

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

**EFECTO DEL RUIDO DE LAS PERFORADORAS**

**EN LOS OPERADORES DE LA MINA**

**TOQUEPALA, AÑO 2018**

**TESIS**

Presentada por:

Bach. WILSON HENRY CALLIRE LUPACA

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO DE MINAS**

TACNA - PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

**EFFECTO DEL RUIDO DE LAS PERFORADORAS  
EN LOS OPERADORES DE LA MINA  
TOQUEPALA, AÑO 2018**

Tesis sustentada y aprobada el 18 de Setiembre del 2019; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : .....  
Dr. Julio Miguel Fernández Prado

SECRETARIO : .....  
Dr. Julio Vargas Paniagua

VOCAL : .....  
Dr. Carlos Huisa Ccori

ASESOR : .....  
Dr. Jorge José Segura Dávila

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Hilda y Mario, por sus invaluables apoyos y sacrificios durante mi educación y formación profesional. Y, a mis hermanos Hugo y Carlos porque de ellos seré el ejemplo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Con todo mi aprecio a los docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por sus conocimientos teórico – prácticos que, me permitirán desenvolverme profesionalmente, a mi Asesor, por sus sugerencias y darme la confianza para la sustentación. Y por supuesto, al Dios que me iluminó e iluminará en ésta y otras metas.

Muchas gracias a todos.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción del problema	3
1.1.1. Antecedentes del problema	3
1.1.2. Problemática de la investigación	6
1.2. Formulación del problema	7
1.2.1. Problema principal	7
1.2.2. Problemas específicos	8
1.3. Justificación e importancia de la investigación	8
1.3.1. Justificación	8
1.3.2. Importancia	9

1.4.	Alcances y limitaciones	10
1.4.1.	Alcances	10
1.4.2.	Limitaciones	10
1.5.	Objetivos de la investigación	11
1.5.1.	Objetivo general	11
1.5.2.	Objetivos específicos	11
1.6.	Hipótesis	12
1.6.1.	Hipótesis general	12
1.6.2.	Hipótesis específica	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		
2.1.	Antecedentes del estudio	13
2.2.	Bases teóricas	16
2.2.1.	Perforación	16
2.2.2.	Tipos de perforadoras	18
2.2.3.	Ruido ocupacional	23
2.2.3.1.	Nivel de presión sonora (NPS o Lp)	27
2.2.3.2.	Nivel de potencia del sonido (NPoS)	29
2.2.3.3.	Nivel de ruido equivalente	30
2.2.4.	Efectos del ruido e hipoacusia	32
2.2.5.	Audiometría	36
2.2.6.	Audiogramas de hipoacusia ocupacional	37

2.2.7. La respuesta humana al sonido	38
2.2.8. Mina de Toquepala	39
2.3. Definición de términos	44
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>	
3.1. Tipo y diseño de la investigación	48
3.1.1. Tipo de investigación	48
3.1.2. Diseño de la investigación	48
3.2. Población y muestra	49
3.2.1. Tamaño de población	49
3.2.2. Tamaño de muestra	50
3.3. Operacionalización de variables	51
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos	52
3.4.1. Técnicas e instrumentos	52
3.4.2. Recolección de datos	53
3.5. Procesamiento y análisis de datos	60
3.5.1. Ruido ocupacional de perforadoras	60
3.5.2. Dosis de ruido ocupacional en perforadoras	64
3.5.3. Pérdida auditiva de los operadores	67
3.5.4. Pérdida auditiva de operadores por diversificación	68
3.5.5. Influencia en la salud ocupacional del operador	70

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Resultados	72
4.1.1. Relación de la variable “X1” y “Y”	74
4.1.2. Relación de la variable “X2”, “X3” y “Y”	76
4.1.3. Influencia por diversificación de perforadoras	80
4.1.4. Influencia del efecto del ruido generado por las perforadoras en la salud ocupacional de los operadores	84
4.2. Discusión	87
4.2.1. Resultado de relación en las variables de estudio	87
4.2.2. Resultado por diversificación de perforadoras	89
4.2.3. Resultado de la influencia del efecto del ruido generado por las perforadoras en la salud ocupacional de los operadores	92
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXOS	

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sonidos comunes en función de los NPS y Ps	29
Tabla 2. Potencias de sonidos comunes	30
Tabla 3. Nivel de ruido según tiempo de exposición	32
Tabla 4. Especificaciones de las perforadoras de SPCC	42
Tabla 5. Listado de operadores de perforadoras en la unidad	49
Tabla 6. Listado de las perforadoras de la unidad	50
Tabla 7. Listado muestral por modelos de perforadoras	50
Tabla 8. Operacionalización de variables	51
Tabla 9. Estadísticos descriptivos del ruido ocupacional	60
Tabla 10. Prueba de normalidad “X1”	61
Tabla 11. Prueba de Homogeneidad de Varianzas por diversificación en variable “X1”	63
Tabla 12. Prueba de ANOVA por diversificación en variable “X1”	63
Tabla 13. Prueba de Tukey por diversificación en variable “X1”	63
Tabla 14. Pérdida auditiva de los operadores	68

Tabla 15. Prueba de Homogeneidad de Varianzas por diversificación en variable “Y”	69
Tabla 16. Prueba ANOVA por diversificación en variable “Y”	69
Tabla 17. Prueba de Tukey por diversificación en variable “Y”	69
Tabla 18. Grado de pérdida auditiva	70
Tabla 19. Resumen de los resultados por operador	72
Tabla 20. Resumen de los resultados por perforadora	73
Tabla 21. Resumen de los resultados de operadores	73
Tabla 22. Prueba de Pearson para variables “X1” y “Y”	74
Tabla 23. Prueba de Pearson para variables “X2” y “Y”	76
Tabla 24. Prueba de Pearson para variables “X3” y “Y”	68
Tabla 25. Prueba T-Student por diversificación para la variable “Y”	81
Tabla 26. Resultados muestrales de la variable “Y”	85
Tabla 27. Prueba T-Student por salud ocupacional para la variable “Y”	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disposición de perforadoras rotativas	20
Figura 2. Estructura del trépano tricono	21
Figura 3. Partes de la perforadora rotativa	21
Figura 4. Vías de propagación aérea influyentes en el NPS	27
Figura 5. Efectos del ruido en la sa	35
Figura 6. Niveles de exposición y efectos	35
Figura 7. Audiometría y grados de PAIR sin pérdida conversacional	37
Figura 8. Audiometría y grados de PAIR con pérdida conversacional	38
Figura 9. Oído humano y percepción del sonido	39
Figura 10. Vista panorámica de la mina de Toquepala	41
Figura 11. Diagrama de flujo de la mina Toquepala	44
Figura 12. Muestra de ruido en perforadora BUCYRUS	56
Figura 13. Muestra de ruido en perforadora P&H	57
Figura 14. Muestra de ruido en perforadora CUBEX	58
Figura 15. Muestra de ruido en perforadora CAT	59

Figura 16. Diversificación de ruido ocupacional	62
Figura 17. Dosis de la perforadora BUCYRUS	61
Figura 18. Dosis de la perforadora P&H	65
Figura 19. Dosis de la perforadora CUBEX	66
Figura 20. Dosis de la perforadora CAT	66
Figura 21. Encuesta de nivel de ansiedad	71
Figura 22. Tendencia de ruido ocupacional y pérdida auditiva	75
Figura 23. Tendencia de edad y pérdida auditiva	77
Figura 24. Tendencia de tiempo de servicio y pérdida auditiva	79
Figura 25. Diversificación de las variables "X1" y "Y"	83
Figura 26. Diversificación de las variables "X1" y dosis residual	83
Figura 27. Diversificación de las variables "Y" y dosis	84
Figura 28. Diversificación en la salud ocupacional	84
Figura 29. Resultados de cuestionario sobre el nivel de ansiedad	87

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Matriz de consistencia	100
<b>Anexo 2.</b> Procedimiento de medición de ruido	101
<b>Anexo 3.</b> Resultados de medición de ruido de los tipos de perforadoras	103
<b>Anexo 4.</b> Cuadro resumen de causas	107
<b>Anexo 5.</b> Cuadro resumen de efectos	108
<b>Anexo 6.</b> Guía técnica de audiometría	109
<b>Anexo 7.</b> Frecuencia de evaluaciones audiometrías	110
<b>Anexo 8.</b> Ficha audiológica	111
<b>Anexo 9.</b> Audiograma	113
<b>Anexo 10.</b> Elección de pruebas estadísticas	115

## RESUMEN

En el presente estudio se realizó el control de dosimetría a cada modelo de perforadora para determinar la situación del ambiente ocupacional al que está expuesto el operador, también se consideraron los resultados de audiometría para determinar el grado de pérdida auditiva de cada operador, y diferir si el ruido generado por las perforadoras influye significativamente en la salud ocupacional del operador. Para ello se comprobó que la variable pérdida auditiva está relacionada con las variables de ruido ocupacional, edad y tiempo de servicios del operador, obteniendo así un modelo multivariable en función de las variables más influyentes en la salud ocupacional del trabajador. Finalmente, al saber que la mina Toquepala opera con cuatro modelos de perforadoras, se realizó un análisis por diversificación, obteniéndose diferencias significativas en la perforadora P&H. Sin embargo, al realizar la escala operacional respecto a la muestra de operadores, la influencia fue insignificante en la salud del trabajador, por lo que se recomienda realizar estudios más específicos de la influencia del ruido generado por la perforadora P&H respecto a la salud del trabajador para determinar las posibles causas, ya sea por acto o condición sub-estándar.

Palabras clave: perforación, transmisión, sensibilización, audiometría.

## **ABSTRACT**

In the present study, the dosimetry control was performed on each drill model to determine the situation of the occupational environment to which the operator is exposed, the audiometry results were also considered to determine the degree of hearing loss of each operator, and to differ if The noise generated by the drills significantly influences the occupational health of the operator. For this, it was found that the variable hearing loss is related to the variables of occupational noise, age and time of operator services, thus obtaining a multivariable model based on the most influential variables in the occupational health of the worker. Finally, knowing that the Toquepala mine operates with four drilling models, a diversification analysis was performed, obtaining significant differences in the P&H drilling rig. However, when performing the operational scale with respect to the sample of operators, the influence was negligible in the worker's health, so it is recommended to carry out more specific studies of the influence of the noise generated by the P&H drilling machine regarding the worker's health to determine the possible causes, either by act or sub-standard condition.

Keywords : drilling, transmission, sensitization, audiometry.

## **INTRODUCCIÓN**

La gran minería y sus unidades de producción usan maquinarias o equipos pesados que generan altos ruidos en sus operaciones, afectando en forma continua la salud ocupacional de los trabajadores y generando impactos ambientales negativos y la contaminación sonora. Los métodos de monitoreo y evaluación de dosimetría en los puestos de trabajo de las minas de cobre del Perú han permitido obtener buenos resultados para formular opciones de rediseño de la ergonomía y el mantenimiento predictivo de los equipos pesados, incluyendo las perforadoras eléctricas e hidráulicas, hasta lograr en niveles aceptables de tiempo de exposición recomendado (TER) para el trabajador.

Bajo este principio se ha desarrollado la presente tesis, titulada “Efecto del ruido de las perforadoras en los operadores de la mina Toquepala, año 2018”, teniendo como objetivo principal demostrar si la influencia del ruido ocupacional generado por las perforadoras es significativa en la salud ocupacional de los operadores de la mina de Toquepala, que consta de cuatro capítulos.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, con la justificación, alcances y limitaciones, objetivos e hipótesis de investigación.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico adecuado y los fundamentos necesarios para comprender la metodología de investigación, donde se analizan los antecedentes del estudio, las bases teóricas y la definición de términos.

En el capítulo III, se analiza el marco metodológico, diseño de la investigación, tamaño de muestra, operacionalización de variables, técnicas de recolección de datos y su procesamiento estadístico para la obtención de resultados.

En el capítulo IV, se muestran los resultados y discusiones de la investigación. Finalmente, se presentan conclusiones y recomendaciones del estudio de investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del problema**

#### **1.1.1. Antecedentes del problema**

Arango (2012) Determina la reducción de los impactos sonoros en la explotación de caliza en la Mina Coimolache, Bambamarca, Cajamarca, Perú 2011 – 2012; la muestra estuvo formada por la maquinaria, equipos y la voladura de la minera generadores de ruido, además del personal de la mina. La medición de la contaminación sonora, se realizó empleando un sonómetro (Sound Level Meter); seguidamente se determinó el tiempo de exposición (TER) al ruido por el personal de acuerdo al área; así como el nivel de ansiedad e hipoacusia. Se identificó que los equipos y maquinarias que generan mayor ruido fueron las perforadoras de martillo neumático IR con un valor de 108 dB y rock drill IR 354 con un valor de 105 dB. En la zona perforación (Cabina del rock drill); donde el ruido alcanzó 70 dB y con un TER de 76 horas; lo que indica un nivel

bajo de riesgo. También se encontró que el 47,62 % del personal presentó ansiedad moderada y el 42,86 % hipoacusia moderada. Se concluye que el ruido generado por las máquinas y equipos en el área de explotación es del tipo nocivo para la salud, requiriéndose un plan de gestión para su minimización, Se instaló silenciadores a los volquetes y tractores, se disminuyó el factor de carga de explosivos lo cual originó la voladura silenciosa con carguío de taladros, el cual disminuyó el ruido y la vibración en las áreas críticas.

Medina (2017) refiere que la pérdida de la audición inducida por el ruido de los equipos en mina es una de las 10 principales causas de la medicina ocupacional y genera discapacidad auditiva permanente como resultado de la exposición prolongada a altos niveles de ruido, siendo esta exposición excesiva de ruido, la causa más común de pérdida de la audición, algunas de ellas relacionada con actividades profesionales o de ocio, incluso los niveles de ruido moderado, supone que causa solo cambios temporales en los umbrales auditivos ("temporal" HAIR).

La exposición habitual al ruido superior a 85 dB provocará una pérdida gradual de la audición en un número significativo de individuos, y los ruidos más fuertes acelerarán este daño. Para los oídos sin protección, el tiempo de exposición permitido disminuye en una media para cada aumento de 5 dB en el nivel de ruido promedio. Por ejemplo, la exposición se limita a 8 horas por día a 90 dB, 4 horas por día a 95 dB, y 2 horas por día a 100 dB. La exposición al ruido máximo admisible para el oído sin protección es de 115 dB durante 15 minutos por día. No está permitido ningún ruido por encima de los 140 dB. (Medina, 2017)

La pérdida de audición en el trabajo puede ser de cualquier tipo, es decir, conductiva, neurosensorial, o una combinación. La perforación del tímpano asociada a lesión en la cabeza, explosión, objetos cortantes, o una chispa es un ejemplo de pérdida de la audición conductiva profesional; la pérdida de la audición debido a la exposición al ruido persistente, y la pérdida de la audición debido a la fístula perilinfática, trauma acústico, ototóxicos, y el oído interno y la membrana de la ventana redonda, la ruptura por un trauma o

barotrauma son ejemplos de pérdida de la audición neurosensorial. (Medina, 2017)

### **1.1.2. Problemática de la investigación**

En el Perú, existen muchos yacimientos mineros polimetálicos con más de 500 trabajadores, que vienen operando en diversas regiones, tales como Cerro Verde, Cuajone, Toquepala, Antamina, Yanacocha, Pierina, Cerro de Pasco, San Cristóbal, Toromocho, Cobriza, Milpo, Constancia, Las Bambas, Antapacay, Iscaycruz, Yauricocha, Condestable, entre otros. En Tacna, en una de las minas más antiguas y grandes como es Toquepala, dirigida por la empresa Southern Perú Copper Corporation (SPCC), se viene laborando en forma similar que, en las empresas mineras cupríferas de Chile, con una gran cantidad de empresas contratistas y subcontratistas, donde se operan equipos pesados y específicamente las perforadoras, influyendo así a la salud ocupacional del operador debido al ruido generado por su uso.

Es decir, el problema general es el ruido ocupacional que afecta al operador de la máquina perforadora y los efectos que esta pueda causar a la salud del trabajador, debido a diversas causas inmediatas de condiciones o actos subestándares. En la unidad minera Toquepala, se cuenta con 4 modelo de perforadoras, diversificando así la generación del ruido ocupacional al trabajador, Por lo tanto, para este estudio de investigación se ha asumido una actitud interrogativa en búsqueda de alternativas de solución y medidas de control, respondiendo la siguiente pregunta, ¿Influye significativamente el efecto del ruido ocupacional generado por las perforadoras en la salud ocupacional de los operadores de la mina Toquepala?

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema principal**

¿Influye significativamente el efecto del ruido ocupacional generado por las perforadoras en la salud ocupacional de los operadores de la mina Toquepala?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿En qué medida se relacionan el ruido ocupacional y la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala?
- ¿En qué medida se relacionan la edad y tiempo de servicios con la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala?
- ¿Existe un efecto significativo en la salud ocupacional de los operadores respecto a la diversificación de las perforadoras de la mina Toquepala?

### **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

#### **1.3.1. Justificación**

Este trabajo de investigación se justifica por cuatro factores:

- a) Constituye un prototipo para demostrar y evaluar el nivel de efecto en la salud ocupacional de operadores, identificando el nivel de peligro y evaluando el riesgo de hipoacusia.

- b) El resultado ayudará a tomar medidas de control con la prevención de los riesgos físicos y de las enfermedades ocupacionales en los operadores de las perforadoras en la gran minería del país.
- c) Permite generalizar los resultados obtenidos a principios más amplios para los fundamentos de la ciencia ergonómica.
- d) Al estudiar el efecto de la diversificación de las perforadoras en la salud ocupacional de los operadores, será de gran utilidad metodológica, contribuyendo a la definición de la relación entre una variable cualitativa y cuantitativa.

### **1.3.2. Importancia**

La importancia de este estudio radica en el cuidado de nuestro mejor valor, el factor humano, cumpliendo con los aspectos relacionados con la salud y seguridad ocupacional de los operadores de las perforadoras de la mina Toquepala.

## **1.4. Alcances y limitaciones**

### **1.4.1. Alcances**

El presente estudio se ha realizado solo para los operadores de perforadoras de la mina Toquepala – SPCC.

### **1.4.2. Limitaciones**

Las limitaciones que se presentaron durante el desarrollo de esta investigación se centró en la toma de muestras, para monitorear y evaluar a los mismos operadores por modelo de perforadora. Generalmente, el operador está acostumbrado a realizar su trabajo de una forma o manera determinada; al momento de realizar las observaciones e inspecciones externas para implantar mejoras en su trabajo, suele dificultar su normal desempeño porque se sienten acondicionados, pero realizando las acciones correctivas y supervisiones constantes, dará como resultado que la producción vaya de la mano con la seguridad, ergonomía y salud ocupacional.

Por lo tanto, se requieren más facilidades para garantizar la medición con muestras más representativas que hubieran permitido conseguir resultados más confiables y válidos para la mejora de la higiene y salud ocupacional.

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Demostrar si la influencia del efecto del ruido ocupacional generado por las perforadoras es significativa en la salud ocupacional de los operadores de la mina Toquepala.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar la relación del ruido ocupacional y la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala.
- Determinar la relación de la edad y tiempo de servicios con la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala.

- Evaluar si existe un efecto significativo en la salud ocupacional de los operadores al diversificar las perforadoras.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

Existe una influencia significativa entre el efecto del ruido ocupacional generado por las perforadoras y la salud ocupacional de los operadores de la mina Toquepala.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

- Existe relación entre el ruido ocupacional y la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala.
- Existe relación entre la edad y tiempo de servicios con la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala.
- Existe un efecto significativo en la salud ocupacional de los operadores por la diversificación de perforadoras en la mina Toquepala.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del estudio**

Urday (2017) sobre “Lesiones auditivas inducidas por ruido encontradas en exámenes ocupacionales realizados en un centro médico de Arequipa 2011 – 2012”, en la Universidad Católica de Arequipa, en una de sus conclusiones indica que los trabajadores expuestos a ruido en su mayoría presentan lesiones auditivas inducidas por ruido como Trauma Acústico Leve, Trauma Acústico Avanzado, Hipoacusia Inducida por Ruido Leve; así como otras patologías auditivas no inducidas por ruido como Hipoacusia Neurosensorial y Conductiva en menor proporción.

Váscones (2016) sobre “Evaluación de la exposición al ruido de los trabajadores de una mina subterránea polimetálica a causa de los sub-procesos y actividades desarrolladas en la explotación”, en la Universidad Nacional de Ingeniería- Lima, argumenta que la exposición laboral al ruido de los trabajadores de una mina

subterránea en la región centro del país en el proceso de explotación, es evaluada en dos factores que, según la evaluación de exposición a agentes de riesgo para la salud, se consideran como relevantes, los sub-procesos y las actividades dentro de estos; el desconocimiento de su influencia podría subestimar la evaluación del riesgo a ruido de los trabajadores y por consiguiente la efectividad del programa de protección auditiva.

Romero (2015) en su tesis sobre "Exposición laboral al ruido de los trabajadores de una mina a tajo abierto debido a la expansión, ubicación y tipo de actividad de los operadores, en la región norte del país", en la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, en una de sus conclusiones indica acerca de los perfiles de exposición al ruido de cada GES, a través de los límites superiores de confianza UCL de la media del ruido, se ha mostrado que más del 89,2 % de los operadores, de todos los grupos de exposición, reciben niveles de ruido altos, pudiendo algunos recibir niveles críticos. Constituyendo esto un peligro evidente de desarrollar hipoacusia ocupacional para los operadores de una mina a tajo abierto al norte del país.

Ramos (2015) sobre “análisis del ruido y sus consecuencias en la salud de los trabajadores de una estación de sondaje de perforación en la empresa EXADRILLING S.A.C., AREQUIPA, 2014”, en la Universidad Tecnológica del Perú, argumenta que se comprobó que el nivel de ruido está por encima de los niveles máximos permisibles establecidos por la norma legal; los problemas en la salud de los trabajadores se incrementan a medida que aumenta el tiempo de exposición al ruido. Se propone una medida de control técnico y administrativo a través de la implementación de un programa de monitoreo y prevención de ruido en el trabajo para todos los trabajadores destacados en la actividad de perforación de sondajes.

En la tesis de Chadid (2014) sobre “Entorno laboral minero a nivel internacional y nacional: sus efectos en la salud y propuesta de abordaje integral desde lo conceptual”, en la Universidad CES en Medellín, hace referencia a los trastornos de exposición al ruido en jornadas laborales, los cuales desarrollan efectos fisiológicos y psicológicos. En consecuencia, pueden producir en el trabajador, alteraciones en diversos sistemas corporales, que afectan en su conjunto toda la salud del individuo expuesto, tales como la

desorganización visual, taquicardias e incluso afectar los procesos digestivos.

Macías (2017) sobre “Factores de pérdida auditiva en trabajadores expuestos a ruido en la minera subterránea de la empresa PRIMINE CIA. LTDA., y desarrollo de medidas preventivas” en la Universidad de Azuay en cuenca Ecuador, concluye que la exposición al ruido en la minería subterránea de la empresa PROMINE CIA. LTDA. Es inminente lo que hace indispensable continuar con el programa de desarrollo de medidas preventivas. El factor determinante en la pérdida auditiva de los trabajadores se debe en gran parte a la falta de cultura que ellos poseen en materia de seguridad y salud y también a que las mayores labores mineras se las realiza con equipos y maquinarias con alto nivel sonoro tales como la máquina de barrenar, cargadoras, locomotora, perforadora entre otros.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Perforación**

En el circuito minero la perforación y voladura es la primera fase donde se generan aperturas en el material rocoso

llamados taladros y que tienen forma cilíndrica, las cuales sirven para almacenar explosivos y accesorios para la voladura de rocas en las minas. (Hernández, 2011)

Existe una relación intrínseca entre la perforación y la voladura, ya que puede afirmarse categóricamente que, “una buena perforación posibilita una buena voladura, pero una mala perforación asegura una mala voladura”. Se entiende por una buena perforación aquella que se ha hecho con los medios y técnicas más adecuadas, además se ha ejecutado de forma correcta. Asimismo, una buena voladura será aquella que cumple con el objetivo para que fue diseñada.

Hernández (2011) indica que hay dos métodos de perforación, rotopercutivos y rotativos, los cuales dependen de las propiedades físicas de la roca, tales como dureza, resistencia, elasticidad, plasticidad, abrasividad, textura, estructura y rotura. Los primeros son los más usados y se aplican en rocas de media a alta dureza, si el martillo se ubica en la cabeza como en el fondo del barreno donde es importante el índice de calidad de la roca (RQD).

Trasmonte (2015). Para remover el mineral y desmonte del yacimiento minero Toquepala, lo primero que se realiza es un diseño de malla de perforación por bancos, esta malla esta diseñada en base a la información obtenida de estudios geológicos y geotécnicos del macizo rocoso, luego se coloca la malla de perforación en el sistema Dispatch y finalmente se procede con la perforación de la roca.

### **2.2.2. Tipos de perforadoras**

La operación de perforación en la mina Toquepala es realizada con perforadoras electrohidráulicas de gran tamaño las cuales se encargan de perforar las mallas de perforación colocadas en el campo y también cargadas en el sistema Dispatch, existen distintas mallas de perforación, debido a que cada tipo de material tiene características propias a cada zona, tanto para zonas mineralizadas, zona de leach y zona de desmonte.

Así mismo se realiza perforación de precorte con perforadoras diesel pequeñas, las cuales son usadas para

los trabajos de perforación a talud final y estabilidad de taludes. En la mina Toquepala se emplean perforadoras rotativas eléctricas y diesel con brocas de inserto carburo de tungsteno que tienen diámetros de 12 ¼". El tipo de penetración empleado, es por rotación y trituración de la roca. Los componentes principales para este sistema son la perforadora que es la fuente de energía mecánica, el varillaje que es el medio de transmisión de esa energía, finalmente el fluido de barrido que efectúa la limpieza y evacuación del detritus producido. Las variables internas que intervienen en el proceso de la perforación son:

- Empuje sobre la broca.
- Velocidad de rotación.
- Desgaste de la broca.
- Diámetro de la broca.
- Caudal de aire para la evacuación del detritus.



**Equipo de Perforación (12)**

MARCA / MODELO

- 01 Perforadoras P&H - 100XP
- 01 Perforadora P&H - 320XP
- 03 Perforadoras Bucyrus - 49RIII
- 02 Perforadoras Bucyrus - 49R
- 03 Perforadora P&H - 320XPC
- 02 Perforadora CAT - MD6640

**Control de Pared Final (Pre-Corte) (3)**

- 01 Perforadora Titón 600 BPI DTH
- 02 Perforadora Cubex 580 DR

**Diseño de Perforación**

- Diámetro de Taladro: 11", 12¼" y 5"(Titon y Cubex)
- Diseño Malla de Perforación: 6.5 x 6.5 m, 12 x 12 m
- Malla de Perforación Control de Pared Final: 2.0 - 4.0 m

**Explosivos**

- Quantex

Figura 1. Disposición de perforadoras rotativas  
Fuente: SPCC Toquepala, 2015.

En Toquepala se lleva a cabo una perforación del tipo rotativa con triconos, es efectuada por grandes equipos de perforación capaces de ejercer elevados empujes sobre la broca es decir la perforación es realizada mediante el método de rotación – trituración, donde la energía es transmitida hasta la broca a través de barras de acero, las que puestas en rotación fuerzan la broca contra la roca, siendo los botones de carburo de tungsteno prensados contra la roca para finalmente obtener una trituración similar a la de percusión. De manera general es importante efectuar esta operación con la mayor exactitud, paralelismo y perpendicularidad puesto que todo

esto afectará a la fragmentación requerida y a las paredes finales del tajo.

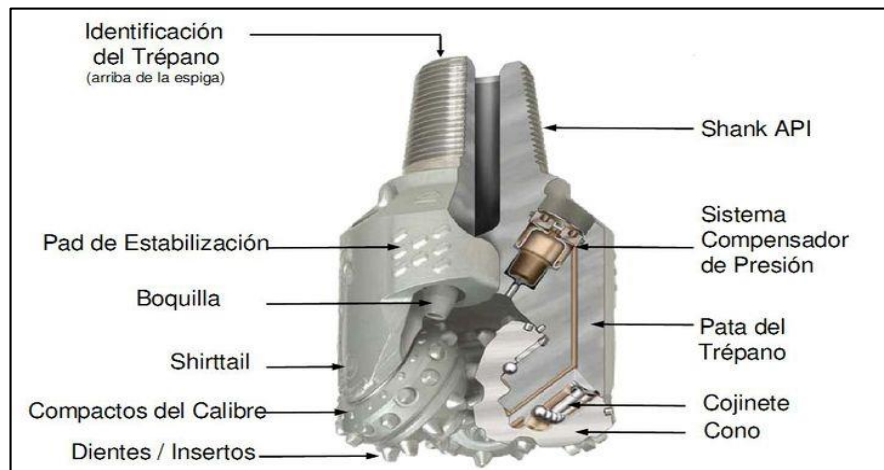


Figura 2. Estructura del trépano tricono  
Fuente: SPCC Toquepala, 2015.

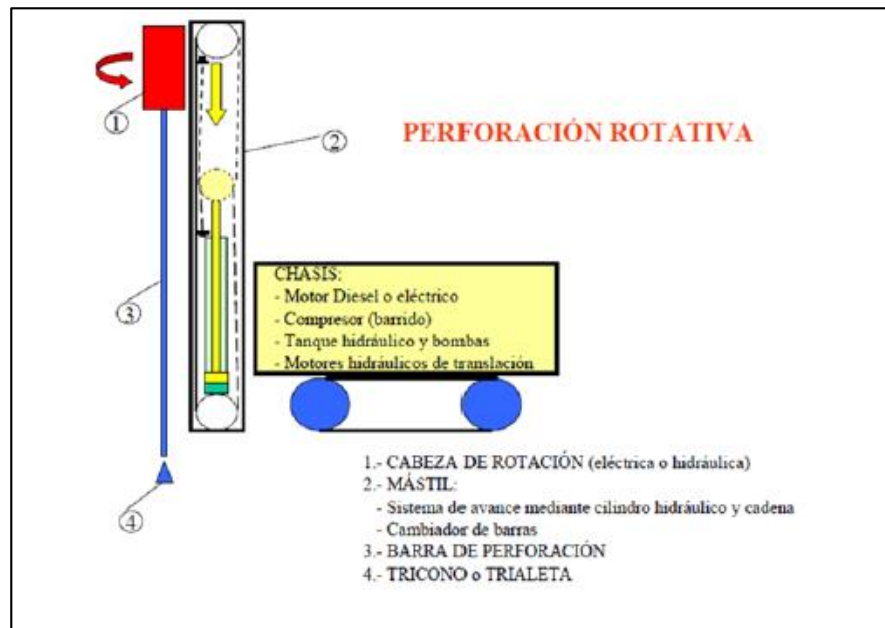


Figura 3. Partes de la perforadora rotativa  
Fuente: Herrera H. & Castilla J., 2013.

Para la selección del equipo de perforación a utilizar en cada caso, está determinado por las tres características siguientes:

- Variedad de diámetros de perforación.
- Sistema de perforación.
- Tipo de montaje y accionamiento.

El diámetro se define por el tipo de trabajo y los condicionantes específicos del mismo; si es una perforación para una voladura depende del grado de fragmentación para la carga, transporte y trituración, así como del nivel de vibraciones por la explosión.

Si se trata de un sondeo con extracción de testigo continuo, el diámetro depende de la profundidad y tipo de roca. Y, si por el contrario se trata de una perforación para sostenimiento, el tipo de anclaje condiciona el diámetro de perforación. Un anclaje corto (perno de 25 mm de diámetro) requiere un taladro de 30 a 35 mm para conseguir una buena adherencia, y un anclaje largo (doble cable transado de 15

mm de diámetro) requeriría un taladro de 51 mm de diámetro.  
(Herrera y Castilla, 2013)

### **2.2.3. Ruido ocupacional**

El ruido es uno de los problemas ambientales y ocupacionales más relevantes, su indudable dimensión social contribuye en gran medida a ello, ya que las fuentes que lo generan forman parte de la vida cotidiana; los medios de transporte (80 %), actividades industriales (10 %), grandes vías de comunicación (6 %), actividades y locales de ocio (4 %).

Es una gran preocupación de la población actual, con peso en la legislación laboral y cada vez más relacionada con la población en general. En los últimos años son numerosas las sentencias que reconocen el ruido como un factor de riesgo sanitario y la legislación laboral reconoce la hipoacusia o sordera, como accidente de trabajo causado por el ruido.

En el informe de la Junta de Andalucía de la Unión Europea (2009), se concluyó que, los datos disponibles sobre exposición a ruido no laboral son generalmente pobres en

comparación con aquellos que miden otros problemas ambientales - ocupacionales y a menudo son difíciles de comparar debido a las diferentes medidas y métodos de evaluación usados.

Sin embargo, se estima que cerca del 20 % de la población de la Unión Europea (cerca de 80 millones de personas) sufren niveles de ruido que los científicos y expertos en salud consideran inaceptables, y que provocan molestias, perturbación del sueño y posibles efectos adversos sobre la salud. Otros 170 millones viven en los que se conoce como zonas grises, donde los niveles de ruido causan serias molestias durante el día.

La subjetividad inherente a la molestia provocada por el ruido introduce una gran complejidad en su evaluación, aunque no por ello entra en conflicto con el análisis científico, si se tienen en cuenta los factores que influyen en ella y se cuantifican usando determinados índices de medida. Estos factores son:

a) Energía sonora

Cuanta más energía posea un sonido, más molestia provoca. Se mide con el nivel de presión sonora.

b) Tiempo de exposición

A iguales niveles de ruido, la molestia aumenta con el tiempo que dura la exposición (a mayor exposición, mayor molestia).

c) Características del sonido

Las características de la componente física de ruido (el sonido) determinan la molestia que provoca.

d) Sensibilidad individual

Determina que diferentes personas sientan grados diferentes de molestia frente al mismo ruido. Influida por factores físicos, culturales, sociales, etc.

e) Actividad del receptor

A diferentes horas del día y según la actividad que se realice y el nivel de concentración que requiera, un mismo ruido puede provocar diferentes grados de molestia.

f) Expectativa y calidad de vida

Componente muy difícil de evaluar. Por ejemplo, en la segunda vivienda, que suele ser considerada como un espacio para el ocio y el descanso, las exigencias de calidad ambiental son más altas y los ruidos provocan más quejas. Lo mismo ocurre en espacios protegidos.

En la figura 4, se muestran las propagaciones sonoras, donde se puede observar que, el trabajador se encuentra entre el ruido de su máquina y de otra máquina generadora de ruido.

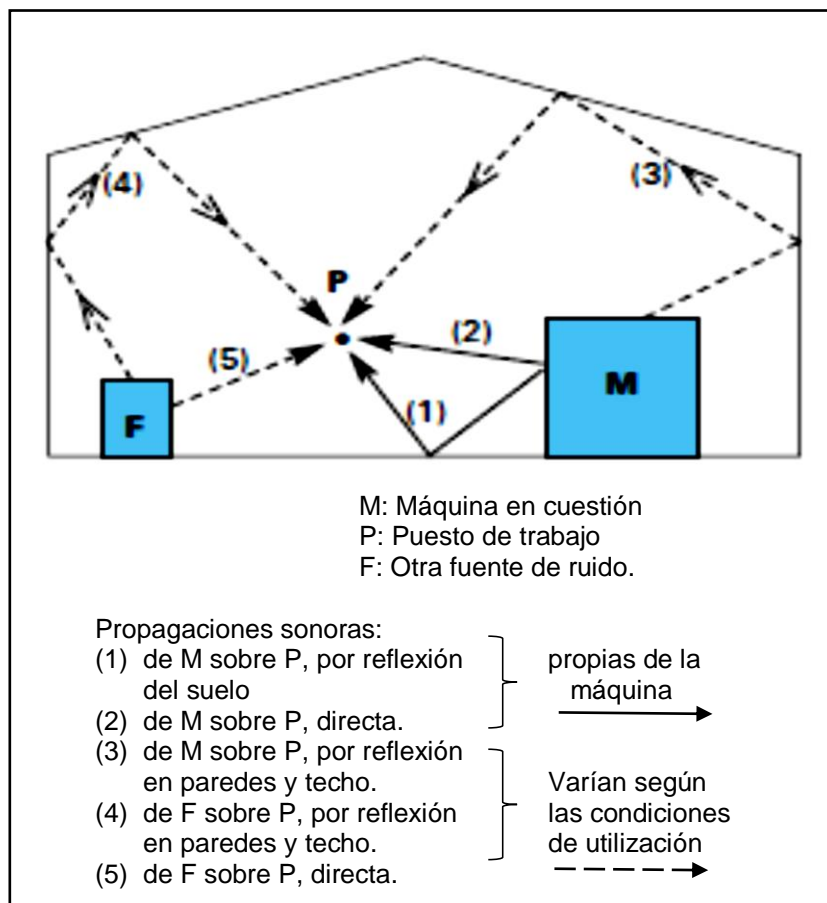


Figura 4. Vías de propagación aérea influyentes en el NPS.  
Fuente: Ayo C., 2013.

### 2.2.3.1. Nivel de presión sonora (NPS o $L_p$ )

El NPS depende de diversos factores externos, tales como distancia, velocidad del viento, temperatura ambiental.

La fórmula es la siguiente:

$$NPS = 20 \cdot \log \left( \frac{Ps}{Pref} \right), dB \quad (1)$$

Donde:

- Ps es la presión sonora en  $\mu\text{Pa}$ .
- Pref es la presión referencia ( $20 \mu\text{Pa}$ ).

El valor NPS varía de 0 hasta 140 dB con presiones sonoras (Ps) muy pequeñas (0,0002 hasta 200 Pa) a comparación con la presión atmosférica al nivel del mar (101,3 KPa). En la tabla 1, se pueden observar los niveles de presión en sonidos comunes.

**Tabla 1***Sonidos comunes en función de los NPS y Ps*

Nivel de Presión Sonora (dB)	Presión Sonora (Pa)	Sonido Común
140	200	Avión grande a propulsión
120	20	Discoteca
100	2	Tráfico pesado - ciudad
80	0,2	Oficina atareada
60	0,02	Conversación normal
40	0,002	Área urbana tranquila
20	0,0002	Susurro
0	0,00002	Punto inicial de audición

Fuente: Ayo C., 2013.

### 2.2.3.2. Nivel de potencia del sonido (NPOS)

El NPOS es una medida básica de la salida acústica que depende de la fuente y se utiliza para comparaciones. En la tabla 2, se pueden observar los sonidos más comunes en función de los NPOS y potencia del sonido.

**Tabla 2**  
*Potencias de sonidos comunes*

Nivel de Potencia del Sonido (dB)	Potencia del Sonido (W)	Fuentes de Ruido Comunes
180	1.000.000	Cohete Saturno
160	10.000	Motor del Turbojet
140	100	Avión a propulsión
120	1	Martillo de cincelar
100	0,01	Radio hi-fi
70	0,00001	Conversación normal
50	0,0000001	Susurro

Fuente: Ayo C., 2013.

### 2.2.3.2. Nivel de ruido equivalente

Las mediciones de ruido son para cuantificar el tiempo de exposición y la percepción de una persona al ruido físico total, los cuales están correlacionados. (Bell y Bell, 1994) y Zuchowics (1996). Por lo tanto, el nivel de ruido variable en el tiempo a largo plazo se mide como el nivel promedio en el tiempo ( $L_{eq}$ ), es decir como el total de la energía acústica en el tiempo promedio de medición. Se ha adoptado para la medición de la exposición al ruido ambiental (ISO 14000, 1990) y al riesgo de daño

auditivo (ISO 8297, 1994). Se determina con la siguiente fórmula (MINEM, 2017):

$$LEQ = 10 \cdot \log \frac{1}{T} \sum 10^{\left(\frac{NS''A''}{10}\right)}, dB \quad (2)$$

Donde:

- T es el tiempo de exposición.
- NS "A" es el nivel sonoro "A" promedio calculado con la relación:

$$NS''A'' = 10 \cdot \log \frac{1}{n} \sum 10^{\left(\frac{n_j}{10}\right)} \quad (3)$$

Donde:

- n es el número de muestras registradas del nivel sonoro.
- n<sub>j</sub> es el nivel sonoro registrado.

Para el control del ruido, según el anexo 12 del D.S 023-2017-EM, se seguirá el procedimiento de la guía N°1 para cumplir el artículo 103 del RSSO del D.S

023-2017-EM, donde el titular de la actividad minera debe establecer un sistema de monitoreo que evalúe la exposición a ruido en cada puesto de trabajo. El propósito del monitoreo es determinar si excede con los límites establecidos y la forma más fácil de determinar si se excede el límite es con un programa de monitoreo.

**Tabla 3**

*Nivel de ruido según tiempo de exposición*

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 hora/día
97 decibeles	1/2 hora/día
100 decibeles	1/4 hora / día

Fuente: MINAM D.S 023.2017-EM, 2017.

#### **2.2.4. Efectos del ruido e hipoacusia**

El efecto general del ruido como peligro o factor de riesgo es la contaminación acústica, por lo que también se le

denomina contaminante, el cual puede generar problemas en la interferencia de la comunicación, pérdida de la audición, perturbación del sueño, comportamiento, eficiencia, productividad en el trabajo y enfermedades cardiovasculares, los cuales se detallan a continuación.

a) Interferencia de la comunicación

Ocurre en las aulas de capacitación o auditorios de conferencias y donde se tienen dificultades de audición (Gottlob, 1994; Attenborough et al., 1995).

b) Pérdida auditiva

El grado de pérdida auditiva será experimentado por las personas expuestas al ruido continuo durante 8 horas por un periodo de hasta 45 años (ISO 1999, 1990).

c) Perturbación del sueño

Este efecto es mayormente para los trabajadores mayores de edad o que laboran en turnos y cuando pasa los 30 dB de nivel equivalente o 45 dB de nivel máximo.

d) Comportamiento del trabajador

El comportamiento de enojo de un trabajador ocurre con ruidos mayores de 50 dB y de comportamiento agresivo con valores mayores de 80 dB.

e) Eficiencia y productividad de la mano de obra

El impacto del ruido en el rendimiento y la productividad del trabajador se debe a la distracción en cualquier puesto de trabajo y se incrementa con el tiempo de exposición en actividades mineras y de construcción de carretera o aeropuertos.

f) Enfermedades cardiovasculares

Muchos estudios reportan que, el exceso de tiempo de exposición y ruidos por encima de los 80 dB incrementan la presión arterial de los trabajadores, lo que implica alto riesgo a la salud y consecuencias de muertes por paros cardiacos.

El deterioro auditivo se define como un incremento en el umbral auditivo evaluado clínicamente mediante la

audiometría. Según la Comisión Europea, la exposición al ruido perturba el sueño, afecta al desarrollo cognitivo y puede provocar enfermedades psicosomáticas. Según cálculos de la Comisión, los costos externos de la contaminación del aire y del ruido del tráfico ascienden al 0,6 del PBI.

En la Figura 5 y 6, se resumen los efectos sobre la salud y un nivel orientativo a partir del cual se puede producir, según la OMS.

EVIDENCIA SUFICIENTE			
	Efectos	Indicador	Umbral (dB)
Efectos biológicos	Cambios en la actividad cardiovascular	--	--
	Despertar electroencefalográfico	$L_{A,max interior}$	35
	Movilidad	$L_{A,max interior}$	32
	Cambios en la duración de varias etapas del sueño, en la estructura del sueño y fragmentación del sueño	$L_{A,max interior}$	35
Calidad del sueño	Despertares nocturnos o demasiado temprano	$L_{A,max interior}$	42
	Prolongación del período de comienzo del sueño, dificultad para quedarse dormido	--	--
	Fragmentación del sueño, reducción del período de sueño	--	--
	Incremento de la movilidad media durante el sueño	$L_{noche, exterior}$	42
Bienestar	Molestias durante el sueño	$L_{noche, exterior}$	42
	Uso de somníferos y sedantes	$L_{noche, exterior}$	40
Condiciones médicas	Insomnio (diagnosticado por un profesional médico)	$L_{noche, exterior}$	42

Figura 5. Efectos del ruido en la salud  
Fuente: OMS, 2009.

Nivel sonoro	Duración de la exposición	Efecto
<70 dBA	Independiente	No hay daño auditivo
>85 dBA	Más de 8 horas diarias	Daños auditivos

Figura 6. Niveles de exposición y efectos  
Fuente: OMS, 2009.

### **2.2.5. La audiometría**

Romero (2015). Los programas de pruebas de audiometría pueden identificar a los empleados en riesgo de pérdidas permanentes de la audición debido a un exceso de exposición al ruido en el lugar de trabajo o, a través del monitoreo de los umbrales de audición de un trabajador con el tiempo. Se pueden detectar cambios pequeños en la audición, dando la oportunidad de invertir con educación, protección auditiva, y otros esfuerzos preventivos. Si ocurre una detección e intervención exitosa mientras el cambio de audición es temporal, se evitará la pérdida auditiva por inducción de ruido (PAIR) permanente eventualmente.

En segundo lugar, el análisis de la base de datos de audiometría de una población de trabajadores puede entregar información crítica sobre la calidad del programa de conservación de la audición y la salud de una población indicada.

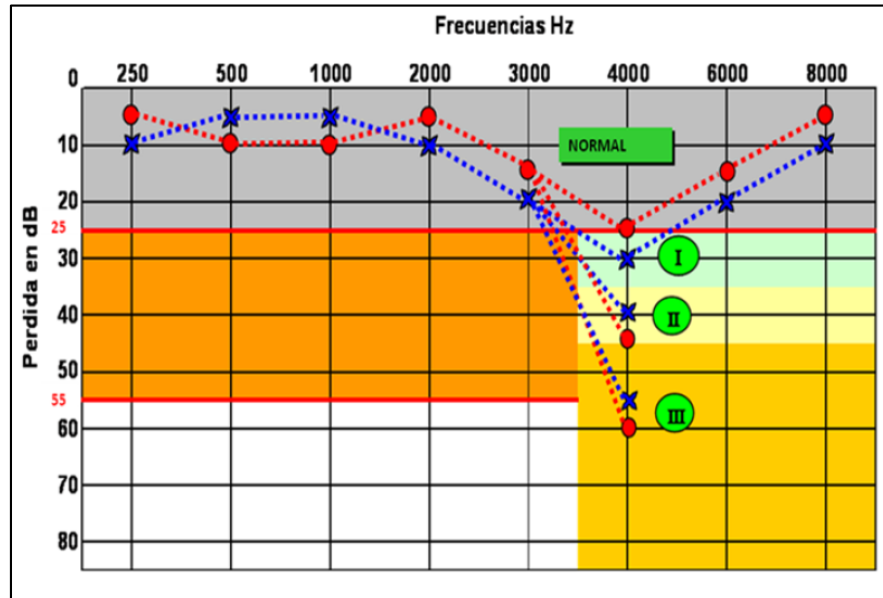


Figura 7. Audiometría y grados de PAIR sin pérdida conversacional.  
Fuente: Romero, 2015.

## 2.2.6. Audiogramas de hipoacusia ocupacional

Romero (2015). La exposición continua a ruido o el ruido explosivo, pueden producir la muerte de las células del oído interno y pérdida permanente de la audición. Es irreversible. Las células que se afectan primero son las que captan frecuencias altas de 3000 Hz a 6000Hz (promedio 4000Hz), luego se verán afectadas las que captan 250 a 3000Hz (frecuencia de la conversación).

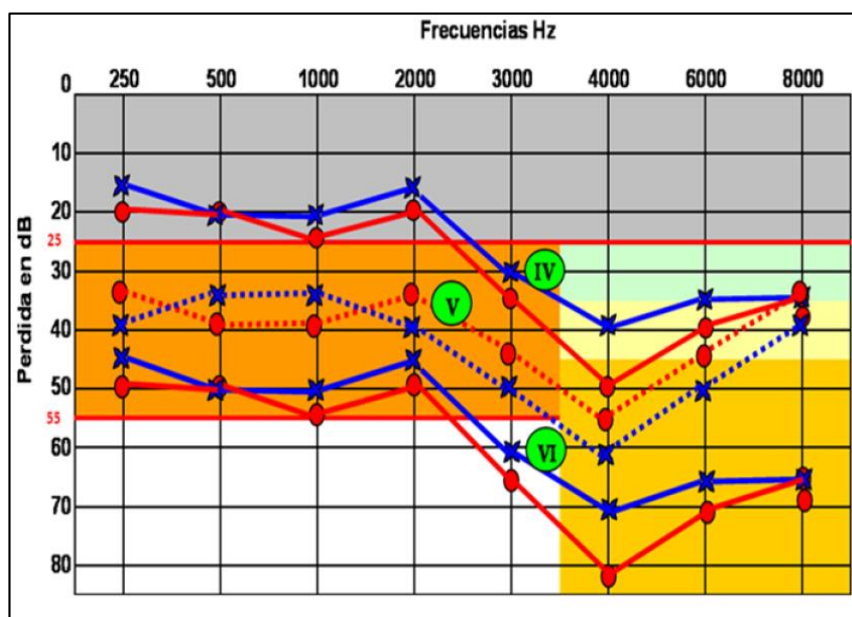


Figura 8. Audiometría y grados de PAIR con pérdida conversacional.  
Fuente: Romero, 2015.

### 2.2.7. La respuesta humana al sonido

La audición es un sentido humano crítico, facilita la comunicación entre nosotros y nuestro ambiente. El sonido agrega una riqueza a la vida, sean estas sutilezas del lenguaje y humor, las emociones originadas por la música o la conexión que sentimos a nuestro alrededor.

El mecanismo auditivo tradicionalmente se divide en tres partes principales: el oído externo, medio e interno (Figura 9). El oído se extiende desde la parte cartilaginosa visible externa

a la cabeza hasta una profundidad dentro de la parte ósea del cráneo.

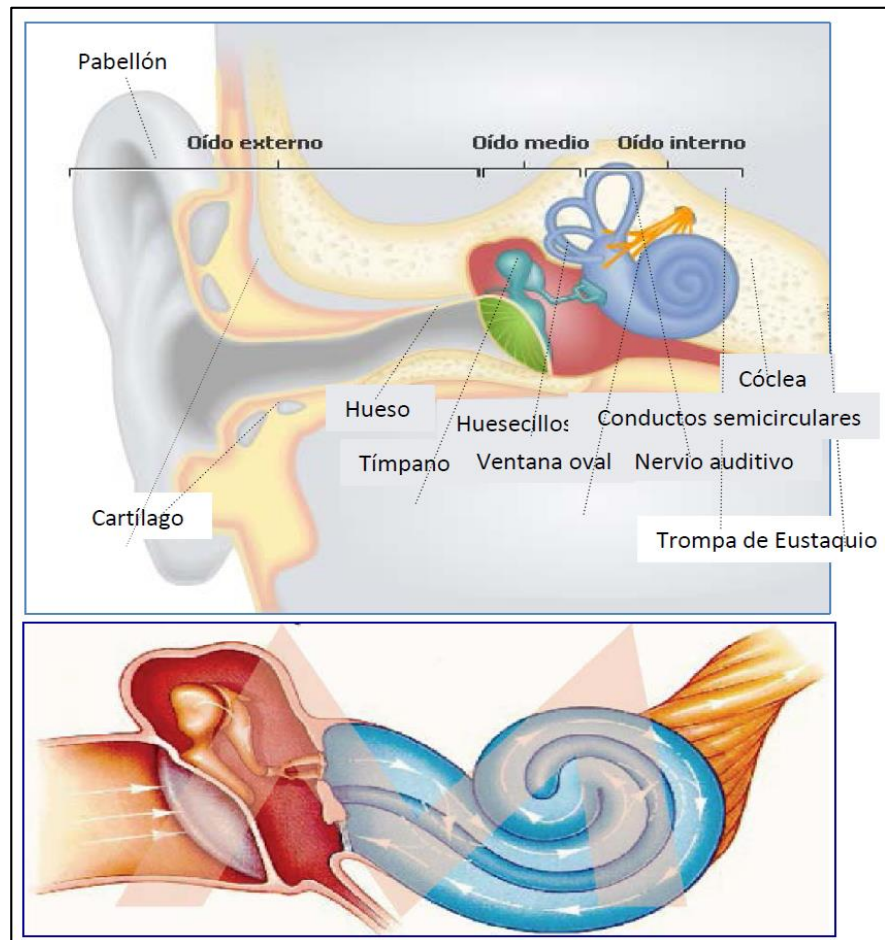


Figura 9. Oído humano y percepción del sonido

Fuente: Romero, 2015.

### 2.2.8. Mina de Toquepala

Toquepala es un yacimiento minero de cobre a cielo abierto que se encuentra ubicado en el departamento de

Tacna, provincia de Jorge Basadre y distrito de Ilabaya, entre las cotas de 2 900 y 3 600 m.s.n.m. Su geografía es montañosa y semi desértica con parámetros anuales de 80 mm de precipitación y 1 500 mm de evaporación, respectivamente. En la dirección nor oeste se encuentra colindando con Cuajone y Quellaveco, a una distancia de 30 y 20 km, respectivamente, en la región de Moquegua. (Southern, 2017)

Geográficamente, Toquepala se encuentra a  $17^{\circ} 13'$  de latitud sur y a  $70^{\circ} 36'$  de longitud oeste. En cuanto al diseño la mina tiene un ángulo interrampa variable de  $37^{\circ}$  a  $48^{\circ}$  y una altura de banco de 15 m. El tajo tiene un largo de 2,9 Km E-W, ancho de 2,6 Km N-S, una profundidad de 2 770 a 3 600 m.s.n.m y una altura de 3 3 18 m.s.n.m (medido desde el mirador de la mina). (Southern, 2017)



*Figura 10.* Vista panorámica de la mina de Toquepala.  
Fuente: SPCC. UP Toquepala, 2017.

Los trabajos de minado se iniciaron en el año 1957 y la producción de mineral en el año 1960, removiéndose a diciembre del 2015 un total de 3 979 Mt y 843 Mt de mineral con ley de 0,88 % de cobre total.

En cuanto a la perforación y voladura, en la mina de Toquepala dispone de los equipos listados en la tabla 4.

**Tabla 4**  
*Especificaciones de las perforadoras de SPCC*

Tipo	Fuente de Energía	Marca	Modelo	Cantidad
Neumática	Electricidad	P&H-1	320XP	1
Neumática	Electricidad	P&H-3	100XP	1
Neumática	Electricidad	BUCYRUS-4,5	49R	2
Neumática	Electricidad	BUCYRUS-7, 8, 9	49HRIII	3
Neumática	Electricidad	P&H-11	320XP	1
Neumática	Electricidad	CAT-12, 18	MD6640	2
Neumática	Electricidad	P&H-16, 17,19	320XPC	3
Hidráulica	P. Diesel	Titon 600	BPI DTH	1
Hidráulica	P. Diesel	CUBEX	580 DR	2
Total				15

Fuente: SPCC. UP Toquepala, 2015.

En el diseño, el diámetro del taladro de las perforadoras Titon y Cubex es de 11", 12 ¼" y 5", con mallas de perforación de 2 a 4 m. Las mallas de perforación de las demás perforadoras son de 6,5 x 6,5 m y de 12 x 12 m. Además, el explosivo utilizado en la mina de Toquepala es el Quantex.

En esta mina, la fuerza laboral permanente es de 464 trabajadores, con un ritmo laboral de 2 turnos por día durante los 365 días del año.

En cuanto a los insumos químicos, se consume anualmente 21 443 t de nitrato de amonio y 44 403 t de emulsión, cuyo proveedor es EXSA S.A. También se utilizan llantas gigantes, del proveedor NEUMAN, en un total de 530 unidades anuales.

Se usa energía eléctrica de las líneas de media tensión a 69 KV, así como líneas de baja tensión a 7,20 y 4,16 KV, y cada año se consume un total de 81,9 MM KW-h. También se requiere de energía térmica, como el petróleo Diesel en un total de 25,9 MM de galones anuales.

A continuación, se presenta el mapa diagrama de flujo de las operaciones de la mina de Toquepala.

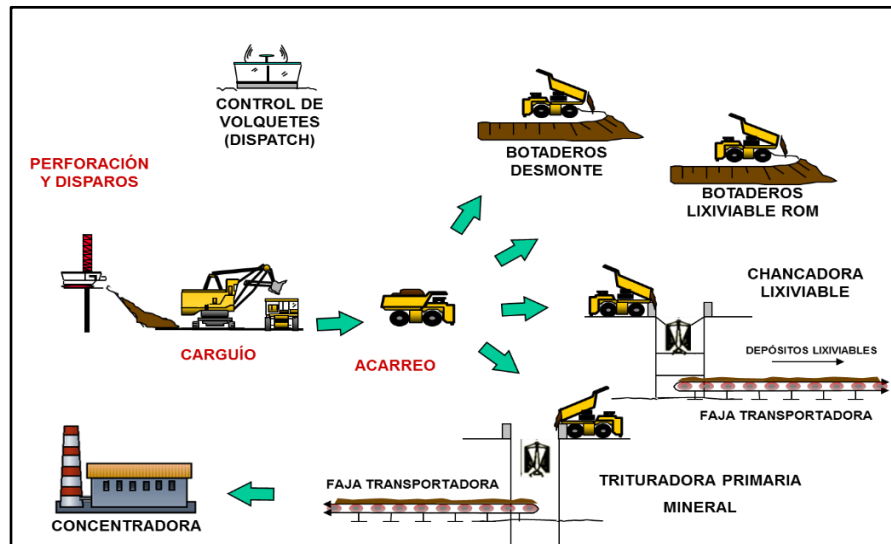


Figura 11. Diagrama de flujo de la mina Toquepala.  
Fuente: SPCC. UP Toquepala, 2015.

### 2.3. Definición de términos

#### Capacidad de proceso

Análisis del rendimiento del proceso dentro de los límites de especificación del cliente. La capacidad del proceso normalmente se caracteriza a través del índice capacidad de proceso real (Cpk) o el nivel sigma del proceso ( $\sigma$ ). (AENOR, 2007)

#### Confort acústico

Conjunto de condiciones acústicas que permiten realizar las actividades laborales de forma adecuada y con normalidad. Se valora

en base a la aplicación de curvas de criterio de ruido que relacionan la actividad con el ruido de fondo que se recomienda para el puesto o lugar de trabajo. (MTPS, 2010)

### **Curva de ponderación A**

Es una curva de ponderación que simula la respuesta auditiva en frecuencia del oído humano. Al aplicar la ponderación A en una medición de ruido se obtiene el Nivel de Presión Sonora (NPS) en dB(A). (MTPS, 2010)

### **Desviación estándar**

Dispersión estadística de un conjunto de datos en relación con la media. Es una indicación de la variación de un proceso o medición. (AENOR, 2007)

### **Higiene ocupacional**

Es una especialidad no médica orientada a identificar, reconocer, evaluar y controlar los factores de riesgos ocupacionales (físicos, químicos, biológicos y otros) que puedan afectar la salud de

los trabajadores, con la finalidad de prevenir las enfermedades ocupacionales. (MINAM D.S 024.2016-EM, 2016)

### **Hipoacusia laboral**

Cualquier persona expuesta a ruido de forma repetida y continua, puede desarrollar una hipoacusia progresiva. La pérdida auditiva empieza en la zona extra conversacional y, por tanto, no es percibida por el paciente, a menudo, el síntoma inicial es el acufeno (ruidos o pitidos anormales en los oídos), por la vibración de los tejidos que rodean al oído o por errores en el sistema auditivo, según la Ley N° 26842. (MTPE, 2016)

### **Límite máximo permisible (LMP)**

Nivel de exposición a ruido bajo el cual se cree que la salud de casi todos los trabajadores que puedan estar expuestos repetidamente, día tras día, no tiene efectos adversos para su salud (probabilidad baja). Para una exposición normalizada de 8 h el LMP es igual a 85 dB(A). (MTPS, 2010)

## **Ruido**

Es un sonido indeseable o perturbante que afecta psicológica o físicamente al ser humano, es decir es una apreciación subjetiva de un sonido. Un mismo sonido puede ser considerado como molesto o agradable, dependiendo de la situación y sensibilidad del trabajador. (Rubio, 2001, p. 39)

## **Seguridad y Salud Ocupacional (SSO)**

Condiciones y factores que afectan o podrían afectar la salud y seguridad de los empleados, personal temporal, contratistas, visitas y cualquiera en el puesto de trabajo. (AENOR, 2007)

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo y diseño de la investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

La investigación es de tipo aplicada; según el plan de mediciones de ruido de la mina de Toquepala, se muestreo el nivel de ruido en las diferentes perforadoras de la unidad, para relacionarla con la pérdida auditiva de cada operador, con la finalidad de determinar la causa y demostrar la significancia de su influencia en la salud ocupacional de los operadores de la mina Toquepala.

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

El diseño de investigación es de tipo experimental, permitiéndonos identificar y cuantificar las causas de la pérdida auditiva, y la significancia en la salud ocupacional de cada trabajador.

## 3.2. Población y muestra

### 3.2.1. Tamaño de población

El tamaño de población está constituido por todos los operadores de las perforadoras en la mina Toquepala, siendo un total de 15 operadores y 4 modelos de perforadoras. (tabla 5 y 6).

**Tabla 5**

*Listado de operadores de perforadoras en la unidad*

Perforadoras	Datos del Operador			Audiometría	
	Nombres y Apellidos	Edad (Años)	Tiempo Servicio (Años)	Inicial (dBA)	Ocupacional 2018 (dBA)
BUCYRUS	Eloy Chambilla	49	10	5	19,46
	Martin Zamata	38	11	6	21,14
	Wilfredo Chipana	36	9	6	19,79
	Rene Zapana	51	9	7	20,79
	Fabian Marca	39	10	3	17,46
P&H	Adolfo Nina	48	20	4	25,38
	Juan Acosta	55	20	7	28,38
	Acuaro Montoya	54	19	7	27,70
	Eder Quispe	49	21	4	26,05
	Juan Vascones	46	17	6	25,35
	Pedro Herrera	50	18	7	27,03
CUBEX	Beltran Arcata	49	13	6	22,46
	Elvis Flores	51	13	7	23,46
CAT	Jhunion Aguilar	37	8	6	18,76
	Rogelio Vilca	33	6	6	17,41

Fuente: Propia

**Tabla 6**  
*Listado de perforadoras en la unidad*

Perforadora	Tipo	Cantidad
BUCYRUS	Neumática	5
P&H	Neumática	6
CUBEX	Hidráulica	2
CAT	Neumática	2

Fuente: Propia

### 3.2.2. Tamaño de muestra

Para la investigación experimental, se consideró como dato a toda la población los operadores de perforadoras de la unidad, siendo un total de 15 datos de audiometrías (Tabla 5). En caso de las perforadoras, se muestreo por cada modelo de perforadora, siendo un total de 4 lecturas sonoras, según se detalla en la tabla 7.

**Tabla 7**  
*Listado muestral por modelos de perforadoras*

Perforadora	Tipo	Códigos de Tratamiento Experimental	N° Muestreo Sonoro	N° Muestras de Ruido
BUCYRUS	Neumática	A1	1	25
P&H	Neumática	B2	1	25
CUBEX	Hidráulica	C3	1	25
CAT	Neumática	D4	1	25

Fuente: Propia.

En las figuras 12, 13, 14 y 15 se observa el muestreo del ruido en cada modelo de perforadora.

### 3.3. Operacionalización de variables

En la Tabla 8, se detalla la operacionalización de las variables del presente estudio.

**Tabla 8**  
*Operacionalización de variables*

Variable	Dimensiones	Indicadores
<b>Variable Independiente</b>		
X1 = Nivel de Ruido Ocupacional	dB(A), decibeles bajo la curva de ponderación "A", que cuantifica el nivel de ruido ocupacional.	- Decibeles dB(A) - Diversificación por modelo de perforadoras
X2 = Edad del Trabajador	Grupo Etario	- Edad= años
X3= Tiempo de servicio	Tiempo de experiencia de cada operador de perforadora de la mina de Toquepala (jornada laboral de 10 horas).	- T.S.= años
<b>Variable dependiente</b>		
Y = Pérdida Auditiva	dB(A), decibeles bajo la curva de ponderación "A", según audiometría.	- Datos de los operadores - Modelo de Perforadora - Ruido ocupacional dB(A) - Dosis (%) - Audiometrías dB(A) - Salud ocupacional (Bienestar físico, mental y social)

Fuente: Propia.

### **3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas e instrumentos**

El presente estudio se investigó mediante las siguientes técnicas:

Observación, para recolectar las especificaciones técnicas, guías de operación y ambiente en cada modelo de perforadoras.

Cuestionario, para recolectar información primaria de los operadores, obteniendo resultados correspondientes a los niveles de ansiedad.

Experimentación, realizando muestreos de los niveles sonoros en cada modelo de perforadoras, de la misma forma recolectando los datos de cada operador con su audiometría.

Los instrumentos de investigación son las fichas de medición de control de ruido, dosímetro sonoro, informes de consultorías, investigaciones de campo y estudios

especializados en la materia. En el anexo 1 se presenta la matriz de consistencia, y en el anexo 2 el procedimiento de medición de ruido ocupacional.

El presente estudio se basa en la medición de ruido ocupacional, según el procedimiento del anexo 2, que es la Guía de Medición de Ruido (MINAM D.S 023.2017-EM, 2017) y en cumplimiento de las condiciones ambientales de trabajo.

#### **3.4.2. Recolección de datos**

Para la toma de datos de ruido ocupacional en las perforadoras, se han tomado 25 muestras de lectura de ruido en cada modelo de perforadora como indica las figuras 12, 13,14,15 y anexo 3. Con finalidad de obtener la lectura equivalente del ruido ocupacional para cada modelo de perforadora.

Se eligió estudiar solamente a las perforadoras por las siguientes razones y conclusiones de distintos estudios realizados en el área local de investigación; determinando que

las perforadoras son las maquinarias más antiguas y se encuentran en mayor cantidad, siendo las más ruidosas.

La secuencia de las pruebas en la mina de Toquepala se realizó el 08, 10, 12 y 15 de diciembre de 2018, en el turno 1, desde las 7:00 hasta las 9:00 horas, cada 5 min. Las condiciones ambientales promedio fueron las siguientes:

- Temperatura: 15 °C.
- Humedad relativa: 40 %.
- Velocidad del viento: 16 km/h (4,45 m/s)

Para las mediciones de la Presión Sonora Equivalente (NPSeq o Leq), de las perforadoras BUCYRUS, P&H, CUBEX y CAT, se utilizó el dosímetro de ruido marca TENMARS, Modelo ST-130, N° de Serie:150805263, según el procedimiento de dosimetría descrito en el Anexo 2.

El ruido identificado en las cabinas de las perforadoras es fluctuante. La configuración del dosímetro de ruido fue la siguiente:

- Medición del NPS equivalente.

- Ponderación A.
- Respuesta Slow
- Dosis diaria de exposición
- Ubicación del micrófono del dosímetro encima del hombro de cada operador
- Inicio y término: 7:00 horas - 9:00 horas

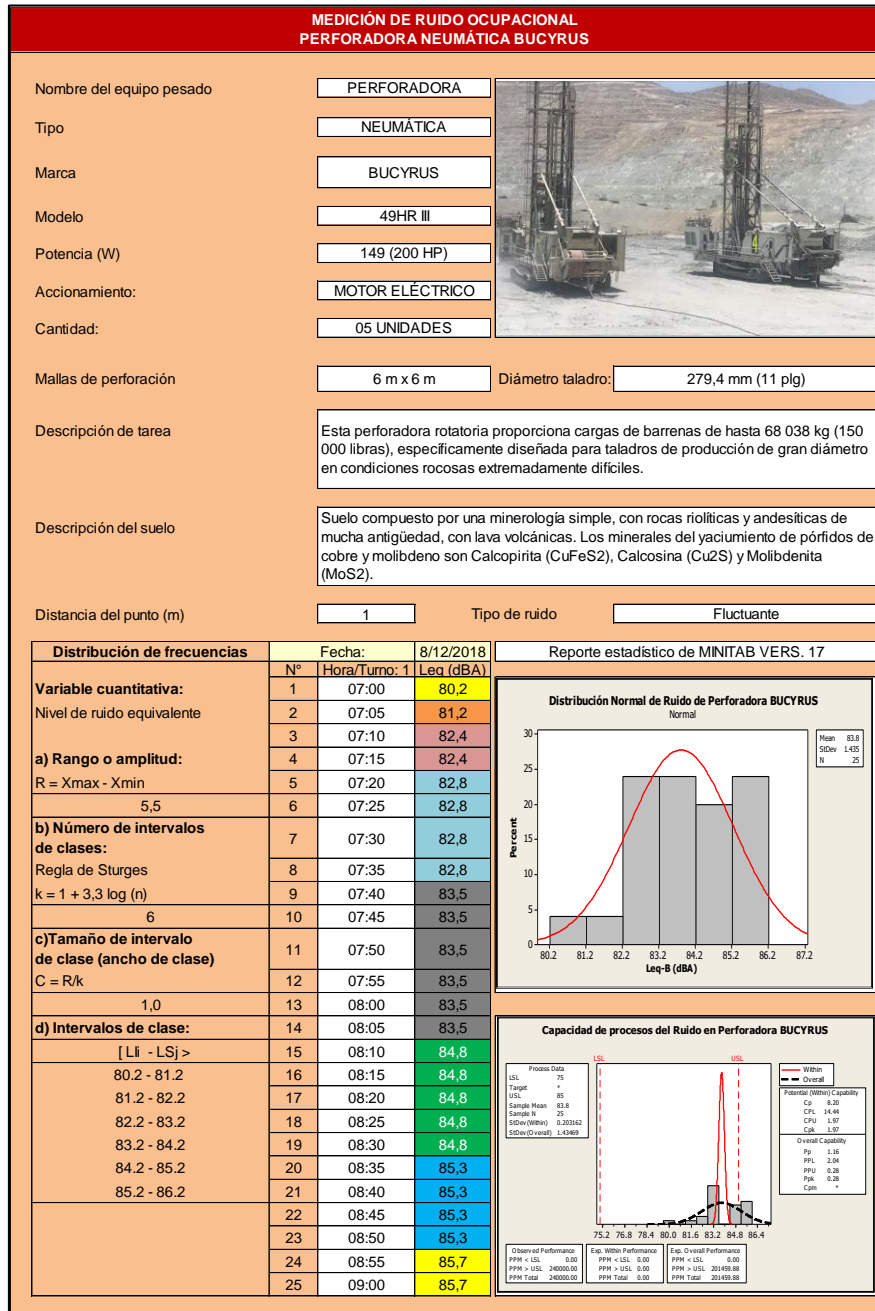


Figura 12. Muestra de ruido en perforadora BUCYRUS  
Anexo 3. Distribución normal y capacidad del ruido  
Fuente: Propia

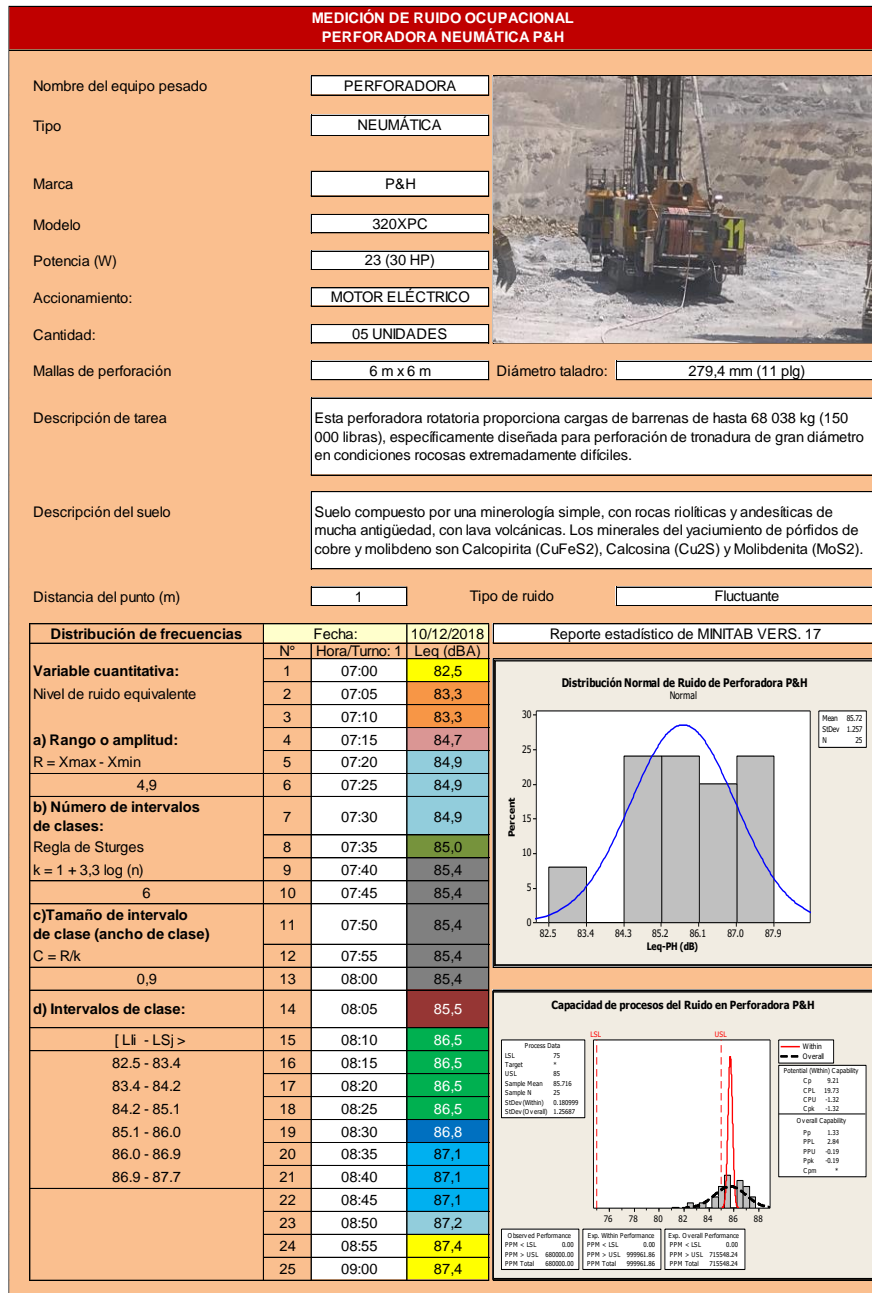


Figura 13. Muestras de ruido en perforadora P&H  
Anexo 3. Distribución normal y capacidad del ruido  
Fuente: Propia

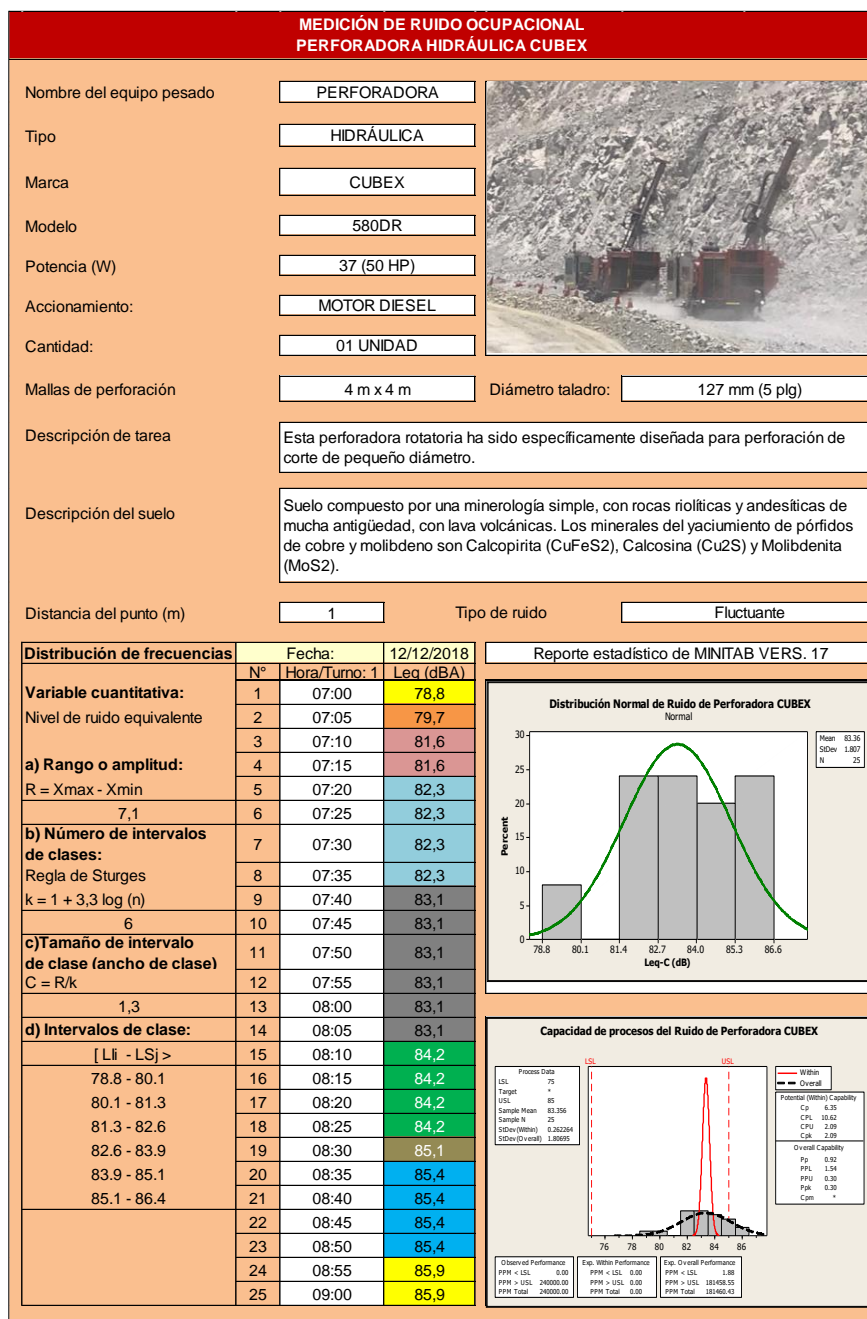


Figura 14. Muestras de ruido en perforadora CUBEX  
Anexo 3. Distribución normal y capacidad del ruido  
Fuente: Propia

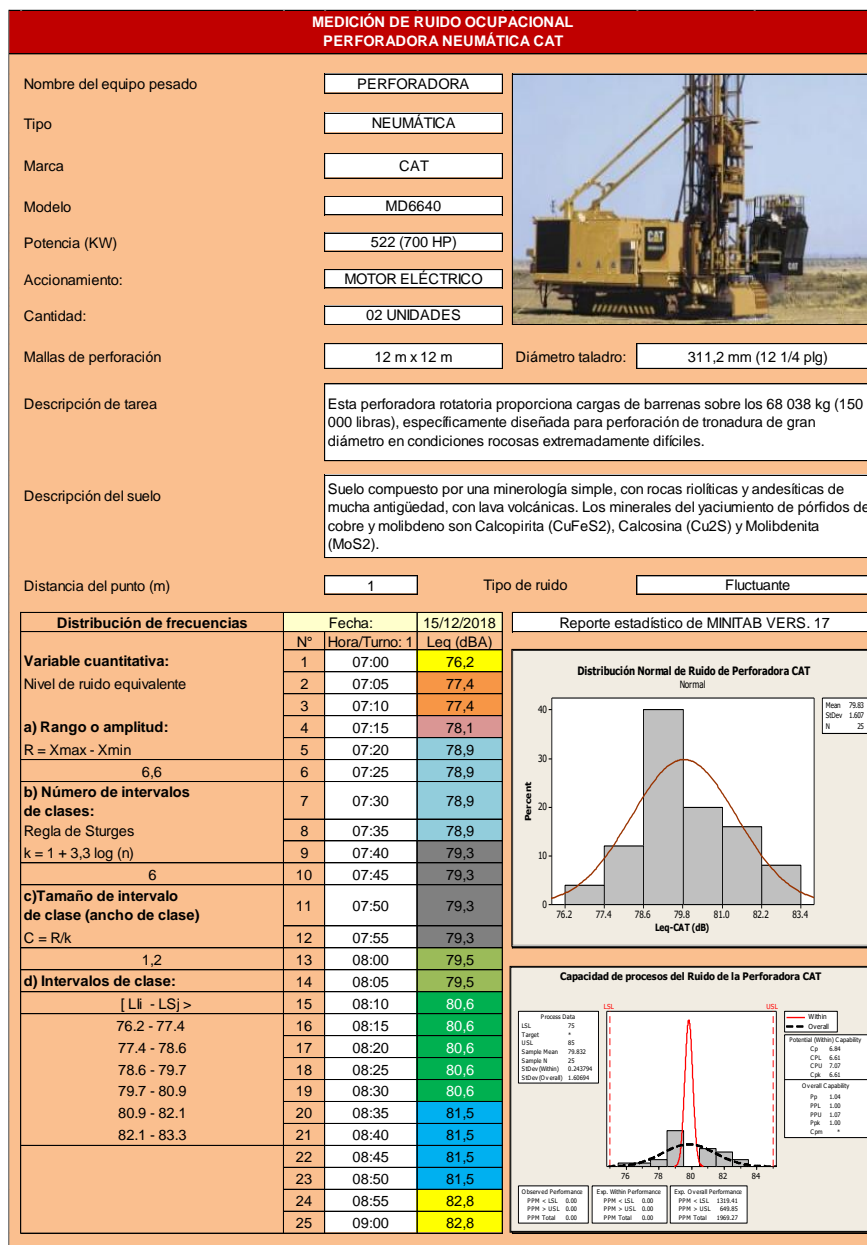


Figura 15. Muestras de ruido en perforadora CAT  
Anexo 3. Distribución normal y capacidad del ruido  
Fuente: Propia

### 3.5. Procesamiento y análisis de datos

#### 3.5.1. Ruido ocupacional de perforadoras

Para el tratamiento estadístico de las muestras de ruido ocupacional de cada perforadora según modelo, se aplicó el programa MINITAB versión 17, para describir el comportamiento de la variable ruido ocupacional (X1), se puede observar en la Figura 12, 13, 14 y 15. Y para el análisis estadístico de variables independientes y dependientes se utilizó el programa SPSS versión 25.

**Tabla 9**  
*Estadísticos descriptivos del ruido ocupacional*

Estadístico descriptivo	Perforadoras				
	BUCYRUS	P&H	CUBEX	CAT	
Media	83,80	85,68	83,39	79,82	
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	83,21	85,13	82,64	79,14
	Límite superior	84,39	86,24	84,15	80,50
Media recortada al 5%	83,88	85,76	83,50	79,84	
Desv. Error	0,29	0,27	0,37	0,33	
Mediana	83,50	85,40	83,10	79,50	
Varianza	2,06	1,81	3,36	2,69	
Desv. Std	1,43	1,34	1,83	1,64	
Asimetría	-0,64	-0,68	-0,68	-0,11	
Curtosis	0,08	0,00	0,43	-0,13	

Fuente: Propia.

Para realizar el análisis de significancia por diversidad de perforadoras respecto al efecto del ruido ocupacional generado por las perforadoras, tenemos que determinar si la variable ruido ocupacional (X1), presenta una distribución normal. Aplicaremos la prueba de Shapiro Wilk ( $n < 30$ ) para contrastar la normalidad de los datos paramétricos. Si  $P - \text{valor} > \alpha$  ( $\alpha = 0,05$ ), aceptamos la hipótesis nula ( $H_0$ ):  $H_0 =$  Los datos provienen de una distribución normal, de lo contrario lo rechazamos. En la Tabla 10, podemos visualizar los resultados del análisis de normalidad y podemos afirmar que la variable de ruido ocupacional (X1), en general presenta una distribución normal, pero la perforadora P&H tiende ligeramente a una distribución log normal.

**Tabla 10**  
*Prueba de normalidad de "X1"*

Perforadoras	Shapiro-Wilk		
	W	gl	Sig.
BUCYRUS	0,919	25	0,050
P&H	0,914	25	0,040
CUBEX	0,928	25	0,080
CAT	0,963	25	0,481

Fuente: Propia.

Ahora realizaremos el análisis de significancia de la variable ruido ocupacional por la diversificación de perforadoras. Aplicaremos la prueba de ANOVA, para evaluar la significancia de la varianza al comparar las medias de la variable "X1" respecto a los modelos de perforadoras. Si  $P$  – valor  $> \alpha$  (alfa = 0,05), aceptamos la hipótesis nula ( $H_0$ ):  $H_0 =$  La variable X1 no difiere entre sí, de lo contrario lo rechazamos.

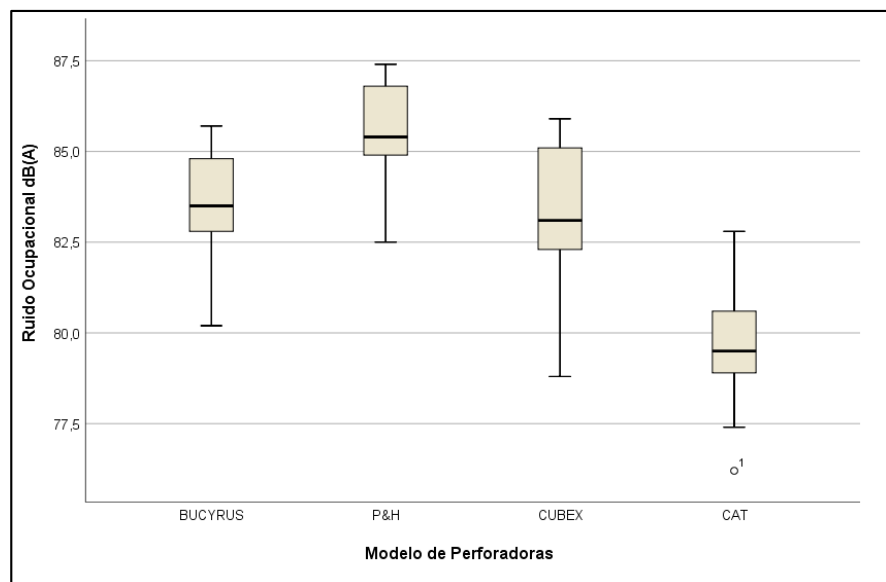


Figura 16. Diversificación de ruido ocupacional  
Fuente: Propia.

De acuerdo a la tabla 11, 12 y 13, podemos afirmar que la variable X1, presenta homogeneidad de varianzas, pero significancia por la diversificación de perforadoras, los cuales se agrupan en 3 subconjuntos.

**Tabla 11***Prueba de Homogeneidad de Varianzas por diversificación en variable "X1"*

Homogeneidad de varianzas		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Ruido Ocupacional dB(A)	Se basa en la media	0,747	3	96	0,527
	Se basa en la mediana	0,582	3	96	0,628
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,582	3	89,420	0,628
	Se basa en la media recortada	0,767	3	96	0,515

Fuente: Propia.

**Tabla 12***Prueba de ANOVA por diversificación en variable "X1"*

Ruido Ocupacional dB(A)	ANOVA				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	449,720	3	149,907	60,484	0,000
Dentro de grupos	237,932	96	2,478		
Total	687,652	99			

Fuente: Propia.

**Tabla 13***Prueba de Tukey por diversificación en variable "X1"*

Ruido Ocupacional dB(A)	Modelo de Perforadoras	N	HSD Tukey <sup>a</sup>		
			Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
	CAT	25	79,8200		
	CUBEX	25		83,3920	
	BUCYRUS	25		83,8000	
	P&H	25			85,6840
Sig.			1,000	0,796	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 25,000.

Fuente: Propia.

### 3.5.2. Dosis de ruido ocupacional en perforadoras

De acuerdo a la medición de ruido ocupacional, según la Guía N° 1 del D.S 024-2016-EM, determinamos el porcentaje de dosis de cada perforadora por la siguiente expresión:

$$Dosis = 100. \left[ \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \dots + \frac{CN}{TN} \right] \quad (4)$$

Donde:

- C es el tiempo que un trabajador está expuesto a cada nivel sonoro.
- T es el tiempo de exposición permitido, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{8}{2^{\frac{(L-85)}{3}}} \quad (5)$$

Donde:

- T es el tiempo de exposición máximo para el nivel de ruido "L".
- L es el nivel de ruido en dB(A).

<b>(%) DOSIS</b>						
<b>PERFORADORA NEUMÁTICA BUCYRUS</b>						
Referencia: Guía N° 1 del D.S 024-2016-EM			Tiempo de exposición/turno (h): 10			
Muestra	Exposición al Ruido Ocupacional				Exposición Máxima	
	Muestreo de Ruido		Extrapolación K = 4,8		Muestra	t (h)
	Leq dB(A)	t (min)	t (min)	t (h)		
C1	80,2	5	24	0,40	T1	24,00
C2	81,2	5	24	0,40	T2	19,25
C3	82,4	10	48	0,80	T3	14,59
C4	82,8	20	96	1,60	T4	13,30
C5	83,5	30	144	2,40	T5	11,31
C6	84,8	25	120	2,00	T6	8,38
C7	85,3	20	96	1,60	T7	7,46
C8	85,7	10	48	0,80	T8	6,81
<b>Leq = 84,01</b>		<b>125</b>	<b>600</b>	<b>10,00</b>	<b>DOSIS = 99,53%</b>	

Figura 17. Dosis de la perforadora BUCYRUS  
Fuente: Propia.

<b>(%) DOSIS</b>						
<b>PERFORADORA NEUMÁTICA P&amp;H</b>						
Referencia: Guía N° 1 del D.S 024-2016-EM			Tiempo de exposición/turno (h): 10			
Muestra	Exposición al Ruido Ocupacional				Exposición Máxima	
	Muestreo de Ruido Ocupacional		Extrapolación K = 4,8		Muestra	t (h)
	Leq dB(A)	t (min)	t (min)	t (h)		
C1	82,5	5	24	0,40	T1	14,25
C2	83,3	10	48	0,80	T2	11,85
C3	84,7	5	24	0,40	T3	8,57
C4	84,9	15	72	1,20	T4	8,19
C5	85	5	24	0,40	T5	8,00
C6	85,4	25	120	2,00	T6	7,29
C7	85,5	5	24	0,40	T7	7,13
C8	86,5	20	96	1,60	T8	5,66
C9	86,8	5	24	0,40	T9	5,28
C10	87,1	15	72	1,20	T10	4,92
C11	87,2	5	24	0,40	T11	4,81
C12	87,4	10	48	0,80	T12	4,59
<b>Leq = 85,87</b>		<b>125</b>	<b>600</b>	<b>10,00</b>	<b>DOSIS = 152,87%</b>	

Figura 18. Dosis de la perforadora P&H  
Fuente: Propia.

<b>(%) DOSIS</b>						
<b>PERFORADORA HIDRÁULICA CUBEX</b>						
Referencia: Guía N° 1 del D.S 024-2016-EM Tiempo de exposición/turno (h): 10						
Muestra	Exposición al Ruido Ocupacional				Exposición Máxima	
	Leq dB(A)	t (min)	Extrapolación K = 4,8		Muestra	t (h)
C1	85,4	20	96	1,60	T1	7,29
C2	78,8	5	24	0,40	T2	24,00
C3	79,7	5	24	0,40	T3	24,00
C4	81,6	10	48	0,80	T4	17,55
C5	82,3	20	96	1,60	T5	14,93
C6	83,1	30	144	2,40	T6	12,41
C7	84,2	20	96	1,60	T7	9,62
C8	85,1	5	24	0,40	T8	7,82
C9	85,9	10	48	0,80	T9	6,50
<b>Leq = 83,73</b>		<b>125</b>	<b>600</b>	<b>10,00</b>	<b>DOSIS = 93,94%</b>	

Figura 19. Dosis de la perforadora CUBEX  
Fuente: Propia.

<b>(%) DOSIS</b>						
<b>PERFORADORA NEUMÁTICA CAT</b>						
Referencia: Guía N° 1 del D.S 024-2016-EM Tiempo de exposición/turno (h): 10						
Muestra	Exposición al Ruido Ocupacional				Exposición Máxima	
	Leq dB(A)	t (min)	Extrapolación K = 4,8		Muestra	t (h)
C1	76,2	5	24	0,40	T1	24,00
C2	77,4	10	48	0,80	T2	24,00
C3	78,1	5	24	0,40	T3	24,00
C4	78,9	20	96	1,60	T4	24,00
C5	79,3	20	96	1,60	T5	24,00
C6	79,5	10	48	0,80	T6	24,00
C7	80,6	25	120	2,00	T7	22,11
C8	81,5	20	96	1,60	T8	17,96
C9	82,8	10	48	0,80	T9	13,30
<b>Leq = 80,11</b>		<b>125</b>	<b>600</b>	<b>10,00</b>	<b>DOSIS = 47,30%</b>	

Figura 20. Dosis de la perforadora CAT  
Fuente: Propia.

En las Figuras 17, 18, 19 y 20, podemos observar las dosimetrías por perforadora. Observándose que la perforadora

P&H supera el máximo permisible, por lo tanto, se debe de utilizar obligatoriamente equipos de protección auditivo como medidas temporales.

### 3.5.3. Pérdida auditiva de los operadores

Para la calcular de la pérdida auditiva de cada operar se utilizo la siguiente expresión:

$$PA = AudOcup - AudIni \quad (6)$$

Donde:

- PA es la pérdida auditiva en dB(A).
- AudOcup es la audiometría ocupacional realizada en el año 2018, en dB(A).
- AudIni es la audiometría inicial realiza al operador antes de su tiempo de servicio.

En la Tabla 14, se pueden observar los resultados de la pérdida auditiva de cada operador.

**Tabla 14**  
Pérdida auditiva de los operadores

Perforadoras	Datos del operador	Audiometría		Pérdida Auditiva dB(A)
	Nombres y Apellidos	Inicial dB(A)	Ocupacional 2018 dB(A)	
BUCYRUS	Eloy Chambilla	5	19,46	14,46
	Martin Zamata	6	21,14	15,14
	Wilfredo Chipana	6	19,79	13,79
	Rene Zapana	7	20,79	13,79
	Fabian Marca	3	17,46	14,46
	Adolfo Nina	4	25,38	21,38
P&H	Juan Acosta	7	28,38	21,38
	Acuaro Montoya	7	27,70	20,70
	Eder Quispe	4	26,05	22,05
	Juan Vascones	6	25,35	19,35
	Pedro Herrera	7	27,03	20,03
CUBEX	Beltran Arcata	6	22,46	16,46
	Elvis Flores	7	23,46	16,46
CAT	Jhunior Aguilar	6	18,76	12,76
	Rogelio Vilca	6	17,41	11,41

Fuente: Propia.

#### 3.5.4. Pérdida auditiva de operador por diversificación

En la tabla 15, 16 y 17, se puede observar los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas, ANOVA y Tukey, para determinar la significancia por diversificación de perforadoras respecto a la variable Y.

**Tabla 15***Prueba de Homogeneidad de Varianzas por diversificación en variable "Y"*

Homogeneidad de varianzas		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Pérdida Auditiva dB(A)	Se basa en la media	2,469	3	11	0,117
	Se basa en la mediana	1,928	3	11	0,184
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,928	3	7,955	0,204
	Se basa en la media recortada	2,478	3	11	0,116

Fuente: Propia.

**Tabla 16***Prueba de ANOVA por diversificación en variable Y*

Pérdida Auditiva dB(A)	ANOVA				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	171,794	3	57,265	88,425	0,000
Dentro de grupos	7,124	11	0,648		
Total	178,918	14			

Fuente: Propia.

**Tabla 17***Prueba de Tukey por diversificación en variable Y*

HSD Tukey <sup>a,b</sup>	Perforadoras	N	Pérdida Auditiva dB(A)			
			Subconjunto para alfa = 0.05			
			1	2	3	4
	CAT	2	12,0850			
	BUCYRUS	5		14,3280		
	CUBEX	2			16,4600	
	P&H	6				20,8150
Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,927.

b. Los tamaños de grupo no son iguales.

Fuente: Propia.

Aplicamos la prueba de ANOVA, para evaluar la significancia la variable “Y”, respecto a la diversificación de perforadoras. Si  $P - \text{valor} > \alpha$  (alfa = 0,05), aceptamos la hipótesis nula ( $H_0$ ):  $H_0 =$  La variable “Y” no difiere entre sí, de lo contrario lo rechazamos. De la tabla 16 y 17, el P-valor (0,00)  $< \alpha$  (alfa = 0,05), por lo tanto, podemos afirmar que la variable “Y”, presenta significancia por la diversificación de perforadoras y se agrupa en 4 subconjuntos.

### 3.5.5. Influencia en la salud ocupacional del operador

La pérdida auditiva puede variar en grado, desde una condición leve que difícilmente puede notarse, hasta la pérdida profunda de la función auditiva. Según la tabla 18, determinaremos el grado de pérdida auditiva de cada operador.

**Tabla 18**  
*Grado de pérdida auditiva*

Grados de Pérdida Auditiva	
Audición normal	0 a 20 dB(A)
Hipoacusia leve	20 a 40 dB(A)
Hipoacusia moderada	40 a 70 dB(A)
Hipoacusia severa	70 a 90 dB(A)
Hipoacusia profunda	90 dB(A) a más dB(A)

Fuente: OMS.

En el anexo 3 y 4, se pueden observar los datos y resultados del estudio. Y en la figura 21, observamos el cuestionario para evaluar el nivel de ansiedad en operadores.

RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE NIVEL DE ANSIEDAD A LOS OPERADORES DE PERFORADORAS					
UNIDAD DE PRODUCCIÓN: TOQUEPALA					REGIÓN: TACNA
Intensidad de ruido en la cabina del equipo pesado (perforadora):					
Alto:	<input type="checkbox"/>	Medio:	<input type="checkbox"/>	Bajo:	<input checked="" type="checkbox"/>
Escala de calificación					
1: Nunca o raras veces    2: Algunas veces    3: Buen número de veces    4: La mayoría de veces					
Item del Cuestionario	Respuesta				Total
	1	2	3	4	
1	2	2			
2		4			
3	4				
4	4				
5		4			
6	3	1			
7		4			
8		4			
9			3	1	
10	3	1			
11	3	1			
12	3	1			
13	3		1		
14	3	1			
15	3	1			
16	3	1			
17			4		
18	3	1			
19	3		1		
20	4				
Frecuencia absoluta	44	26	9	1	80
Frecuencia relativa %	55%	33%	11%	1%	100%
Evaluación	E. cuantitativa	E. cualitativa	Hipoacusia	20	
	1 < 45 puntos	No hay ansiedad	No		
	2 De 45 a 59 puntos	Ansiedad moderada	Si, moderada		
	3 De 60 a 74 puntos	Ansiedad severa	Si, leve		
	4 > 75 puntos	Ansiedad muy severa	Si, crónica		
<b>Interpretación:</b> Se ha encontrado que, en la mina de Toquepala el 55% de los Operadores estudiados no presentaron riesgo de ansiedad ni de hipoacusia, seguida por 33% que presentan ansiedad moderada y sólo 11% que mostraron una ansiedad severa con hipoacusia leve.					

Figura 21. Encuesta de nivel de ansiedad  
Fuente: Propia.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

En la tabla 19, 20 y 21, se pueden observar el resumen de resultados de la presente investigación.

**Tabla 19**  
*Resumen de los resultados por operador*

Perforadoras	Leq dB(A)	DOSIS (%)	Operadores	Edad (Años)	Tiempo Servicios (Años)	Pérdida Auditiva dB(A)	Situación Médica
BUCYRUS	84,01	99,53	Eloy Chambilla	49	10	14,46	Normal
			Martin Zamata	38	11	15,14	Normal
			Wilfredo Chipana	36	9	13,79	Normal
			Rene Zapana	51	9	13,79	Normal
			Fabian Marca	39	10	14,46	Normal
P&H	85,87	152,87	Adolfo Nina	48	20	21,38	Hipoacusia Leve
			Juan Acosta	55	20	21,38	Hipoacusia Leve
			Acuaro Montoya	54	19	20,70	Hipoacusia Leve
			Eder Quispe	49	21	22,05	Hipoacusia Leve
			Juan Vascones	46	17	19,35	Normal
			Pedro Herrera	50	18	20,03	Hipoacusia Leve
CUBEX	83,73	93,94	Beltran Arcata	49	13	16,46	Normal
			Elvis Flores	51	13	16,46	Normal
CAT	80,11	47,30	Jhunion Aguilar	37	8	12,76	Normal
			Rogelio Vilca	33	6	11,41	Normal

Fuente: Propia.

**Tabla 20**  
Resumen de los resultados por perforadora

Resultados Estadísticos		Diversificación de Perforadoras			
		BUCYRUS A1	P&H B2	CUBEX C3	CAT D4
Ruido Ocupacional	Leq (dBA)	84,01	85,87	83,73	80,11
	Std (dBA)	1,43	1,34	1,83	1,64
	Leq Residual (dBA)	64,01	65,87	63,73	60,11
	Dosis (%)	1,00	1,53	0,94	0,47
	Dosis Residual (%)	62,50	62,50	62,50	62,50
Pérdida Auditiva	Diferencia Audiométrica (dBA)	14,33	20,82	16,46	12,09
	Std (dBA)	0,56	0,99	0	0,95
Salud Ocupacional	Ambiente Ocupacional	Permisible	No Permisible	Permisible	Permisible
	Situación Medica	Normal	Hipoacusia Leve	Normal	Normal

Fuente: Propia.

**Tabla 21**  
Resumen de los resultados de operadores

Resultados Estadísticos		Operadores
Ruido Ocupacional	Leq (dBA)	84,20
	Std (dBA)	1,90
	Leq Residual(dBA)	64,20
	Dosis (%)	113,16
	Dosis Residual (%)	62,50
Pérdida Auditiva	Diferencia Audiométrica (dBA)	16,91
	Std (dBA)	3,57
Salud Ocupacional	Ambiente Ocupacional	No Permisible
	Situación Medica	Normal

Fuente: Propia.

#### 4.1.1. Relación de la variable “X1” y “Y”

El presente estudio partió con la hipótesis específica de que existía relación entre el ruido ocupacional y la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala. Planteándose como hipótesis nula (Ho): Las variables se relacionan, y como hipótesis alternativa (H1): Las variables son independientes.

En la tabla 22, se pueden observar los resultados de la prueba de Pearson en la variable “X1” y “Y”.

**Tabla 22**  
*Prueba de Pearson para las variables “X1” y “Y”*

Variables		Ruido ocupacional dB(A)	Pérdida auditiva dB(A)
Ruido ocupacional dB(A)	Correlación de Pearson	1	,854**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	15	15
Pérdida auditiva dB(A)	Correlación de Pearson	,854**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	15	15

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

Fuente: Propia.

Observamos que el P-valor  $< \alpha$  (alfa = 0.05), por lo tanto, rechazamos la hipótesis de independencia y se asume que la variable “X1” y “Y” están relacionadas. El indicador de Pearson describe que la correlación es fuerte y positiva.

En la figura 22, se puede observar que la variable “X1” y “Y” presentan las mismas tendencias, lo que fortalece la relación entre ambas variables. Siendo la perforadora A1 la de mayor desviación en la tendencia.

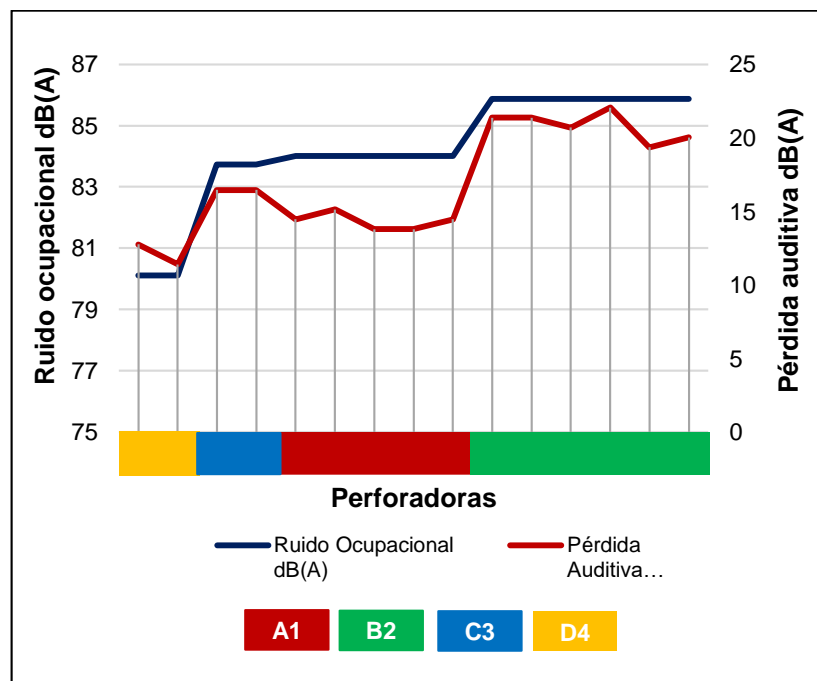


Figura 22. Tendencia de ruido ocupacional y pérdida auditiva  
Fuente: Propia.

#### 4.1.2. Relación de la variable “X2”, “X3” y “Y”

El presente estudio partió con la hipótesis específica de que existía relación entre la edad y tiempo de servicios con la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala. Planteándose como hipótesis nula (Ho): Las variables se relacionan, y como hipótesis alternativa (H1): Las variables son independientes.

En la tabla 23 y 24, se pueden observar los resultados de la prueba de Pearson de las variables “X2”, “X3” y “Y”.

**Tabla 23**  
*Prueba de Pearson para las variables “X2” y “Y”*

Variables		Edad (Años)	Pérdida auditiva dB(A)
Edad (Años)	Correlación de Pearson	1	,711**
	Sig. (bilateral)		0,003
	N	15	15
Pérdida Auditiva dB(A)	Correlación de Pearson	,711**	1
	Sig. (bilateral)	0,003	
	N	15	15

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).  
Fuente: Propia.

En la figura 23, se puede observar que la variable “X2” y “Y” siguen la misma tendencia. Sin embargo, las perforadoras A1, B2, C3 presentan mayores desviaciones entre los 40 y 52 años de edad, pudiendo afectar significativamente a la relación de las variables.

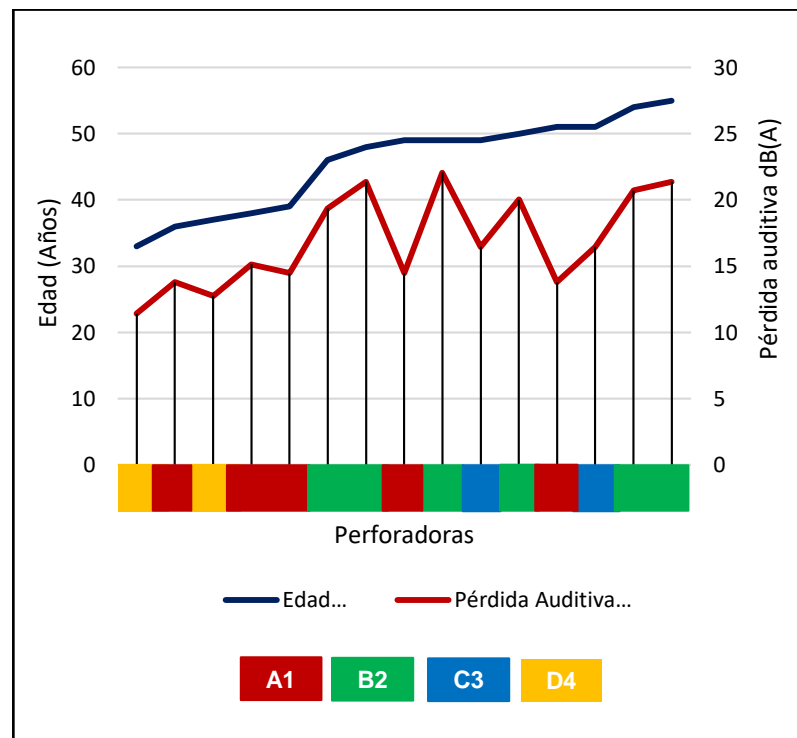


Figura 23. Tendencia de edad y pérdida auditiva  
Fuente: Propia.

**Tabla 24***Prueba de Pearson para las variables “X3” y “Y”*

Variablen		Tiempo de Servicios (Años)	Pérdida Auditiva dB(A)
Tiempo de Servicios (Años)	Correlación de Pearson	1	1,000**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	15	15
Pérdida Auditiva dB(A)	Correlación de Pearson	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	15	15

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).  
Fuente: Propia.

Observamos en ambas tablas que el P-valor  $< \alpha$  (alfa = 0.05), por lo tanto, rechazamos la hipótesis de independencia y se asume que las variables “X2”, “X3” y “Y” están relacionadas. El indicador de Pearson describe que la correlación es moderada y positiva.

En la figura 24, se puede observar que la variable “X3” y “Y” presentan las mismas tendencias, lo que fortalece la relación entre ambas variables.

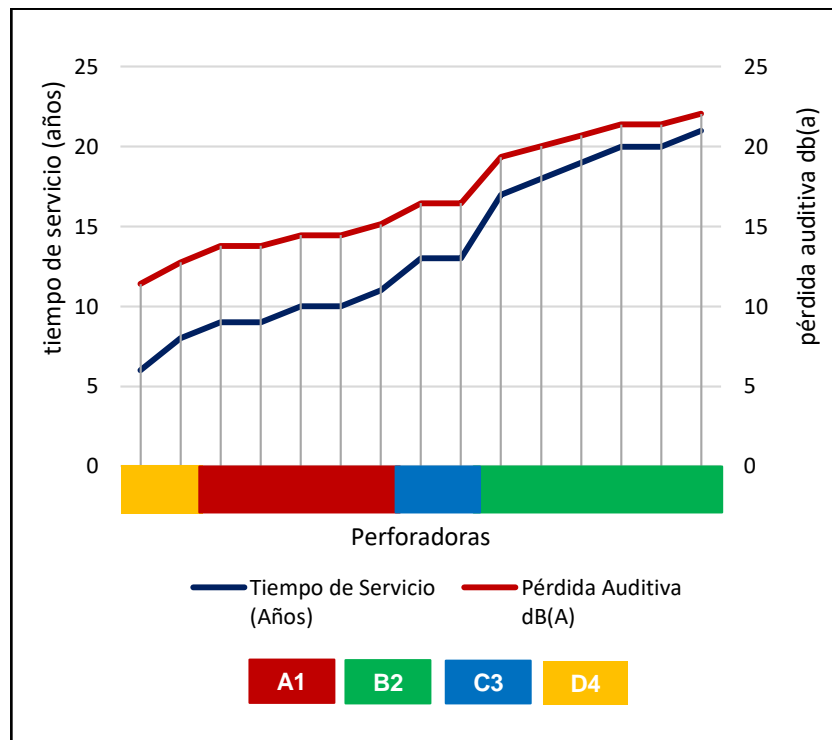


Figura 24. Tendencia de tiempo de servicio y pérdida auditiva  
Fuente: Propia.

Luego de comprobar las relaciones existentes entre las variables de estudio, realizamos el análisis multivariable, con la finalidad de obtener la expresión  $Y = f(X1, X2, X3)$ , se obtuvo en función de la variable "X1" y "X3", debido al coeficiente nulo de la variable edad (X2), por lo tanto, el modelo de la pérdida auditiva (confianza de ajuste al 92 %), se expresa de la siguiente manera:

$$Y = 0,09 X1 + 0,67 X3 \quad (7)$$

Donde:

- “Y” es la pérdida auditiva del operador en dB(A).
- “X1” es el ruido ocupacional de la perforadora en dB(A).
- “X3” es el tiempo de servicios del operador en años.

#### **4.1.3. Influencia por diversificación de perforadoras**

En la tabla 16 y 17, se afirma que existe un efecto significativo en la salud ocupacional de los operadores por la diversificación de perforadoras en la mina Toquepala.

De acuerdo a la tabla 18, efecto del ruido ocupacional influye significativamente en la salud de los trabajadores si la pérdida auditiva  $\geq 20$  dB(A). Entonces para identificar las perforadoras que influyen significativamente en la salud del operador, planteamos la siguiente hipótesis para cada perforadora, hipótesis nula ( $H_0$ ):  $\mu \geq 20$  dB(A) e hipótesis alternativa ( $H_1$ ):  $\mu < 20$  dB(A).

Se realizó el análisis de contraste unilateral de la hipótesis por diversificación de perforadoras, obteniendo los resultados de la tabla 25.

**Tabla 25**  
*Prueba de T-Student por diversificación para la variable "Y"*

Perforadoras	Pérdida auditiva dB(A)				
	N	Media	Desviación Estándar	t	Sig. (unilateral)
BUCYRUS	5	14,328	0,5642	-22,481	0
P&H	6	20,815	0,99392	2,009	0,0505
CUBEX	2	16,46	0	-	-
CAT	2	12,085	0,95459	-11,726	0,027

Fuente: Propia.

Para la perforadora A1: El P-valor unilateral (0,00) <  $\alpha$  (alfa = 0,05), por lo tanto, podemos afirmar que la perforadora A1 no influye significativamente en la salud del operador. Para la perforadora B2: El P-valor unilateral (0,0505) >  $\alpha$  (alfa = 0,05), por lo tanto, podemos afirmar que la perforadora B2 influye significativamente en la salud del operador.

Para la perforadora C3: El P-valor unilateral (0,00) <  $\alpha$  (alfa = 0,05), por lo tanto, podemos afirmar que la perforadora C3 no influye significativamente en la salud del operador. Para la perforadora D4: El P-valor unilateral (0,027) <  $\alpha$  (alfa = 0,05),

por lo tanto, podemos afirmar que la perforadora D4 no influye significativamente en la salud del operador.

Por lo tanto, según la tabla 25, afirmamos que la diversificación de perforadoras influye significativamente en la salud ocupacional de los trabajadores, esas diferencias son observables en las figuras 25, 26, 27 y 28. Y el efecto del ruido generado por la perforadora B2 es la única que influye significativamente en la salud del operador.

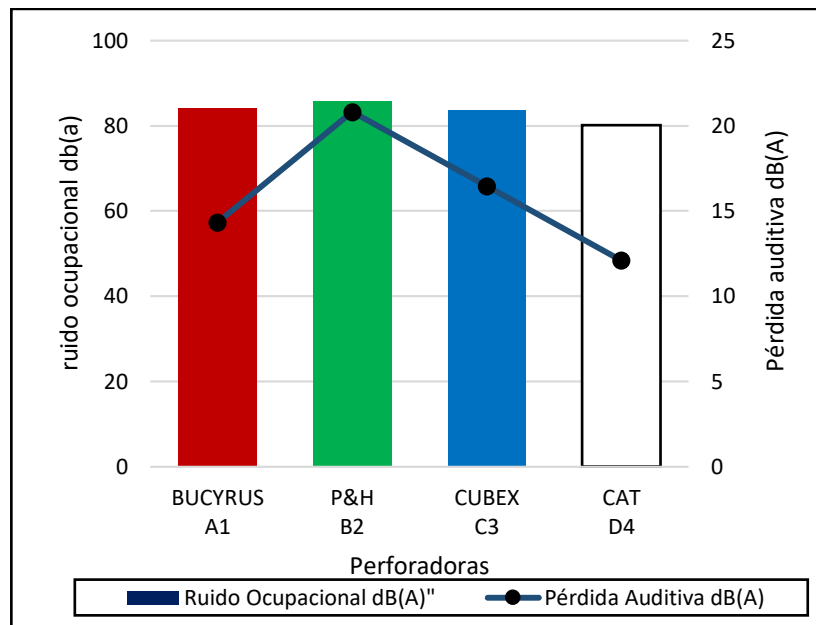


Figura 25. Diversificación de las variables "X1" y "Y"  
Fuente: Propia.

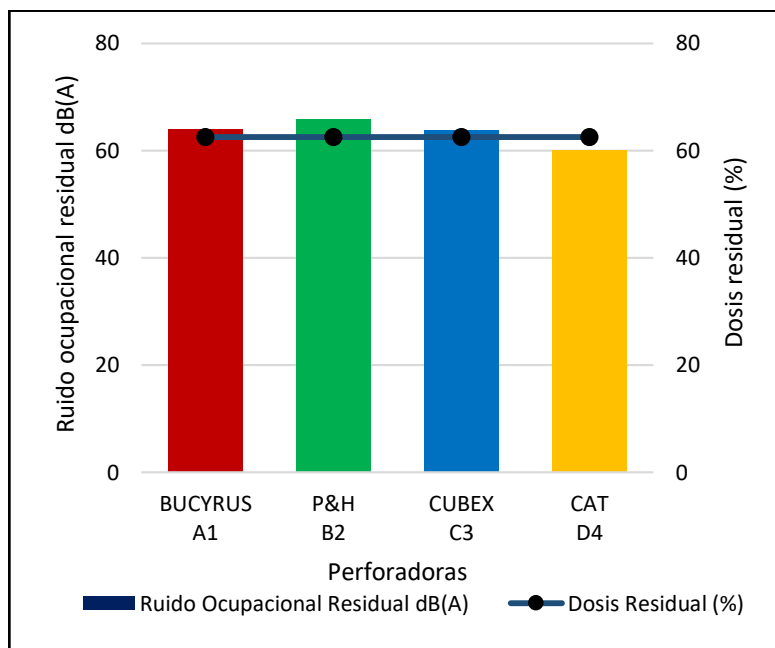


Figura 26. Diversificación de las variables "X1" y dosis residual  
Fuente: Propia.

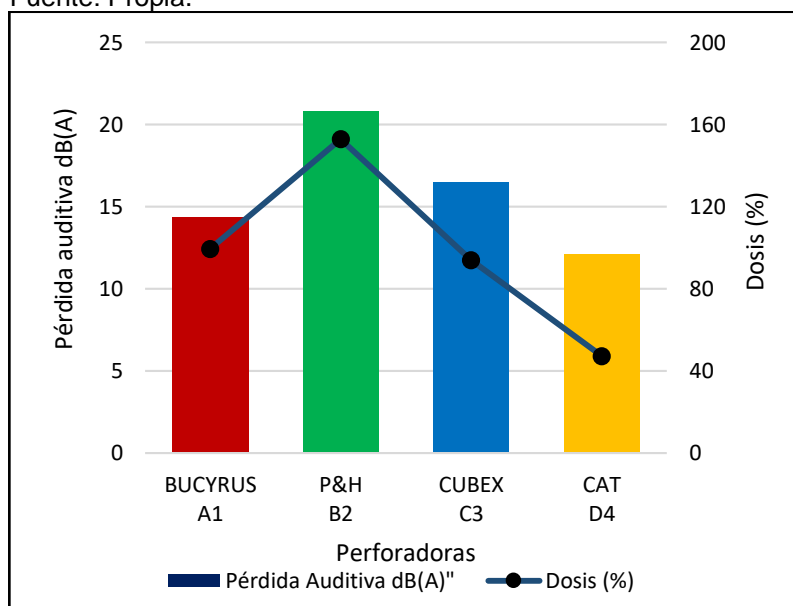


Figura 27. Diversificación de las variables "Y" y dosis  
Fuente: Propia.

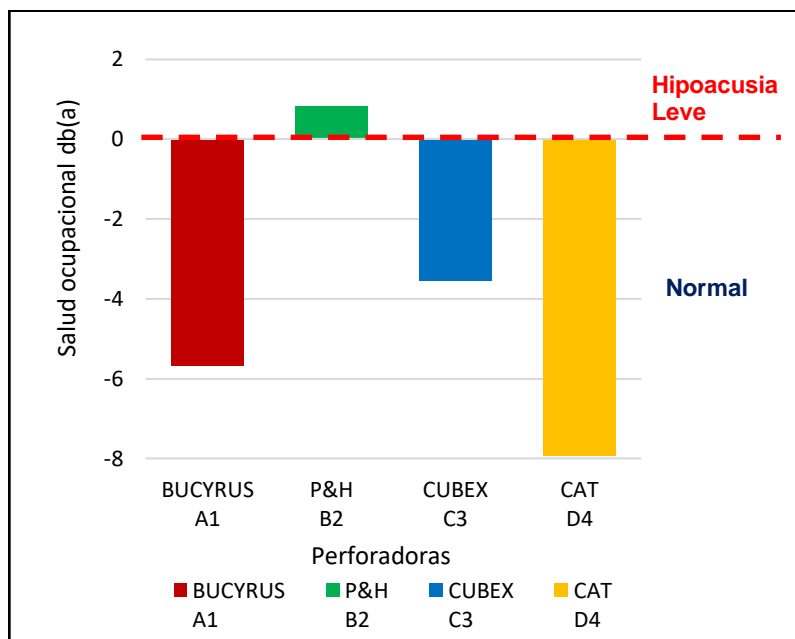


Figura 28. Diversificación en la salud ocupacional  
Fuente: Propia.

#### 4.1.4. Influencia del efecto del ruido generado por las perforadoras en la salud ocupacional de los operadores

En la tabla 26, observamos el estadístico muestral de la pérdida auditiva de los operadores de la mina de Toquepala.

**Tabla 26**  
*Resultados muestrales de la variable "Y"*

Estadísticas	N	Media	Desviación estándar	Desv. Error promedio
Pérdida Auditiva dB(A)	15	16,9080	3,57489	0,92303

Fuente: Propia.

El presente estudio partió con la hipótesis de que existía una influencia significativa entre el efecto del ruido generado por las perforadoras y la salud ocupacional de los operadores de la mina Toquepala.

De acuerdo a los resultados de la tabla 22, podemos afirmar que existe relación entre el ruido ocupacional y la pérdida auditiva. Y de acuerdo a la tabla 18, establecemos la premisa, “El efecto del ruido influye significativamente en la salud ocupacional de los trabajadores si la pérdida auditiva  $\geq 20$  dB(A)”; Para el contraste unilateral, consideramos como hipótesis nula ( $H_0$ ):  $\mu \geq 20$  dB(A) e hipótesis alternativa ( $H_1$ ):  $\mu < 20$  dB(A).

**Tabla 27**  
Prueba de T-Student por salud ocupacional para la variable “Y”

Pérdida auditiva dB(A)	Valor de prueba = 20 Ho: $\mu \geq 20$ dB(A)					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
	3,350	14	0,005	-3,09200	-5,0717	-1,1123

Fuente: Propia.

De la tabla 27, obtenemos el P-valor (unilateral) = P-valor (bilateral)/2, obteniendo un P-valor (0.0025)  $< \alpha$  (alfa = 0.05), por lo

tanto, concluimos que los datos muestrales proporcionan suficiente evidencia para rechazar  $H_0$ , entonces afirmamos que el efecto del ruido ocupacional no influye significativamente en la salud ocupacional de los operadores.

Se realizó un estudio a los operadores de la mina de Toquepala, sobre los efectos del ruido ocupacional con la finalidad de determinar el nivel de ansiedad en los operadores. Los resultados del estudio se presentan en la figura 29.

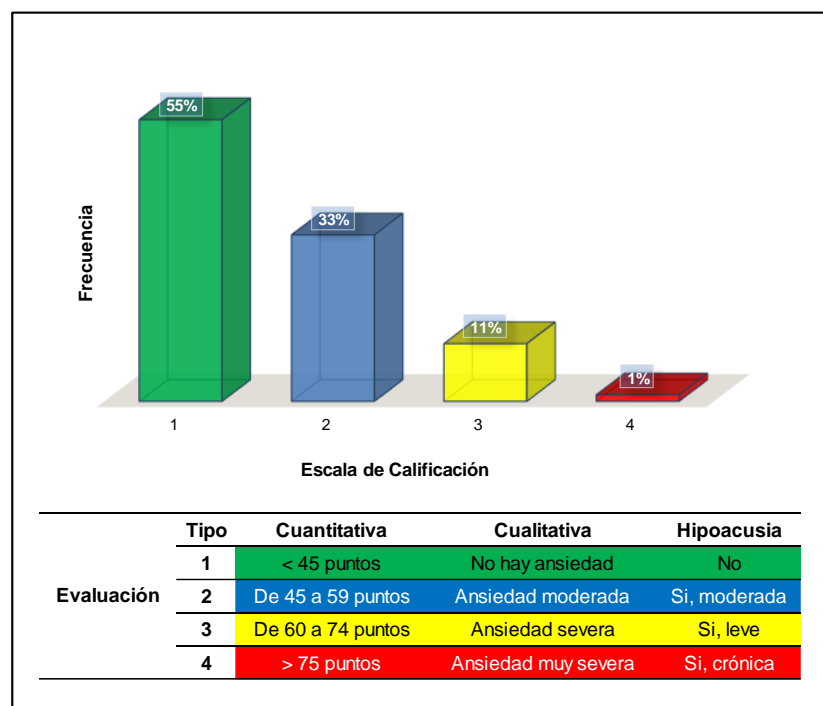


Figura 29. Resultados de cuestionario sobre el nivel de ansiedad  
Fuente: Propia.

## **4.2. Discusión**

### **4.2.1. Resultado de relación en las variables de estudio**

La pérdida auditiva es de sumo interés en los ambientes ocupacionales debido a los altos niveles de ruido generados por las perforadoras. Está relacionado a características de sonido (principalmente intensidad y duración) y la persona expuesta al sonido (genética, estado de salud y otros factores). Romero M. (2015), hace referencia a la relación existente entre las variables características del sonido y del trabajador, mencionando que la relación existente entre la cantidad de exposición al ruido y la pérdida resultante de la audición se complica porque no es lineal.

En las dos primeras hipótesis específicas del presente estudio se planteó que la pérdida auditiva (Y) está relacionada con el ruido ocupacional (X1), edad del operador (X2) y tiempo de servicio del operador (X3); al ser aceptadas las dos hipótesis, se contrastará las referencias establecidas en el estudio realizado por Romero (2015). Y al realizar el modelo

multivariable mediante la expresión  $Y = f(X1, X3)$ , estaríamos aportando una metodología constructiva para predecir el efecto del ruido en base a los parámetros “X1” y “X3”, y así poder implementar medidas correctivas a tiempo, para prevenir la hipoacusia en los operadores.

De acuerdo a los resultados del presente estudio, la pérdida auditiva está fuertemente relacionada al ruido ocupacional (correlación Pearson al 85 %) y al tiempo de servicio de los operadores (correlación Pearson casi al 100 %); a diferencia de la variable edad del operador (correlación Pearson al 71 %), que presentó una moderada relación con la variable “Y”, reflejando su insignificancia en el modelo multivariable (confianza al 91 %);  $Y = 0.09 X1 + 0.67 X3$ .

Por lo tanto, el estudio realizado acepta las hipótesis específicas planteadas ( $P\text{-valor} < \alpha$ ), afirmando que la relación de las variables de estudio.

Con los resultados obtenidos, podemos afirmar que las relaciones establecidas en la referencia del estudio realizado

por Romero (2015), se aplica en los estudios de la salud de los operadores de perforadoras de la mina Toquepala.

Con respecto al comportamiento no lineal de la relación entre la variable “X1” y “Y”, el presente estudio no aplicó un diseño metodológico adecuado para la determinación de la sensibilidad de la variable “Y” respecto a cambios críticos de la variable “X1”.

#### **4.2.2. Resultados por diversificación de perforadoras**

El presente estudio se realizó con 4 modelo de perforadoras (BUCYRUS, P&H, CUBEX y CAT) y 15 operadores, originando así 2 enfoques de análisis. El primer enfoque se fundamenta en la diversificación de perforadoras (4 modelos) y el segundo enfoque en el operador (15 operadores).

Según los resultados del primer enfoque; la perforadora que tiene la dosis más aceptable es la CAT (47 %), mientras que las demás han sido evaluadas como maquinarias críticas

en dosimetría que afectan a la salud ocupacional de los operadores. El orden de dosis de mayor a menor es: P&H (153 %) > BUCYRUS (100 %) > CUBEX (94 %).

Según las dosis, las perforadoras BUCYRUS, CUBEX y CAT presentan un ambiente ocupacional permisible, por lo que se recomienda seguir con la capacitación de prevención de pérdida auditiva (según la guía N°01. DS 024 – 2016 – EM), mientras que la perforadora P&H presenta un ambiente ocupacional no permisible, por lo tanto, es obligatorio usar equipos de protección auditiva al operar esta perforadora.

Al aplicar las medidas de control temporal recomendadas en el estudio, se obtuvo una dosis residual del 63 %. Con esta dosimetría el operador podrá permanecer por más de 12 horas/día, cumpliendo así su jornada laboral en margen de la normativa.

La perforadora que tiene la menor pérdida auditiva es la CAT (12 +/- 0,95 dB(A)). El orden de la pérdida auditiva de

mayor a menor es: P&H (20,82 +/- 0,99 dB(A)) > CUBEX (16,46 dB(A)) > BUCYRUS (14,33 +/- 0,56 dB(A)).

Mediante el presente estudio, se afirmó que el efecto del ruido de la perforadora P&H influye significativamente a la salud de los operadores, por lo tanto, se puede afirmar que los operadores de la perforadora P&H presentan inicios de hipoacusia leve (figura 28).

Según los resultados del segundo enfoque; los operadores presentan una dosis media del 113 %, indicándonos que el ambiente ocupacional en general esta categorizado como no permisible, por lo tanto, el operador tendrá que usar obligatoriamente sus implementos de seguridad para atenuar la exposición al ruido y obtener una dosis residual de 63 %. Y la pérdida auditiva general es de 16,91 +/- 3,57 dB(A). El presente estudio afirmó que los operadores presentan una situación médica normal. Por lo tanto, la influencia del efecto del ruido de la perforadora P&H se hace insignificante en la salud de los operadores. Entonces se puede afirmar que existe un efecto significativo en la salud

de los operadores por la diversificación de perforadoras en la mina Toquepala.

En conclusión, para lograr mitigar el riesgo de hipoacusia en los operadores y hacerlo insignificante, el trabajador debe de rotar sistemáticamente en la operación de cada perforadora.

#### **4.2.3. Resultados de la influencia del efecto del ruido generado por las perforadoras en la salud ocupacional de los operadores**

El presente estudio aceptó la hipótesis alternativa, “El efecto del ruido generado por las perforadoras no influye significativamente en la salud ocupacional de los operadores de la mina Toquepala”, por lo tanto, se afirma que la mina de Toquepala cumple con la normativa, estándares y prevención de riesgos en la salud ocupacional de sus operadores. Según los resultados del cuestionario para determinar el nivel de ansiedad de los operadores (figura 29), el 55 % de los operadores respondieron no tener ansiedad por hipoacusia.

Por lo tanto, el cuestionario muestra una relación con los resultados obtenidos en el presente estudio. Por diferencia, el 44 % de los operadores que presentan ansiedad se relacionan con el 40 % de los operadores que presentan hipoacusia leve (perforadora P&H), debiéndose en mayor parte a las condiciones sub-estándar.

Calderón (2018), indica que el 66,7 % de los operadores tiene un nivel de molestia significativa y el 77,8 % indica que el nivel de ruido afecta en la atención al trabajo y en la comunicación verbal. Por lo tanto, mediante este estudio se puede validar que el personal tiene conocimiento de las causas y efectos del ruido ocupacional en la salud. Sin embargo, existe un 26,7 % de operadores que no se relacionan a las condiciones sub-estándar.

## CONCLUSIONES

Se determinó que la pérdida auditiva de los operadores (Y) y el ruido ocupacional (X1) generado por las perforadoras de la mina Toquepala están relacionados significante con una confianza del 85 %.

Se determinó que la edad del operador (X2) y el tiempo de servicios del operador (X3) se relacionan significativamente con la pérdida auditiva con una confianza del 71 % y 100 % respectivamente. Mediante el análisis multivariable se concluyó con el modelo  $Y = 0,09 X1 + 0,67 X3$  con una confianza al 91 %.

Se concluyó que la diversificación de las perforadoras afecta significativamente en la salud ocupacional de los operadores, con una diferencia de 4 dB(A) la situación médica cambio de normal a hipoacusia leve, demostrando así la sensibilidad critica por diversificación.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda diseñar un programa integral de mitigación y control del ruido ocupacional en las operaciones mineras de Toquepala, donde se incluyan cabinas de insonorización, pudiendo atenuar el ruido de 15 a 30 dB(A).

Se recomienda implementar un programa anual de sensibilización para los operadores de las perforadoras, considerando los efectos y consecuencias de la salud por el uso inadecuado de los equipos de protección auditiva.

Se recomienda tomar las acciones correctivas en el mediano plazo, sobre todo en las perforadoras P&H, ya que los valores promedios de ruido superan los 85 dB(A), supera el límite permisible de la normatividad peruana y presenta mayor pérdida auditiva.

Realizar un estudio más detallado de la perforadora P&H, para descartar el acto sub-estándar del operador.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arango Retamozo, S. (2012). *Reducción de los impactos sonoros en la explotación de caliza en la mina Coimolache Babamarca, Cajamarca, Perú 2011-2012*. Universidad de Trujillo, Trujillo.

Calderón, S. (2018). *Evaluación ergonómica de los operadores de equipos mineros, para la prevención de los riesgos disergonómicos en la mina Toquepala*. UNJBG, Tacna.

Chadid Díaz, A., Molina Barón, Y., Ruiz Arrighi, L., Serna Correa, L., & Palacios Gamboa, I. (2014). *Entorno laboral minero a nivel internacional y nacional: sus efectos en la salud y propuesta de abordaje integral desde lo conceptual*. Universidad CES, Medellín.

Herrera H. Juan, Castilla G. Jorge. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

Londoño F. y otros. (1997). *Hipoacusia neurosensorial por ruido industrial*. Fac. Nac. Salud Pública, 24.

Macias Aguilar, C. (2017). *Factores de pérdida auditiva en trabajadores expuestos a ruido en la minera subterránea de la empresa Primine Cia. Ltda., y desarrollo de medidas preventivas*. Universidad de AZUAY, cuenca.

MINAM D.S 023.2017-EM. (28 de julio del 2017). EL PERUANO, p. 12.

MINTRA. (2008). *Norma básica de ergonomía y de procedimiento de riesgo disergonómico*. Ergonomía, 17.

MTPE. (2016). *Ley general de salud. Cap. VII, Higiene y seguridad en los ambientes de trabajo*. Lima.

Ramos Paucara, J. (2015). *Análisis del ruido y sus consecuencias en la salud de los trabajadores de una estación de sondaje de perforación en la empresa EXADRILLING S.A.C., Arequipa, 2014*. Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa.

Romero Vásquez, M. (2015). *Exposición laboral al ruido de los trabajadores de una mina a tajo abierto debido a la expansión, ubicación y tipo de actividad de los operadores, en la región norte del país*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

Southern Peru Copper Corporation - SPCC (2017). Informes y presentaciones de operaciones, SPCC.

TECNOMAB. (2016). *Manual de TENMARS*. Equipamiento & Instrumentación, 40.

UE, J. d. (2009). *Ruido y salud*. Andalucía - España: OSMAN.

Urday Pareja, M. (2017). *Lesiones auditivas inducidas por ruido encontradas en exámenes ocupacionales realizados en un centro médico de Arequipa 2011 – 2012*. Universidad Católica, Arequipa.

Váscones 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*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: EFECTO DEL RUIDO DE LAS PERFORADORAS EN LOS OPERADORES DE LA MINA, AÑO 2018.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b><u>Problema General:</u></b></p> <p>¿Influye significativamente el efecto del ruido ocupacional generado por las perforadoras en la salud ocupacional de los operadores de la mina Toquepala?</p> <p><b><u>Problemas específicos:</u></b></p> <p>a) ¿En qué medida se relacionan el ruido ocupacional y la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala?</p> <p>b) ¿En qué medida se relacionan la edad y tiempo de servicios con la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala?</p> <p>c) ¿Existe un efecto significativo en la salud ocupacional de los operadores respecto a la diversificación de las perforadoras de la mina Toquepala?</p>	<p><b><u>Objetivo General:</u></b></p> <p>Demostrar si la influencia del efecto del ruido ocupacional generado por las perforadoras es significativa en la salud ocupacional de los operadores de la mina Toquepala.</p> <p><b><u>Objetivos específicos:</u></b></p> <p>a) Determinar la relación del ruido ocupacional y la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala.</p> <p>b) Determinar la relación de la edad y tiempo de servicios con la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala.</p> <p>c) Evaluar si existe un efecto significativo en la salud ocupacional de los operadores al diversificar las perforadoras.</p>	<p><b><u>Hipótesis principal:</u></b></p> <p>Existe una influencia significativa entre el efecto del ruido ocupacional generado por las perforadoras y la salud ocupacional de los operadores de la mina Toquepala.</p> <p><b><u>Hipótesis específicas:</u></b></p> <p>a) Existe relación entre el ruido ocupacional y la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala.</p> <p>b) Existe relación entre la edad y tiempo de servicios con la pérdida auditiva de los operadores de la mina Toquepala.</p> <p>c) Existe un efecto significativo en la salud ocupacional de los operadores por la diversificación de perforadoras en la mina Toquepala.</p>	<p><b><u>Variable independiente:</u></b></p> <p>X1 = Nivel de Ruido Ocupacional</p> <p>X2 = Edad del Operador</p> <p>X3= Tiempo de servicio</p> <p><b><u>Variable dependiente:</u></b></p> <p>Y= Pérdida Auditiva</p>	<p>Decibeles dB(A)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Decibeles dB(A)</i></li> <li>- <i>Diversificación por modelo de perforadoras</i></li> </ul> <p>Grupo Etario</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Edad= años</i></li> </ul> <p>Tiempo de experiencia de cada operador de perforadora de la mina de Toquepala (jornada laboral de 10 horas).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>T.S.= años</i></li> </ul> <p>Decibeles dB(A)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Datos de los operadores</i></li> <li>- <i>Modelo de Perforadora</i></li> <li>- <i>Ruido ocupacional dB(A)</i></li> <li>- <i>Dosis (%)</i></li> <li>- <i>Audiometrías dB(A)</i></li> <li>- <i>Salud ocupacional (Bienestar físico, mental y social)</i></li> </ul>	<p><b><u>Metodología:</u></b></p> <p>La investigación es aplicada y de diseño experimental. La Población de 15 operadores de perforadoras, y una muestra de 4 perforadoras de cada modelo, BUCYRUS, P&amp;H, CUBEX y CAT. Se realizará un análisis estadístico para el contraste de cada hipótesis mediante el programa SPSS versión 25 y análisis multivariable con VBA Excel, con la finalidad de relacionar el efecto a la causa más probable.</p> <p><b><u>Técnicas:</u></b></p> <p><b><u>Observación:</u></b> Recolección de especificaciones técnicas, guías e identificación de cada ambiente de trabajo.</p> <p><b><u>Cuestionario:</u></b> Recolección de información primaria de los operadores, para obtener resultados correspondientes a niveles de ansiedad.</p> <p><b><u>Experimentación:</u></b> Muestreo de niveles sonoros en perforadoras y control de audiometrías de cada operador.</p> <p><b><u>Instrumentos</u></b></p> <p>Fichas de medición de control de ruido, dosímetro sonoro, informes de consultorías, investigaciones de campo y estudios especializados en la materia.</p>

## **ANEXO 2. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE RUIDO - DOSIMETRÍA**

### **1. Protocolo de trabajo en campo**

Puntos de medición; el ruido ocupacional en los puestos de trabajo de las áreas donde operan los equipos pesados está definido principalmente por las operaciones de las perforadoras. El tipo de ruido corresponde a ruido inestable.

### **2. Parámetro de medición**

En la medición de este peligro físico se realizará la dosimetría, midiendo el Nivel de Presión Sonora equivalente (NPSeq o Leq) de manera continua, observando y anotando cada 5 minutos el valor que aparece en la pantalla del instrumento. En este proceso no se debe detener ni resetear el instrumento, hasta que la lectura del NPSeq se estabilice en torno a un valor con variaciones menores a 1 dB(A).

### 3. Instrumento de medición

- Dosímetro de ruido: Marca TENMARS, Modelo ST-130

Nº Serie:150805263

- Rango de visualización: 30-90 dB; 50-110 dB; 70-140 dB.

- Rango de prueba: 41-86 dB, 55-106 dB y 75-125 dB.

- Ponderación de frecuencia: A; C; Z.

- Calibración inicial: 114 dB(A) lento

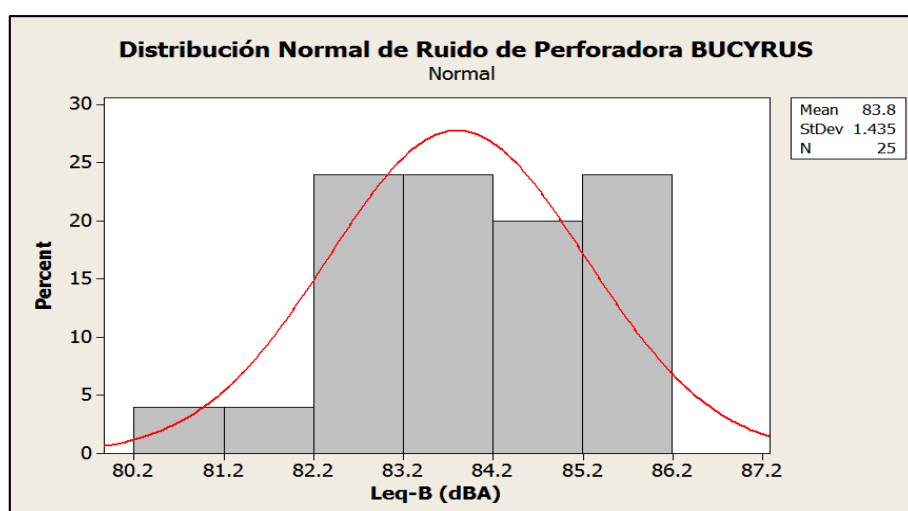
- Calibración final: 114 dB(A) lento

- Certificado de calibración: Se anexará en la tesis.



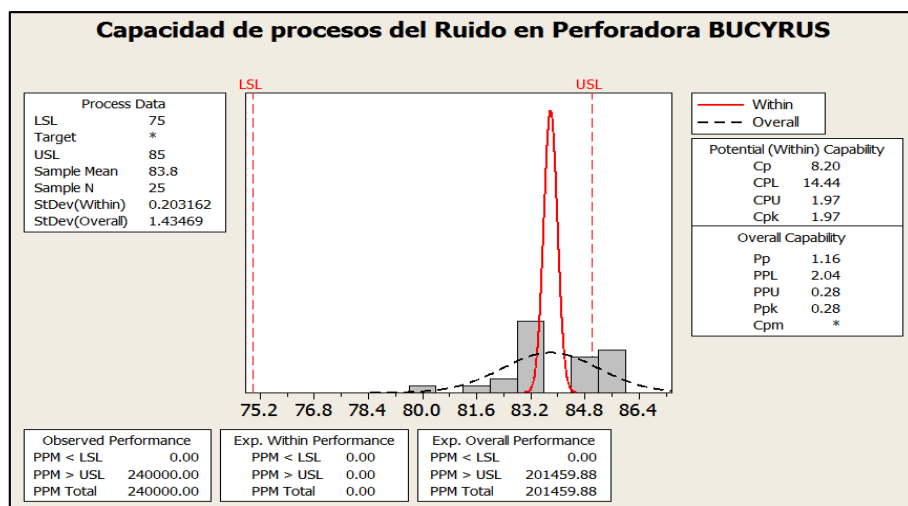
## ANEXO 3. RESULTADOS DE MEDICIÓN DE RUIDO DE LOS TIPOS DE PERFORADORA

### 1. DISTRIBUCION NORMAL DE RUIDO – PERFORADORA BUCYRUS



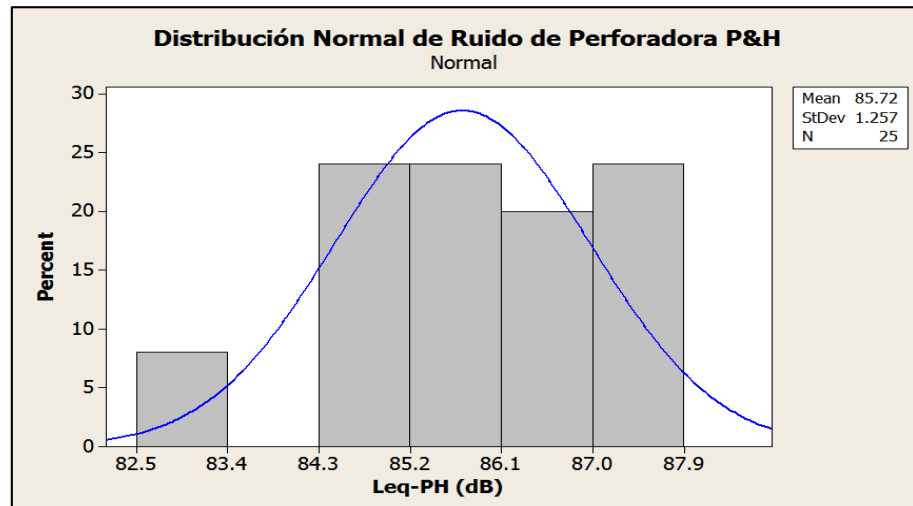
Fuente: Propia.

### 2. CAPACIDAD DE PROCESO DE RUIDO – PERFORADORA BUCYRUS



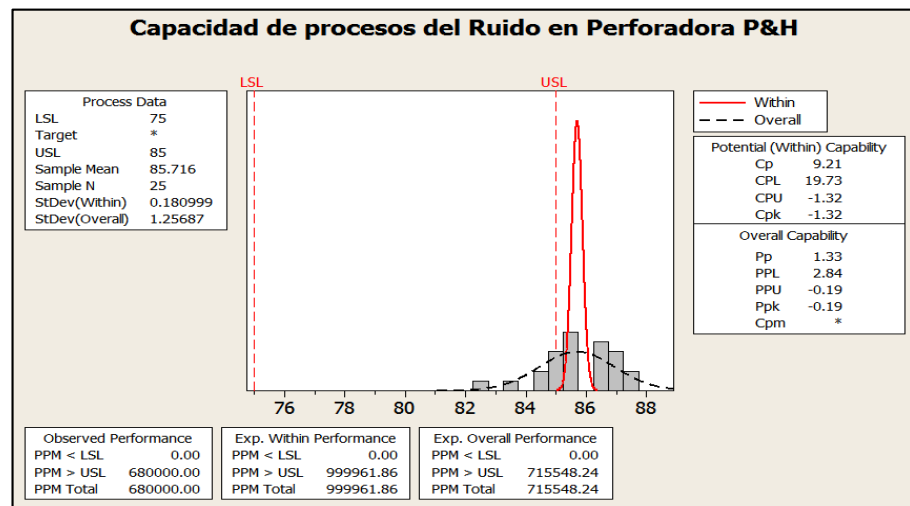
Fuente: Propia.

### 3. DISTRIBUCION NORMAL DE RUIDO – PERFORADORA P&H



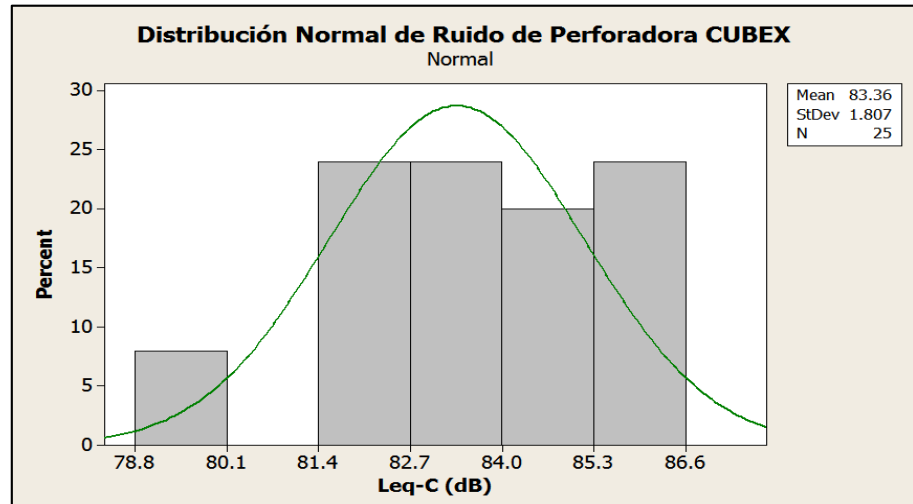
Fuente: Propia.

### 4. CAPACIDAD DE PROCESO DE RUIDO – PERFORADORA P&H



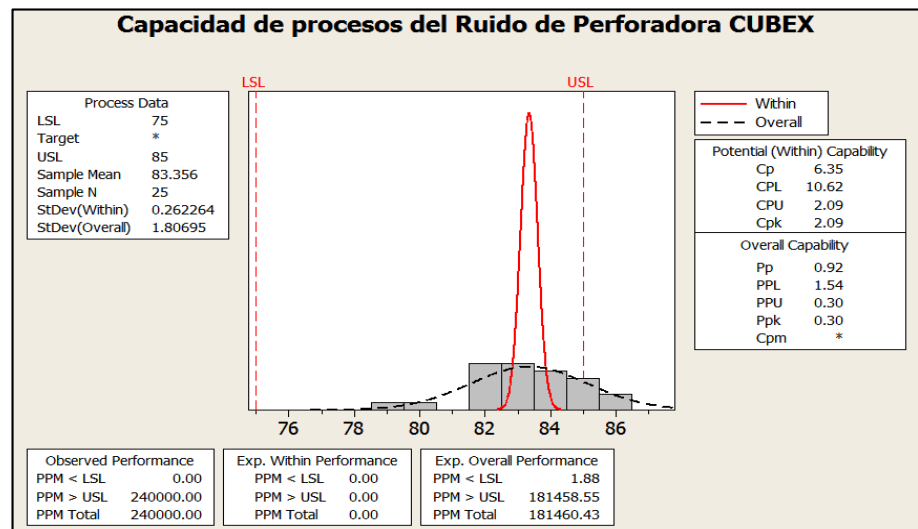
Fuente: Propia.

## 5. DISTRIBUCION NORMAL DE RUIDO – PERFORADORA CUBEX



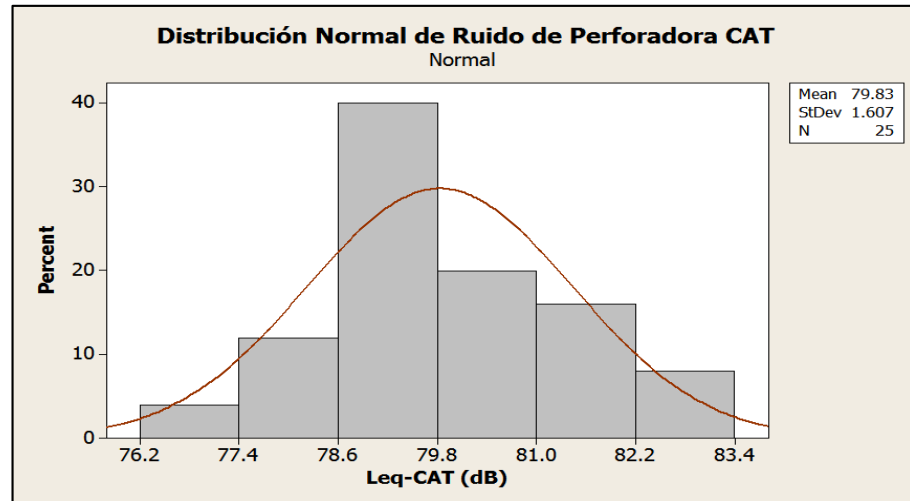
Fuente: Propia.

## 6. CAPACIDAD DE PROCESO DE RUIDO – PERFORADORA CUBEX



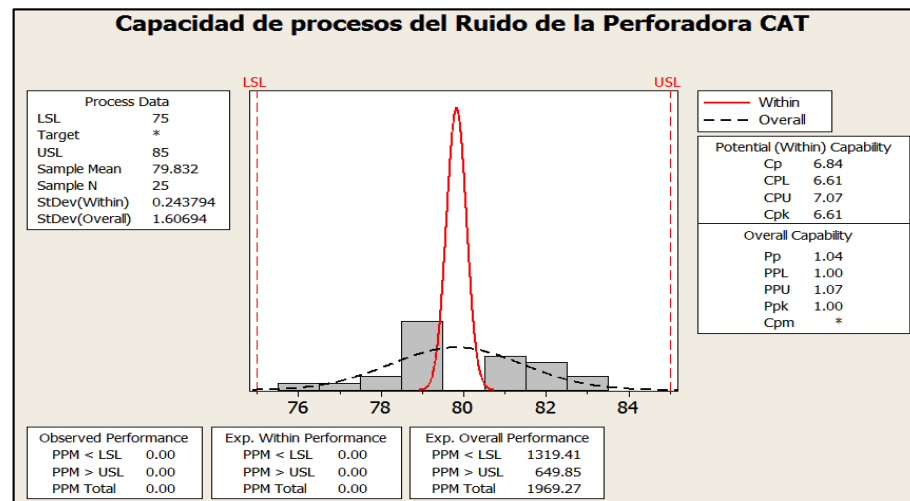
Fuente: Propia.

## 7. DISTRIBUCION NORMAL DE RUIDO – PERFORADORA CAT



Fuente: Propia.

## 8. CAPACIDAD DE PROCESO DE RUIDO – PERFORADORA CAT



Fuente: Propia.

## ANEXO 4. CUADRO RESUMEN DE CAUSAS

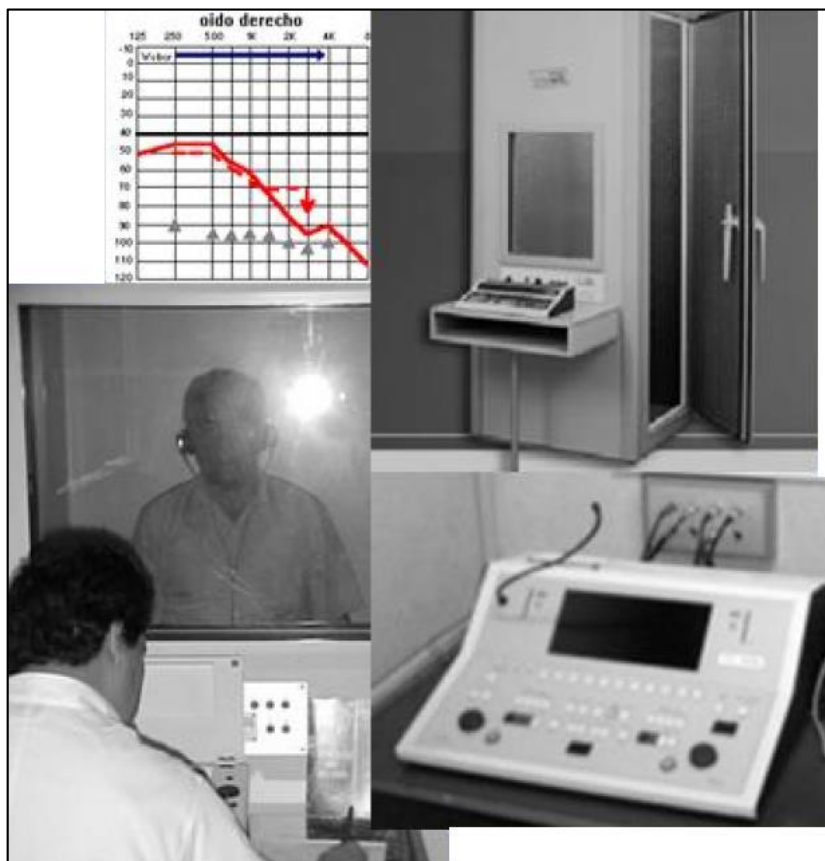
Perforadoras	Evaluación ocupacional del operador					Medidas de control temporal	
	Nombres y Apellidos	Leq dB(A)	DOSIS (%)	Especificación	Recomendaciones	Leq Residual dB(A)	DOSIS Residual (%)
BUCYRUS	Eloy Chambilla	84,01	99,53	No supera el máximo permisible	Se recomienda que el trabajador o puesto de trabajo sean incluidos en las actividades de capacitación para prevención de pérdida auditiva.	64,01	62,50
	Martin Zamata						
	Wilfredo Chipana						
	Rene Zapana						
	Fabian Marca						
P&H	Adolfo Nina	85,87	152,87	Supera el máximo permisible	Es necesario que se empiece a implementar medidas correctivas para disminuir la exposición. Mientras se implementa medidas correctivas más eficaces se deberá usar equipo de protección auditiva como medida de control temporal.	65,87	62,50
	Juan Acosta						
	Acuaro Montoya						
	Eder Quispe						
	Juan Vascones						
Pedro Herrera							
CUBEX	Beltran Arcata	83,73	93,94	No supera el máximo permisible	Se recomienda que el trabajador o puesto de trabajo sean incluidos en las actividades de capacitación para prevención de pérdida auditiva.	63,73	62,50
	Elvis Flores						
CAT	Jhunion Aguilar	80,11	47,30	No supera el máximo permisible	Se recomienda que el trabajador o puesto de trabajo sean incluidos en las actividades de capacitación para prevención de pérdida auditiva.	60,11	62,50
	Rogelio Vilca						

## ANEXO 5. CUADRO RESUMEN DE EFECTOS

Perforadoras	Datos del Operador			Audiometría		Salud ocupacional	
	Nombres y Apellidos	Edad (Años)	Tiempo de Servicio (Años)	Inicial dB(A)	Ocupacional 2018 dB(A)	Pérdida Auditiva dB(A)	Situación Médica
BUCYRUS	Eloy Chambilla	49	10	5	19,46	14,46	Normal
	Martin Zamata	38	11	6	21,14	15,14	Normal
	Wilfredo Chipana	36	9	6	19,79	13,79	Normal
	Rene Zapana	51	9	7	20,79	13,79	Normal
	Fabian Marca	39	10	3	17,46	14,46	Normal
P&H	Adolfo Nina	48	20	4	25,38	21,38	Hipoacusia Leve
	Juan Acosta	55	20	7	28,38	21,38	Hipoacusia Leve
	Acuaro Montoya	54	19	7	27,70	20,70	Hipoacusia Leve
	Eder Quispe	49	21	4	26,05	22,05	Hipoacusia Leve
	Juan Vascones	46	17	6	25,35	19,35	Normal
	Pedro Herrera	50	18	7	27,03	20,03	Hipoacusia Leve
CUBEX	Beltran Arcata	49	13	6	22,46	16,46	Normal
	Elvis Flores	51	13	7	23,46	16,46	Normal
CAT	Jhuniar Aguilar	37	8	6	18,76	12,76	Normal
	Rogelio Vilca	33	6	6	17,41	11,41	Normal

## ANEXO 6. GUÍA TÉCNICA DE AUDIOMETRÍA

En la Guía Técnica para realizar audiometría ocupacional (Gemo-005), se detallan los procedimientos estandarizados para realizar las pruebas audiométricas de tipo ocupacional, dando pautas necesarias para el trabajo profesional del evaluador, así también poner en manifiesto el mantenimiento de los equipos y determinar las condiciones del laboratorio audiométrico.






Fuente: Propia.

## ANEXO 7. FRECUENCIA DE EVALUACIONES AUDIOMETRÍAS

Grado	Descripción	Comentarios	Frecuencia de reevaluación
1	Exposición sin riesgo	Dosis inferiores a 75 dBA	3 años
2	Exposición baja	Dosis inferiores al nivel de acción, 82dBA	2 años
3	Exposición moderada	Frecuente exposición a dosis por nivel de acción (82 dBA), o exposiciones poco frecuentes a dosis entre 82 y 85 dBA.	1 año
4	Alta exposición	Frecuente exposición a 85 dBA e infrecuentes exposiciones mayores a 85 dBA.	1 año
5	Muy alta exposición	Frecuente exposición a dosis mayores 85 dBA	6 meses

## ANEXO 8. FICHA AUDIOLÓGICA

Historia Clínica	Ficha Audiológica				Audiómetro	Marca																		
Fecha del Examen	ds / mm / aa	EXAMEN	Pre-Occupacional Rutino	Periódica Otro		Modelo																		
Apellidos y Nombres						Calibración																		
Edad	Sexo	Empresa																						
Occupación			Años de Trabajo	Tiempo de exposición total ponderado 8h/d																				
Uso de Protectores Auditivos	Tapones	Orejeras	Apreciación del Ruido	Ruido muy intenso	Ruido moderado	Ruido no molesto																		
ANTECEDENTES relacionados			SI	NO	SINTOMAS actuales																			
Consumo de Tabaco					Disminución de la audición																			
Servicio Militar					Dolor de oídos																			
Hobbies con exposición a ruido					Zumbido																			
Exposición laboral a químicos					Mareos																			
Infección al Oído					Infección al oído																			
Uso de Otopíricos					Otra																			
OTOSCOPIA:																								
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">DIAPASIONES</th> </tr> <tr> <th>O.D.</th> <th>RINNE Y WEBER</th> <th>O.I.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>250 HZ.</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>500 HZ.</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1000 HZ.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			DIAPASIONES			O.D.	RINNE Y WEBER	O.I.		250 HZ.			500 HZ.			1000 HZ.				
DIAPASIONES																								
O.D.	RINNE Y WEBER	O.I.																						
	250 HZ.																							
	500 HZ.																							
	1000 HZ.																							
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">LOGOaudiometría</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Derecha</th> <th>Izquierda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Umbral de discriminación</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>% de discriminación</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Umbral de Confort MCL</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Umbral de discomfort UCL</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			LOGOaudiometría				Derecha	Izquierda	Umbral de discriminación			% de discriminación			Umbral de Confort MCL			Umbral de discomfort UCL		
LOGOaudiometría																								
	Derecha	Izquierda																						
Umbral de discriminación																								
% de discriminación																								
Umbral de Confort MCL																								
Umbral de discomfort UCL																								
Nombre del profesional que realiza la audiometría					Sello y Firma																			
Conclusiones:																								
Nombre del Médico					Sello y Firma																			

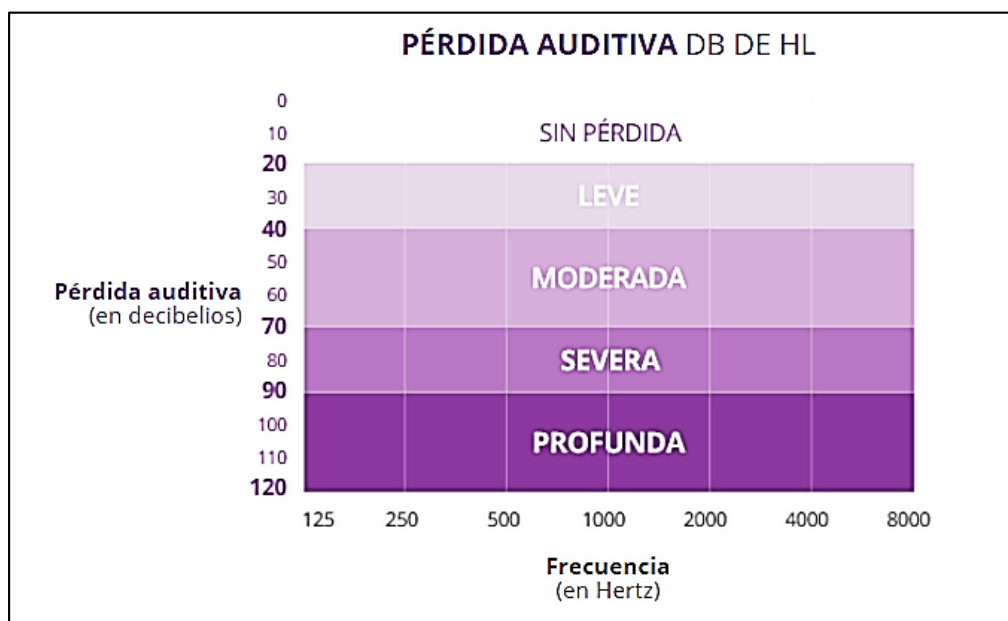
SIMBOLO	SIGNIFICADO	
	Umbral aéreo oído derecho	Indica el nivel de audición del oído cuando el sonido ha entrado por el conducto auditivo externo y ha llegado hasta el oído interno
	Umbral aéreo oído izquierdo	
	Umbral aéreo oído derecho enmascarado	Indica el nivel de audición cuando ha sido necesario enmascarar el oído contra lateral para asegurarse de que el umbral medido corresponde al umbral del oído que se está examinando
	Umbral aéreo oído izquierdo enmascarado	
	Vía ósea oído derecho sin enmascarar	Indica el nivel de audición del oído cuando la cóclea es estimulada por vía ósea, es decir el sonido no pasa por oído externo y medio
	Vía ósea oído izquierdo sin enmascarar	
	Vía ósea oído derecho enmascarada	En este caso para medir el nivel de audición por vía ósea, fue necesario poner un ruido en el oído contra lateral para asegurarse que el umbral medido corresponde al umbral del oído examinado
	Vía ósea oído izquierdo enmascarada	
	Umbral de molestia de oído derecho	Indica el nivel de sonido que le resulta molesto al paciente según oído, la prueba se llama LDL del inglés Loudness Discomfort Level
	Umbral de molestia del oído izquierdo	
	No existe el umbral en oído derecho	Cuando uno de los símbolos aparece con una flecha, como la indicada, significa que a la intensidad en que está anotado el umbral, el sujeto no responde
	No existe el umbral en oído izquierdo	

Fuente: GUÍA PRÁCTICA PARA LA INTERPRETACIÓN DE EXÁMENES AUDITIVOS Prof. T.M. CORINA FARFÁN REYES Mg SP, Chile 2007

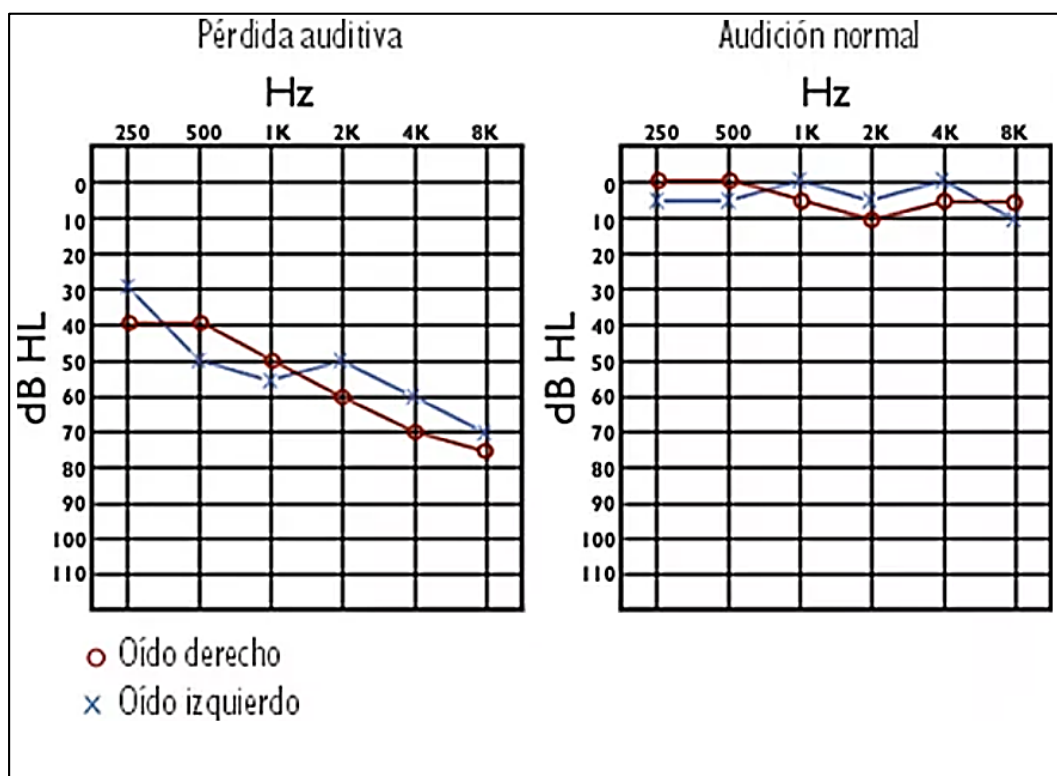
## ANEXO 9. AUDIOGRAMA

El audiograma es una ilustración gráfica de los resultados obtenidos durante la prueba de audición o audiometría. Se trata de un gráfico que muestra los umbrales de audición de una persona en relación a la audición normal media. En una audiometría, se expresan los umbrales de audición en decibelios de nivel de audición (dB de HL), que tienen como referencia la curva del umbral de audición normal (0dB). Una persona cuyos umbrales tengan un valor mayor que 25 dB tiene una pérdida de audición.

Hay diferentes grados de pérdida auditiva y se clasifican del siguiente modo:



A continuación, se observan los audiogramas realizados a un trabajador con pérdida auditiva y con audición normal.



## ANEXO 10. ELECCIÓN DE PRUEBAS ESTADÍSTICAS

VARIABLE		PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS			PRUEBAS PARAMÉTRICAS
Variable Aleatoria Variable Fija		Nominal dicotómica	Nominal politómica	Ordinal	Numérica
<b>Estudio transversal</b>  <b>Muestras independientes</b>	Un grupo	X2 Bondad de ajuste Binomial	X2 Bondad de ajuste	X2 Bondad de ajuste	T-Student (una muestra)
	Dos grupos	X2 Bondad de ajuste Corrección de Yates Test exacto de Fisher	X2 Bondad de ajuste Homogeneidad	U Mann-Withney	T-Student (muestras independientes)
	Más de dos grupos	X2 Bondad de ajuste	X2 Bondad de ajuste	H Kruskal-Wallis	ANOVA con un factor (INTRA sujetos)
<b>Estudio longitudinal</b>  <b>Muestras relacionadas</b>	Dos medidas	Mc Nemar	Q de Cochran	Willcoxon	T-Student (muestras relacionadas)
	Más de dos medidas	Q de Cochran	Q de Cochran	Friedman	ANOVA para medidas repetidas (INTRA sujetos)