida de las personas afectadas. Por lo cual, es fundamental realizar investigaciones para mitigar el ruido

que generan las máquinas y equipos en el ámbito minero.

Además surge la importancia de la ampliación de los GES, ya que estos agrupan de manera eficiente a las áreas con riesgos similares y así aplicar una medida de control el cual será replicado en todos los colaboradores inmersos en la actividad evaluada. Por lo tanto, la identificación de estos GES en la matriz de riesgo es fundamental para realizar una adecuada evaluación.

### Referencias

- Alberto-Simarro, C. (2015). *Metodología para la evaluación del impacto del ruido ambiental producido por maquinaria de minería a cielo abierto* (Escuela técnica superior de Ingenieros de Minas). Retrieved from [http://oa.upm.es/36422/1/PFC\\_Alberto\\_Simarro\\_Cemborain.pdf](http://oa.upm.es/36422/1/PFC_Alberto_Simarro_Cemborain.pdf)
- Amado-Perez, R. A., & Paja-Vilca, I. F. (2019). *Medición, evaluación y propuesta de control del ruido ocupacional presente en el área operativa de la empresa Dona servicios y transportes E.I.R.L. Arequipa – 2018* (Universidad Tecnológica del Perú). Retrieved from <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/1935>
- Cervantes-Machaca, A. (2018). *Influencia de pérdidas en perforación y voladura en el nivel 16 de la veta Esperanza de Compañía Minera Casapalca S.A.* (Universidad Nacional del Centro del Perú). Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4986>
- Chambi-Quispe, J. E. (2018). *Evaluación de riesgos disergonómicos durante trabajos de perforación en minería subterránea* (Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa). Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7788/AMMchqujee.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Fuentes-Paz, K. E. (2018). *Modelo de evaluación de atenuación de ruido en equipos de protección auditiva* (Universidad Tecnológica del Perú). Retrieved from [http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/1144/1/Kevin\\_Fuentes\\_Trabajo\\_de\\_Investigacion\\_Bachillerato\\_2018.pdf](http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/1144/1/Kevin_Fuentes_Trabajo_de_Investigacion_Bachillerato_2018.pdf)
- Martin-Martin, P. (2014). *Evaluación de la exposición a ruido de los trabajadores de la planta Louisiana Pacific Chile. análisis y propuestas de medidas de control de ruido* (Universidad Austral de Chile). Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcim383e/doc/bmfcim383e.pdf>
- Rojas-Velarde, Susan Claudia y Sanchez Cornejo, C. (2015). *Hipoacusia inducida por ruido en trabajadores de construcción civil de la constructora Inarco del centro comercial Real Plaza*

*Huancayo\_2015* (Universidad Nacional del Centro del Perú). Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3959/RojasVelarde.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Urday-Pareja, M. A. (2017). *Lesiones auditivas inducidas por ruido encontradas en exámenes ocupacionales realizados en un centro médico de Arequipa 2011 – 2012* (Universidad Católica de Santa María). Retrieved from <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6647>

Vaca-Cañas, D. A. (2015). *Desarrollo de un software para análisis de bandas de octava, que permita calcular los niveles efectivos de presión sonora ponderados A. Aplicado a la selección de protectores auditivos (San Francisco de Quito - Ecuador)*. Retrieved from [http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3901/1/Daniel Alejandro Vaca Cañas.pdf](http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3901/1/Daniel%20Alejandro%20Vaca%20Ca%C3%91as.pdf)

Yesid-Castro, D., & Richard-Monroy, S. (2012). *Evaluación del impacto acústico producido por equipos utilizados en minería subterránea de carbón. Respuestas*, 2(Diciembre), 55–62. <https://doi.org/10.22463/0122820X>.