

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL
CARRERA**

Exposición ocupacional a ruido en trabajadores de
laboratorio de ensayos de resistencia de áridos por medio de
la máquina de Los Ángeles.

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniera en Prevención de
Riesgos Laborales y Ambientales

Estudiante:
Scarlet Anais Toro Tapia

Profesor Guía
Sebastián Amaro Belmar

2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: "Exposición ocupacional a ruido en trabajadores de laboratorio de ensayos de resistencia de áridos por medio de la máquina de Los Ángeles".

Nombre del candidato(a): Scarlet Anaís Toro Tapia

Carrera / Grado: Ingeniería en Prevención de Riesgos Laborales y Ambientales

Campus: Viña del Mar ; **Departamento:** Construcción y Prevención de Riesgos

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Sebastian Erick Amaro Belmar, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 05-08-2025

Firma: Sebastian Amaro Belmar

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 05/08/2025

Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Con mucho amor a mis padres, Lester y Andrea, por su amor y apoyo incondicional.

A mi hermana Millaray, por estar, incluso en silencio.

A Ricardo, por su amor, paciencia y confianza.

A mis abuelos, Tata, Jano, Aly, y por sobre todo, a la estrella más brillante del cielo:

Lelita.

“La vida es cuesta arriba, pero la vista es genial”.

- Miley Cyrus

RESUMEN EJECUTIVO

KEYWORDS: RUIDO OCUPACIONAL – HIPOACUSIA – ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES – PROTECCIÓN AUDITIVA

El presente trabajo de título tuvo como propósito evaluar la exposición ocupacional a ruido en los trabajadores que realizan el ensayo de desgaste de áridos por medio de la máquina de Los ángeles, del Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Esta evaluación surgió a partir de la preocupación por los efectos que puede tener este agente físico sobre la salud auditiva de los laboratoristas, considerando los altos niveles de ruido que genera este equipo durante su funcionamiento.

Para llevar a cabo este estudio se definieron tres objetivos específicos. El primero consistió en describir detalladamente el procedimiento del ensayo, comprendiendo sus etapas, materiales involucrados y condiciones de operación. Posteriormente, se identificaron los peligros presentes durante su ejecución mediante una Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, donde destacó principalmente el ruido como el agente más crítico, debido a sus niveles elevados y las consecuencias que puede generar en la salud auditiva de los trabajadores.

Las mediciones de ruido se realizaron utilizando un sonómetro 3M SE/DL SoundPro, con nueve puntos en la zona de operación de la máquina. Los resultados indicaron que durante el ensayo grado 1 se alcanzaron niveles de 105 dB(A), mientras que en el ensayo grado 4 fue de 84 dB(A). Estos ensayos se realizan tres veces por semana, con una duración de aproximadamente 30 minutos cada uno: dos veces para el grado 1 y una vez para el grado 4. Con esta información se calculó la dosis diaria total de exposición a ruido, obteniendo un valor 2,6 es decir, más del doble de lo permitido por el DS N°594, lo que confirma una situación de sobreexposición para los trabajadores.

Como medida de control inmediata, se propuso el uso de Elementos de Protección auditiva (EPA), en particular el modelo Peltor Optime III de la marca 3M, con un Nivel de Reducción de Ruido (NRR) de 34 dB. Al aplicar la corrección obtenida por la NIOSH, se estimó una atenuación de 13,5 dB. Lo que reduce el nivel de exposición ajustado a 91,5 dB(A). En estas nuevas condiciones, la nueva dosis diaria total disminuye drásticamente a 0,14 ubicándose dentro de los rangos aceptables.

Dado que no se cuenta con información sobre los recursos del laboratorio para implementar controles de ingeniería, se priorizó el uso de EPP como medida inicial. Sin embargo, también se propusieron acciones alineadas a la jerarquía de controles del riesgo,

como la instalación de cabinas acústicas, señalización y capacitación del personal.

El costo total estimado para implementar estas medidas se estimó en un rango de \$2.370.000 y \$3.370.000 dependiendo de los materiales y el diseño final de las decisiones propuestas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

SIGLAS 10

ABREVIACIONES 11

GLOSARIO DE TÉRMINOS 12

INTRODUCCIÓN.....1

OBJETIVOS.....3

Objetivo general 3

Objetivos específicos.....3

METODOLOGÍA.....3

FUNDAMENTACIÓN 4

ALCANCE 4

1. Capítulo 1: Antecedentes Generales de la Empresa 5

1.1 ANTECEDENTES GENERALES 6

1.2 HISTORIA DE LA EMPRESA 6

1.3 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES.....7

1.3.1 Misión: 7

1.3.2 Visión: 7

1.3.3 Valores: 7

1.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA 7

1.5 LAYOUT 10

1.6 ORGANIGRAMA (EQUIPO DIRECTIVO).....11

1.7 SUCURSALES LEPUCV 12

1.8. SERVICIOS.....12

1.8.1 Áridos, mortero y hormigón 12

1.8.2 Ensayos especiales 13

1.8.3 Estudios geotécnicos.....13

1.8.4 Mecánica de suelos 13

1.8.5 Asfalto.....13

1.8.6 Consultorías técnicas 13

1.8.7 Mecánica de suelos 14

2. Capítulo 2: Identificación de peligros y Evaluación de riesgos.....15

2.1 GENERALIDADES DEL ENSAYO 16

2.2 PROCESO DEL ENSAYO DE DESGASTE CON LA MÁQUINA DE LOS
ÁNGELES 16

2.3 MÁQUINA DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES 19

2.4 PELIGROS PRESENTES EN EL PROCESO DE ENSAYO DE DESGASTE....23

2.4.1 Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.....23

2.5 EVALUACIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS AL RUIDO 24

2.5.1 Efectos del ruido en la salud 24

2.5.2 Efectos del ruido sobre la audición 27

2.5.3 Normativas legales y límites permisibles 29

2.5.4 Elementos de Protección Personal y Auditivo.....30

2.6 MEDICIONES DE RUIDO.....34

Capítulo 3: Análisis de resultados y medidas de control 39

3.1 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A RUIDO 40

3.1.1 Cálculo de exposición diaria promedio.....40

3.2 SELECCIÓN DE PROTECCIÓN AUDITIVA 41

3.2.1 Cálculo de exposición ajustada con el uso de EPA 42

3.2.2 Nivel ajustado de exposición 43

3.3 MEDIDAS DE CONTROL SEGÚN JERARQUÍA DE RIESGOS 44

3.3.1 Propuesta de plan de acción progresivo.....45

3. CONCLUSIONES 46

REFERENCIAS 47

4. ANEXOS 50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Antecedentes generales de LEPUCV 6

Tabla 1.2: Sucursales LEPUCV 12

Tabla 2.1: Parámetros para la selección de grado de ensayo 17

Tabla 2.2: Cantidad de esferas y número de revoluciones según grado de ensayo..... 18

Tabla 2.3: Clasificación de la hipoacusia según su intensidad 28

Tabla 2.4: Clasificación de la hipoacusia según su origen.....29

Tabla 2.5: Tipos de Elementos de Protección Auditiva (EPA).....33

Tabla 2.6: Resultado de mediciones para ensayo grado 1.....37

Tabla 2.7: Resultado de mediciones para ensayo grado 4.....37

Tabla 3.1:Plan de acción progresivo para el control de exposición ocupacional a ruido en el ensayo desgaste de áridos con máquina de Los Ángeles. 45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación geográfica del Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso 8

Figura 1.2: Frontis de Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Casa Matriz, Viña del Mar.....8

Figura 1.3: Interior del Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Casa Matriz, Viña del Mar.....9

Figura 1.4: Layout de Laboratorio de ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Casa Matriz, Viña del Mar..... 10

Figura 1.5: Equipo directivo LEPUCV 11

Figura 2.1: Máquina de Desgaste de Los Ángeles 20

Figura 2.2: Esferas metálicas (carga abrasiva).....21

Figura 2.3: Tamices.....21

Figura 2.4: Horno 22

Figura 2.5: Esquema del daño a las células ciliadas internas del oído.....28

Figura 2.6: Jerarquía de controles de riesgos 32

Figura 2.7: Ubicación del sonómetro 35

Figura 2.8: Distancia del sonómetro al piso.....35

Figura 2.9: Puntos de medición para grado 1.....36

Figura 2.10: Puntos de medición para grado 4.....36

Figura 2.11: Gráfico comparativo del promedio de nivel de presión sonora equivalente para los grados 1 y 4.....38

Figura 3.1: Protector auditivo recomendado para ensayo grado 1.....42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: “Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos – Parte 1:
Identificación del riesgo” 50

Anexo 2: “Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos – Parte 2:
Evaluación inicial y medidas” 51

Anexo 3: “Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos – Parte 3:
Reevaluación y seguimiento” 52

Anexo 4: “Criterio para la clasificación del riesgo” 53

Anexo 5: Ficha Técnica - 3M™ PELTOR™ Optime™ Orejeras 54

Anexo 6: Cotización Protector Auditivo 3M Peltor Optime III.....55

Anexo 7: Cotización de Cabina Acústica Industrial para control de Ruido.....56

SIGLAS

- DPUA: Desplazamiento Permanente del Umbral Auditivo
- DS 594: Decreto Supremo N°594 “Aprueba reglamento sobre las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo”
- DTUA: Desplazamiento Temporal del Umbral Auditivo
- EPA: Elemento de Protección Auditiva
- EPP: Elemento de Protección Personal
- INN: Instituto Nacional de Normalización
- ISO: Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization)
- LEPUCV: Laboratorio de Ensayo de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- MINSAL: Ministerio de Salud (Chile)
- NCh: Norma Chilena
- NPS: Nivel de Presión Sonora
- NPSeq: Nivel de Presión Sonora Equivalente
- NRR: Nivel de Reducción de Ruido
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration)
- RRHH: Recursos Humanos
- SGSST: Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo

ABREVIACIONES

- dB(A): Decibel Ponderado A
- dB: Decibel
- INN-MINVU: Acuerdo entre el Instituto Nacional de Normalización (INN) y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), permite acreditar a ciertos laboratorios a realizar ensayos relacionados con la construcción.
- NCh 1369-2010: Norma chilena que establece el procedimiento del ensayo de desgaste de Los Ángeles para agregados.
- NCh ISO 17025:2017: Norma chilena que establece los requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayos y calibración.
- PREXOR: Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido
- UNE-EN ISO 1996-2:2020: Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de presión sonora.
- UNE-EN ISO 4869-1:2020: Protectores auditivos contra el ruido. Parte 1: Método subjetivo para la medición de la atenuación acústica.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Abrasión: Desgaste de los agregados de roca cuando son sometidos a la rotación dentro del tambor con esferas de acero.
- Agregado: Material granular, como arena, grava o piedra triturada. Se prueban para evaluar su resistencia a la abrasión y fragmentación.
- Carga abrasiva: Esferas de acero que se introducen en la máquina de Los Ángeles y cuya función es generar desgaste por fricción e impacto sobre el agregado.
- Decibel (dB): Unidad utilizada para medir el nivel de intensidad del sonido.
- Durabilidad: Capacidad de un material para mantener sus propiedades en el tiempo.
- Ensayo de Desgaste de Los Ángeles: Prueba estándar utilizada para medir la resistencia de los agregados de roca a la abrasión y fragmentación mediante la rotación de un tambor de acero con una carga de esferas de acero. Este ensayo es fundamental para evaluar la durabilidad de los materiales de construcción.
- Grado de ensayo: Clase que asigna a un árido según su granulometría y que permite determinar el tamaño de la muestra y las condiciones del ensayo.
- Granulometría: Distribución del tamaño de las partículas de un material granular. En el ensayo de desgaste permite seleccionar el grado de ensayo adecuado.
- Hipoacusia: Incapacidad parcial o total para escuchar sonidos en uno o ambos oídos.
- Nivel de Presión Sonora (NPS): Medida de la intensidad del sonido, expresada en decibelios (dB). Un nivel elevado de presión sonora puede ser perjudicial para la audición y la salud en general.
- Ruido Ocupacional: Ruido presente en el lugar de trabajo que puede afectar a la salud y el bienestar de los trabajadores.
- Ruido: Sonido no deseado o molesto.
- Salud: Ausencia de enfermedad y de completo bienestar físico, mental y social.
- Sonómetro: Instrumento utilizado para medir la presión sonora o el ruido en el ambiente de trabajo.
- Tambor: Cilindro metálico que gira durante el ensayo de Los Ángeles, dentro del cual se introducen las esferas de acero y los agregados.

INTRODUCCIÓN

Una de las propiedades importantes de los agregados de roca utilizados en obras de construcción civil es la resistencia a la abrasión, que generalmente se evalúa con la máquina de ensayo de Desgaste de Los Ángeles (Kahraman & Toraman, 2008). Este ensayo refleja la resistencia de los agregados frente a la abrasión y fragmentación por impacto y es bastante útil en la determinación de la calidad de los agregados (Yilmaz, O. 2011). El proceso consiste en colocar una cantidad específica de agregado dentro de un tambor cilíndrico de acero que está montado horizontalmente. Posteriormente, se añade una carga de esferas de acero y se aplica un número determinado de revoluciones (Benito, 2017). Durante este proceso, si una roca presenta una alta resistencia y contiene minerales duros y abrasivos, el nivel de ruido que se generará será elevado; en cambio, las rocas de baja resistencia o con minerales blandos y no abrasivos producen niveles de ruido más bajos (Kahraman et al, 2013). Este fenómeno sonoro generado por el proceso se conoce como el ruido de la máquina (Furuseth et al, 2021).

El ruido es un agente físico contaminante, que se caracteriza por ser un sonido no deseado (Ganime et al, 2010). Y se ha convertido en uno de los factores ambientales físicos más importantes que afectan nuestra salud en el mundo actual (Curtis et al, 2018). En el entorno laboral, el ruido representa uno de los riesgos laborales más comunes (Pretzsch et al, 2021), y, dependiendo de su intensidad y frecuencia, puede afectar negativamente tanto en la salud física o psicológica de las personas (Movahed & Ravanshadnia 2022). Bajo este contexto, la monitorización del ruido es una tarea fundamental para mantener lugares de trabajo seguros y saludables. (Józwik et al, 2018).

El ruido está presente en diversas actividades humanas y, en el ámbito laboral, este suele clasificarse como ruido ocupacional (Concha et al, 2004), ya que es uno de los factores más agotadores en el entorno laboral. (Mika & Józwik, 2016).

La exposición al ruido se ha considerado comúnmente como el principal factor causante de la pérdida auditiva ocupacional (Sliwinska-Kowalska et al, 2001), una enfermedad que surge de la exposición prolongada a niveles elevado de ruido en el ambiente de trabajo (Mapuranga et al, 2020), constituyendo una enfermedad ocupacional de alta prevalencia (Abbasi et al, 2021). Además de los daños auditivos, la exposición al ruido puede provocar efectos extra-auditivos como estrés, irritabilidad, trastornos del sueño, aumento de la presión arterial y disminución de la capacidad de concentración (Méndez et al. 2021). Los trabajadores que están expuestos a niveles elevados de presión sonora pueden sufrir una pérdida auditiva neurosensorial irreversible (Ganime et al, 2010).

Es importante destacar que la exposición constante al ruido durante la jornada laboral y a lo largo de los años es más perjudicial que la exposición ocasional, ya que esta última permite que el oído tenga períodos de descanso (Mirza et al, 2018). Sin embargo, la evidencia disponible indica que los oídos previamente expuestos al ruido no necesariamente se vuelven más sensibles a futuras exposiciones (Mirza et al, 2018). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 16% de todas las discapacidades auditivas en el mundo se deben a la exposición al ruido ocupacional (Sheppard et al, 2020), por lo que resulta fundamental implementar medidas preventivas.

La pérdida auditiva ocupacional se puede prevenir a través de una jerarquía de controles, que prioriza las soluciones de ingeniería por sobre las administrativas y el uso de elementos de protección personal (Kirchner et al, 2012). Entre las medidas más comunes se encuentran los controles administrativos, tales como la rotación de turnos periódicos y la limitación del tiempo de exposición al ruido cuando este exceda los 85 dB. (Martínez et al, 2012). Sin embargo, en la práctica, la estrategia más utilizada sigue siendo la entrega de equipos de protección auditiva (Gong et al, 2021).

A pesar de la evidencia disponible, la contaminación acústica sigue siendo un factor que a menudo se pasa por alto en distintos entornos de trabajo (Wen & Huang, 2020). No obstante, el daño que provoca el ruido al cuerpo humano no debe subestimarse (Yang et al, 2021) y es fundamental tener en cuenta el bienestar de los trabajadores mediante condiciones laborales que ofrezcan un ambiente seguro y confortable (Yanagi Junior et al, 2012).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la exposición ocupacional a ruido en trabajadores de laboratorio de ensayos de resistencia al desgaste de áridos por medio de la máquina de Los Ángeles.

Objetivos específicos

- Describir el proceso del ensayo de desgaste de áridos por medio de la máquina de Los Ángeles.
- Evaluar los riesgos, realizando mediciones de niveles de ruido en diferentes puntos dentro del área donde se encuentra la máquina de Los Ángeles.
- Proponer medidas de control para reducir la exposición al ruido.

METODOLOGÍA

El presente proyecto consiste en un estudio de tipo transeccional, correlacional causal y descriptivo, ya que se realizarán mediciones, se compararán resultados obtenidos y se buscará establecer la relación entre el ruido ocupacional generado por la máquina de Los Ángeles y la exposición de los laboratoristas del área.

Para las mediciones se utilizará un sonómetro marca 3M, de la serie SE/DL SoundPro, ya que reúne todos los requisitos para la medición de ruido y el análisis de frecuencia, proporciona monitorización de nivel de sonido avanzado y análisis de datos completa. Este equipo de medición mencionado es resistente, ligero y ergonómicamente atractivo y se ajusta confortablemente en la palma de la mano. Dispone de una pantalla grande con iluminación de fondo en la que se muestran gráficamente los valores a lo largo del tiempo real. Por lo que no es necesario repetir las mediciones en caso de que surjan ruidos molestos durante la medición. La ubicación del sonómetro se ubicará a 1 metro de la máquina generadora de ruido y a 1.20 metros del piso.

Se utilizará AutoCAD para el diseño del layout donde se realizarán los puntos de medición.

FUNDAMENTACIÓN

Este proyecto surge a partir de una experiencia en terreno en el laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, donde se detectó la presencia de niveles elevados de ruido durante el proceso de ensayo de desgaste de áridos realizado con la máquina de Los Ángeles. Esta situación evidencia la necesidad de evaluar la exposición ocupacional a este agente físico. Considerando que el ruido es una las principales causas de hipoacusia laboral y que, hasta el momento el laboratorio no contaba con mediciones ni registros del proceso.

El fundamento de este trabajo se basa en proteger la salud auditiva de los trabajadores, además de generar información técnica que sirva de apoyo para implementar medidas de control en el laboratorio.

ALCANCE

El presente proyecto es aplicable a todos los trabajadores del Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso que operan o se encuentran expuestos al funcionamiento de la máquina de Los Ángeles, durante la ejecución del ensayo de desgaste de áridos.

El estudio contempla la identificación de peligros, la evaluación de riesgo por exposición a ruido y la propuesta de medidas de control. No considera la implementación de dichas medidas, ya que su aplicación dependerá de los recursos y decisiones del laboratorio.

Capítulo 1: Antecedentes Generales de la Empresa

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

El Laboratorio de Ensayos de la Pontificia de la Universidad Católica de Valparaíso (LEPUCV), es un laboratorio de ensayos acreditado por INN bajo la NCh ISO 17025 “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayos y calibración”, dedicada al análisis de materiales utilizados en la industria de la construcción. Abarca diversas áreas, como geotécnica, mecánica de suelos, caracterización de áridos, evaluación de morteros y hormigones, entre otros. A través de todos sus servicios, el laboratorio contribuye al control de calidad y cumplimiento de normativas garantizando la seguridad y confiabilidad de las obras a nivel nacional.

Los principales datos generales del laboratorio se presentan en la Tabla 1.1

Tabla 1.1: Antecedentes generales de LEPUCV

Razón Social	Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso S.A.
Nombre de fantasía	LEPUCV S.A.
RUT	76.930.260-3
Teléfono	+56 32 2273246 / (32) 250 1900
Ubicación geográfica	Camino internacional 5465, 2520000, Viña del Mar, Valparaíso.

Fuente: Elaboración propia

1.2 HISTORIA DE LA EMPRESA

El laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso fue fundado a fines de la década de 1970 en Valparaíso, surgiendo como una iniciativa de la facultad de construcción civil de la misma universidad. Desde sus inicios, LEPUCV se ha dedicado a prestar servicios en áreas fundamentales para la construcción, además de participar en importantes investigaciones, proyectos a nivel nacional, y asesorías técnicas en mecánica de suelos, hormigón y asfalto.

A lo largo de su trayectoria, el laboratorio ha experimentado un desarrollo sostenido, adaptándose a los cambios que se generan dentro de la industria de la construcción en Chile. En septiembre de 2007, el laboratorio se constituyó como LEPUCV S.A., una sociedad anónima vinculada a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, con el objetivo de fortalecer su estructura y ampliar su capacidad operativa. Esta transformación le brindo mayor autonomía permitiéndole expandir sus servicios a

diversas regiones del país, estableciendo sucursales en Copiapó, Vallenar y Coyhaique.

1.3 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES

1.3.1 Misión: “Entregar un servicio integral, eficiente, confiable y adaptable a las necesidades de los distintos rubros, tales como la construcción, minería entre otros. Respalados por la experiencia y el conocimiento técnico de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso”.

1.3.2 Visión: “Destacar a nivel nacional e internacional como la mejor empresa en control de calidad, asesoría y estudio de obras civiles, entregando soluciones cada vez más integrales en todas las etapas que nuestros clientes requieran”.

1.3.3 Valores:

- “Excelencia técnica
- Innovación
- Ética y responsabilidad”

1.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (LEPUCV), se ubica en la ciudad de Viña del Mar, Región de Valparaíso. Específicamente en camino internacional 5465. Este lugar corresponde a una zona industrial donde también operan distintas empresas del rubro de la construcción y otros.

En la Figura 1.1 se presenta la ubicación geográfica del laboratorio, lo que permite tener una mejor referencia visual del entorno.



Fuente: Google Maps

Figura 1.1: Ubicación geográfica del Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

La Figura 1.2 muestra el frontis del Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Ubicado en su Casa Matriz en Viña del Mar. Esta imagen permite visualizar la entrada principal al laboratorio.



Fuente: Fotografía propia

Figura 1.2: Frontis de Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Casa Matriz, Viña del Mar.

En la Figura 1.3 se muestra el interior del Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, en su Casa Matriz, ubicada en Viña del Mar. En ella se aprecia parte del espacio y equipamiento destinados a la realización de los ensayos.

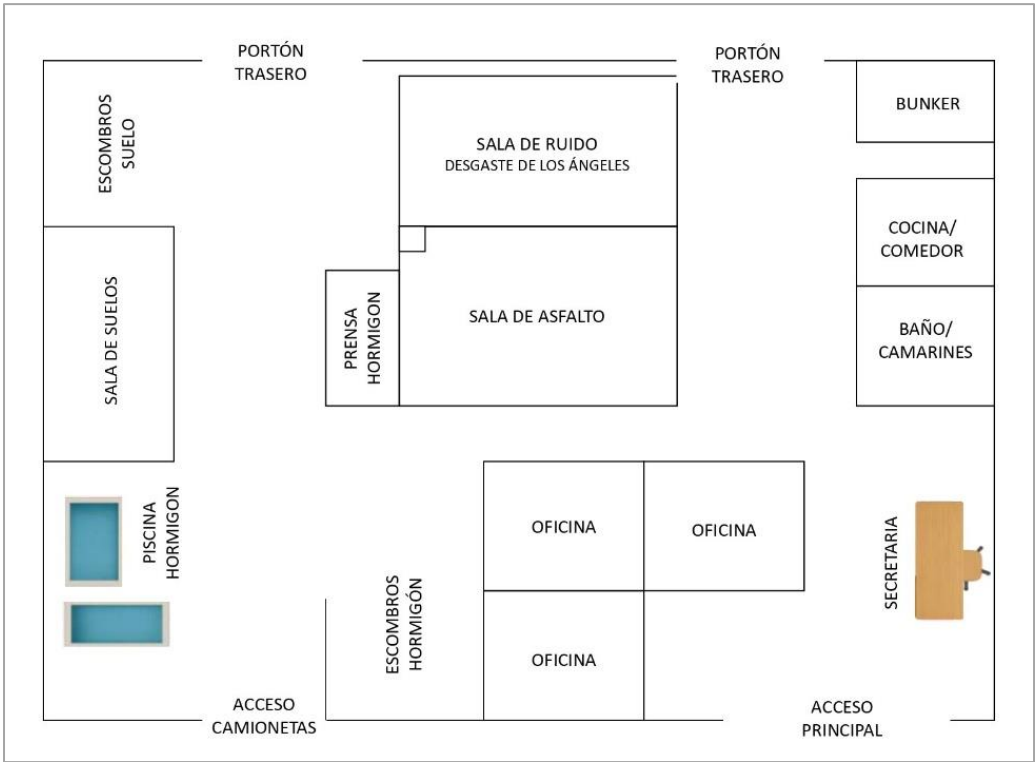


Fuente: Fotografía propia

Figura 1.3: Interior del Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Casa Matriz, Viña del Mar.

1.5 LAYOUT

En la Figura 1.4 se presenta el Layout del Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Este permite visualizar la organización interna del laboratorio y la ubicación de los distintos procesos que se desarrollan.

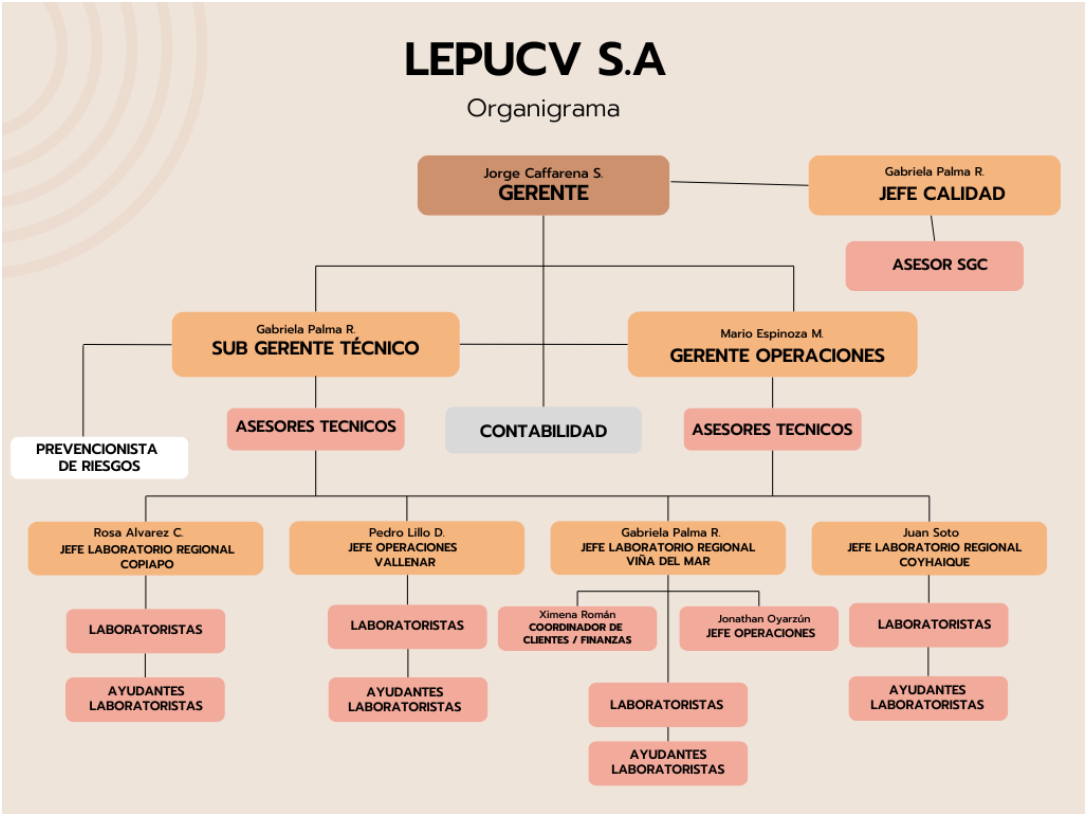


Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.4: Layout de Laboratorio de ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Casa Matriz, Viña del Mar.

1.6 ORGANIGRAMA (EQUIPO DIRECTIVO)

En la Figura 1.5 se muestra el organigrama del Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, en donde se puede observar la estructura jerárquica y los principales cargos que componen el equipo de trabajo.



Fuente: <https://www.lepucv.cl/organigrama>

Figura 1.5: Equipo directivo LEPUCV

1.7 SUCURSALES LEPUCV

Las distintas sucursales del Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, las cuales permiten ofrecer servicios en diferentes regiones del país, se pueden observar el Tabla 1.2.

Tabla 1.2: Sucursales LEPUCV

Sucursal Viña del Mar (Casa Matriz)	Camino internacional 5465, Viña del Mar, V Región, Chile. Teléfono: 32 250 1900 secretaria@lepucv.cl
Sucursal Copiapó	Copayapu 5184, Copiapó, III Región, Chile. Teléfono: 52 222 0519 Copiapo@lepucv.cl
Sucursal Vallenar	Arturo Prat 1632, Vallenar, III Región, Chile. Teléfono: 51 349322 vallenar@lepucv.cl
Sucursal Coyhaique	Ogana 1599, Coyhaique, XI Región, Chile. Teléfono: 9 93442440 Coyhaique@lepucv.cl

Fuente: Elaboración propia

1.8. SERVICIOS

El laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso ofrece distintos servicios orientados a verificar la calidad de los materiales que se usan en la construcción. Estas áreas permiten abarcar desde pruebas básicas de áridas y hormigones hasta estudios geotécnicos y ensayos más específicos.

1.8.1 Áridos, mortero y hormigón

Áridos:

Los ensayos de áridos están acreditados según el convenio INN-MINVU LE 422.

El laboratorio realiza análisis granulométricos, determinación de densidades, porcentaje de huecos, absorción de agua, desgaste de áridos, cubicidad, porcentaje de chancado, rodado y laja, entre otros.

Además, se realizan análisis químicos de los áridos para determinar su composición y su

adecuación a los estándares requeridos.

Hormigón y morteros

Los ensayos de hormigón y mortero están acreditados según convenio INN-MINVU LE 420.

Se realizan distintos tipos de ensayos en terreno, como control de hormigón, densidad del hormigón, medición de aire incorporado, tiempo de fraguado, entre otros. En el laboratorio también se realizan pruebas como permeabilidad del hormigón, absorción de morteros y hormigones, consistencia del mortero, resistencias mecánicas del hormigón, entre otros. También se llevan a cabo ensayos no destructivos para el hormigón endurecido.

1.8.2 Ensayos especiales

Se realizan ensayos específicos, tales como pruebas de caídas, test Cobb, ensayos de apilamientos, presión interna, ensayos de inmersión, y otros. Siempre adaptándose a los requerimientos de cada proyecto.

1.8.3 Estudios geotécnicos

El laboratorio ha adquirido una Perforadora RL-48, maquinaria de última tecnología para la realización de estudios geotécnicos avanzados.

1.8.4 Mecánica de suelos

Se realizan una serie de estudios para analizar la estabilidad mecánica de los suelos naturales y de rellenos artificiales.

1.8.5 Asfalto

Todos los servicios del área del asfalto están acreditados según el convenio INN-MINVU LE 421.

Esta unidad se especializa en la evaluación del comportamiento y de las características fisicoquímicas de mezclas asfálticas y emulsiones, tanto en terreno como en laboratorio.

1.8.6 Consultorías técnicas

El laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso presta asesorías en estudios patológicos de estructuras de edificación, viales y estructurales.

1.8.7 Mecánica de suelos

Todos los ensayos especializados en mecánica de suelos están acreditados según el convenio INN-MINVU 419.

Capítulo 2: Diagnóstico de la situación inicial

2.1 GENERALIDADES DEL ENSAYO

El ensayo de desgaste de Los Ángeles está regulado por la norma chilena NCh 1369-2010, la cual establece los procedimientos para determinar la resistencia al desgaste de los agregados por abrasión e impacto. Este ensayo tiene como finalidad evaluar la calidad de los áridos que serán utilizados en obras civiles.

A través de este ensayo, se busca simular las condiciones reales a las que se verán expuestos los materiales en terreno. De esta manera se puede determinar si los agregados presentarán durabilidad al futuro o si podrán generar fallas anticipadas.

En resumen, la prueba consiste en tomar una muestra del material con una granulometría definida previamente, depositar dicha muestra dentro del tambor giratorio de acero que forma parte de la máquina de Los Ángeles, este tambor se mantiene totalmente cerrado durante el ensayo para evitar pérdidas de material.

Junto con la muestra, se introducen unas esferas metálicas que actuarán como carga abrasiva. Al comenzar a girar el tambor, estas esferas impactan de forma repetitiva el material, simulando las condiciones de desgaste que enfrentarán los agregados en una obra real.

Una vez completado el número de revoluciones establecido, se detiene la máquina y se analiza la muestra para medir los cambios en su granulometría, lo que permite determinar el nivel de desgaste sufrido.

Este ensayo es fundamental para asegurar la calidad y vida útil de las obras de construcción civil.

2.2 PROCESO DEL ENSAYO DE DESGASTE CON LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

El proceso comienza desde el momento que un cliente se contacta con el laboratorio para solicitar la certificación de sus materiales, ya sea para uso en proyectos propios o para su comercialización. Ante esta solicitud, el laboratorio asigna a un trabajador que se traslada al lugar donde se encuentran los materiales, ya sea una obra, terreno o faena. Con el fin de recolectar una muestra representativa.

Una vez que la muestra ha sido trasladada al laboratorio, se da inicio al procedimiento de ensayo:

Secado de la muestra:

Se selecciona la cantidad de árido necesario para realizar el ensayo, esta porción se debe lavar y luego introducir en un horno previamente calentado, donde permanecerá por lo

menos una hora para eliminar la humedad. Transcurrido ese tiempo, la muestra se retira del horno y se pesa.

Luego se debe introducir la muestra al horno por una hora adicional y se repite el pesaje. Cuando la diferencia entre ambos valores es menor a 0,1%, se considera que el material ha alcanzado una masa constante y por lo tanto está completamente seca. Esta muestra la llamamos masa inicial.

Análisis granulométrico:

Con el material seco, se procede a realizar un análisis granulométrico, para ello, se utiliza una columna de tamices dispuestos de mayor a menor apertura. Se debe registrar el peso retenido en cada tamiz, lo cual permite calcular el porcentaje de las partículas correspondientes a cada tamaño. Esta parte del proceso es clave para determinar en qué tamiz se concentra la mayor parte del material, ya que definirá el grado que se utilizará en el ensayo de desgaste.

Esto se puede definir en base a los parámetros de la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Parámetros para la selección de grado de ensayo

Tamaño de partícula (mm)	Grado de ensayo						
	1	2	3	4	5	6	7
	(75 - 63)	(63 - 50)	(37,5 - 19)	(37,5 - 9,5)	(19 - 9,5)	(9,5 - 4,75)	(4,75 - 2,36)
	Tamaño de las fracciones que constituyen la muestra de ensayo (g)						
75 - 63	2 500 ± 50						
63 - 50	2 500 ± 50						
50 - 37,5	5 000 ± 50	5 000 ± 50					
37,5 - 25		5 000 ± 25	5 000 ± 25	1 250 ± 25			
25 - 19			5 000 ± 25	1 250 ± 25			
19 - 12,5				1 250 ± 10	2 500 ± 10		
12,5 - 9,5				1 250 ± 10	2 500 ± 10		
9,5 - 6,3						2 500 ± 10	
6,3 - 4,75						2 500 ± 10	
4,75 - 2,36							5 000 ± 10
Masa muestra de ensayo (g)	10 000 ± 100	10 000 ± 75	10 000 ± 50	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: Norma Chilena NCh 1339-2010

Preparación del ensayo:

En base al grado definido en la granulometría, se determina la masa de muestra a ensayar, la cantidad de esferas de acero que se utilizarán, y el número de revoluciones que debe ejecutar la máquina. Todos estos parámetros están normalizados por NCh 1369-2010. Y dependen del tamaño y tipo de árido.

Estos parámetros se pueden observar en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Cantidad de esferas y número de revoluciones según grado de ensayo.

	Grado de ensayo						
	1	2	3	4	5	6	7
Esferas:							
Cantidad	12			11		8	6
Masa total (g)	5 000 ± 90			4 585 ± 85		3 330 ± 65	2 500 ± 55
Número de revoluciones	1 000			500			

Fuente: Norma Chilena NCh 1369-2010

Ejecución del ensayo:

Se debe introducir la muestra de árido, junto con las esferas de acero en el tambor de la máquina de los ángeles. Se cierra correctamente la tapa y se inicia la rotación del tambor, el cual girará según el número de revoluciones definido en la preparación del ensayo. Una vez completado el ciclo de revoluciones, se extrae cuidadosamente el material y se lleva a un recipiente.

Tamizado y separación:

El material recuperado de la máquina se debe tamizar utilizando tamices desde el N°16 a N°4. El material que atraviesa el tamiz más fino se descarta, mientras que el que queda retenido se recoge, se lava y se somete nuevamente al proceso de secado, siguiendo el mismo criterio de masa constante. Esta es nuestra masa final.

Cálculo de resultado:

Para calcular la resistencia al desgaste como porcentaje de pérdida de masa de la muestra, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = \frac{m_{inicial} - m_{final}}{m_{inicial}} \times 100\%$$

En que:

P = pérdida de masa del árido, expresada en porcentaje (%)

$m_{inicial}$ = masa inicial de la muestra de ensayo, expresada en gramos (g)

m_{final} = masa final de la muestra de ensayo, expresada en gramos (g)

(Se debe expresar el valor de P , aproximando al entero más cercano.)

Finalmente, el laboratorio debe realizar un informe que indique los resultados obtenidos. Este documento varía según el formato de cada laboratorio, pero conforme la norma, debe

incluir lo siguiente:

- a) Identificación única del informe
- b) Identificación del laboratorio
- c) Identificación del solicitante
- d) Identificación y procedencia de las muestras de ensayo
- e) Grado de ensayo
- f) Resultado del ensayo
- g) Fecha del ensayo
- h) Cualquier información importante relativa al ensayo y/o al material analizado
- i) Referencia a la norma chilena NCh 1369-2010

2.3 MÁQUINA DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES

La máquina de Desgaste de Los Ángeles (Figura 2.1) se utiliza como herramienta de control de calidad para los agregados, siendo su función principal evaluar la resistencia a los áridos frente a procesos de abrasión y desgaste.

Este aparato de ensayo contiene las siguientes especificaciones, según la NCh 1369-2010.

- ❖ Cilindro de acero: Tambor de acero con un diámetro interior de 710 ± 6 mm y una longitud interior de 510 ± 6 mm, está montado horizontalmente y es capaz de girar sobre su eje.
- ❖ Abertura: El tambor cuenta con una abertura lateral que permite introducir la muestra y las esferas metálicas. Esta abertura posee una tapa ajustada herméticamente para evitar pérdidas de material durante el ensayo.
- ❖ Tope interno: Dentro del tambor se encuentra fijada una plancha de acero (aleta) de 90 ± 3 mm de altura. Esta pieza sirve para levantar el material durante la rotación, generando el impacto deseado.
- ❖ Velocidad de rotación: El tambor debe girar a una velocidad constante, comprendida entre 30 y 33 revoluciones por minuto (rpm). Esta velocidad debe estar controlada por un motor acoplado con sistema de detención automática tras completar el número de revoluciones programadas.

- ❖ Cantidad de revoluciones: Dependiendo del grado de ensayo determinado por la granulometría del material, se programan 500 o 1.000 revoluciones.
- ❖ Esferas de acero: Se utilizan como carga abrasiva, cada esfera tiene un diámetro aproximado de 47 mm y masa de 390 (g) y 445 (g) cada una. Estas esferas generan el impacto y fricción necesarios para simular el desgaste del áridos (Figura 2.2).

Para llevar a cabo el ensayo de desgaste de Los Ángeles, se utilizan distintos equipos y herramientas. Entre ellas destacan los tamices (Figura 2.3) que se utilizan para la clasificación de la granulometría, el horno (Figura 2.4) que permite el secado de las muestras, la máquina de Los Ángeles que es la esencial para el procedimiento, y las esferas de acero que son las encargadas de generar el desgaste del material.



Fuente: Fotografía propia

Figura 2.1: Máquina de Desgaste de Los Ángeles



Fuente: Fotografía propia

Figura 2.2: Esferas metálicas (carga abrasiva)



Fuente: Fotografía propia

Figura 2.3: Tamices



Fuente: Fotografía propia

Figura 2.4: Horno

2.4 PELIGROS PRESENTES EN EL PROCESO DE ENSAYO DE DESGASTE

Durante el proceso del ensayo de desgaste de áridos mediante la máquina de Los Ángeles, los trabajadores se ven expuestos a diversos riesgos inherentes que pueden afectar la salud y la seguridad de quienes participan de este proceso. Estos riesgos están directamente relacionados con las características del equipo, el ambiente de trabajo y las tareas que se realizan.

Uno de los principales peligros presentes es la exposición a ruido, el cual se genera principalmente por el funcionamiento de la máquina. Estos niveles elevados de ruido se producen por la rotación del tambor junto con las esferas de acero y el agregado se encuentran dentro, lo que produce una vibración constante que puede afectar la audición de las personas si no cuentan con la protección adecuada.

Además del ruido, existen otros riesgos relevantes, como el atrapamiento o golpes al manipular el tambor, la proyección de partículas y la exposición a sílice durante la carga y descarga de los árido, el esfuerzo físico y el peligro de caídas.

Actualmente en LEPUCV, seis personas están autorizadas para realizar este ensayo, las cuales se distribuyen en cargos de laboratoristas y ayudantes avanzados. El tiempo de exposición directa al funcionamiento de la máquina es de 15 a 20 minutos por ensayo, si bien puede ser breve, puede volverse significativo si se repite varias veces en la jornada o durante la semana.

2.4.1 Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos

La matriz de riesgos sirve para tener de forma más clara y visual los riesgos que pueden existir en los lugares de trabajo. Con esta se pueden identificar los peligros que podrían afectar en este caso a LEPUCV y evaluar que tan probable es que ocurran daños, también permite planificar acciones para reducir la posibilidad de que ocurran y minimizar sus consecuencias.

Esta matriz se debe revisar anualmente, y actualizarla cada vez que se incorpore un nuevo peligro.

- Véase en los anexos N°1, N°2 y N°3 de la Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos para laboratoristas que realizan el proceso de ensayo de desgaste de áridos por medio de la máquina de Los Ángeles”, la cual se encuentra dividida en tres partes.

2.5 EVALUACIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS AL RUIDO

El ruido es un agente físico presente en diversos entornos laborales, y representa una de las principales causas de daño auditivo en los trabajadores expuestos. En el caso del laboratorio de ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, en el proceso de ensayo de resistencia al desgaste de áridos, el funcionamiento de la máquina de Los Ángeles genera niveles importantes de ruido, los cuales pueden afectar seriamente la salud de quienes la operan o se encuentran cerca de ella.

Desde el punto de vista físico, no existe diferencia entre sonido y ruido, ya que ambos corresponden a vibraciones que se propagan a través de un medio, como el aire. Sin embargo, lo que los distingue es la percepción del oyente. El sonido se convierte en ruido cuando resulta molesto o no deseado (Recuero, 1995). Esta percepción es totalmente subjetiva, ya que un mismo sonido puede ser tolerable para una persona, pero irritante o perjudicial para otra, dependiendo de los factores psicológicos y fisiológicos (Sommerhoff, 2000).

En la vida cotidiana, las personas están constantemente rodeadas de sonidos que pueden ser agradables y/o necesarios, como la música o la voz humana. Pero también hay sonidos que se perciben como molestos, los cuales se denominan ruido, y que pueden afectar la calidad de vida y salud de forma irreversible. Cuando estos niveles de ruido se presentan en contextos laborales, y de forma prolongada, se hace referencia a la hipoacusia laboral, es decir, pérdida auditiva inducida por el ruido en el trabajo. Aunque es un patología prevenible, sigue estando presente en muchas industrias debido a la falta de medidas adecuadas o a la normalización del ruido como parte del trabajo diario.

Además del daño auditivo, el ruido también puede reducir la capacidad de concentración, aumentar la irritabilidad, y dificultar el descanso adecuado del trabajador. Aunque estos efectos no siempre se asocian directamente al daño físico, tienen un impacto importante en la salud mental y el rendimiento laboral.

2.5.1 Efectos del ruido en la salud

➤ Malestar:

Uno de los efectos más comunes de la exposición continua al ruido es el malestar general sobre la salud de las personas. Esta sensación no necesariamente se asocia a un daño físico inmediato, sino que suele expresarse como intranquilidad, ansiedad, irritabilidad, o incluso angustia.

Se ha observado que durante el día el malestar comienza a experimentarse de forma moderada a partir de los 50 dB(A), y se vuelve intenso sobre los 55 dB(A). En la noche, estas cifras bajan entre 5 y 10 dB(A), debido a que el organismo necesita mayor tranquilidad para lograr un descanso reparador (Tolosa, 2003).

➤ Interferencia en la comunicación:

El ruido ambiental también tiene un efecto directo sobre la capacidad de comunicación entre las personas, lo que puede dificultar la interacción en contextos laborales, educativos o incluso en situaciones cotidianas. Esta interferencia ocurre cuando el ruido de fondo compite con sonido del habla, reduciendo su claridad y haciendo que los mensajes no se comprendan correctamente. Ante esta situación las personas tienden a elevar el volumen de su voz, lo que puede generar fatiga vocal y aumentar aún más el nivel general de ruido.

Una conversación moderada y mantenida a un metro de distancia, genera niveles de presión sonora de entre 50 y 55 dB(A). Si se grita o se alza la voz, este valor puede alcanzar entre 75 y 80 dB(A). Por otro lado, para que un mensaje hablado pueda ser entendido en un 80%, se requiere que supere en al menos 12 dB(A) al ruido de fondo (Meyer Sound, 2006). Es decir, si el ambiente tiene un nivel de ruido de 60 dB(A), el interlocutor tendría que hablar por sobre los 72 dB(A) para lograr un entendimiento adecuado.

Los efectos de esta interferencia se vuelven más relevantes en lugares donde la comunicación oral es esencial para la seguridad o la eficiencia del trabajo. Ya que a partir de 65 dB(A) de ruido ambiente, la conversación se vuelve extremadamente difícil, y muchas veces es necesario recurrir a gestos, repeticiones o pausas, afectando el flujo normal del trabajo.

➤ Pérdida de atención, concentración y rendimiento:

Los ruidos inesperados o intermitentes, aunque no sean de alta intensidad pueden producir distracciones momentáneas que afectan el flujo normal del trabajo. Estas interrupciones no solo disminuyen la productividad, sino que también aumenta la probabilidad de cometer errores, lo que puede ocasionar desperfectos en el resultado final o incluso causar accidentes laborales. Es por esto, que el ruido se convierte en un factor que disminuye la calidad y cantidad del rendimiento

(Tolosa, 2003).

El ruido no solo interfiere con la atención y la memoria a corto plazo, sino que también puede generar una sensación constante de incomodidad o tensión que disminuye la motivación del trabajador.

➤ Trastornos del sueño:

La exposición al ruido ambiental durante las horas de descanso representa un riesgo importante para la salud, ya que interfiere directamente con los mecanismos fisiológicos que regulan el sueño.

Durante la exposición nocturna al ruido, se han registrado respuestas involuntarias del cuerpo, como el aumento de presión arterial, frecuencia cardíaca acelerada, arritmias, modificaciones en la respiración e incluso movimientos corporales involuntarios (García, 2002). Los efectos secundarios se manifiestan al día siguiente de la exposición y suelen traducirse en somnolencia, fatiga, irritabilidad y disminución de la capacidad de concentración. También pueden aparecer alteraciones del estado de ánimo o del comportamiento como ansiedad, menor tolerancia a la frustración o desmotivación.

Es por esto, que la Organización Mundial de la Salud ha recomendado que los niveles equivalentes de presión sonora nocturna (L_{eq}) no superen los 45 dB(A), con el fin de proteger el descanso de las personas (García, 2002).

➤ Estrés:

El ruido también actúa como un factor estresante en las personas, alterando el equilibrio psicoemocional de los trabajadores. Esta exposición constante a fuentes sonoras intensas puede generar un estado de alerta sostenido, lo que a su vez activa el sistema nervioso simpático (SNS), provocando la liberación de hormonas del estrés como el cortisol y adrenalina (INSHT, 2004).

Esta reacción puede manifestarse en forma de aumento del ritmo cardíaco, hipertensión arterial, tensión muscular, sudoración excesiva, entre otros síntomas relacionados con el estrés agudo. Cuando la exposición al ruido es continua y se mantiene en el tiempo sin medidas de mitigación, estos efectos pueden evolucionar hacia un estrés crónico, ocasionando consecuencias más graves como trastornos cardiovasculares, alteraciones gastrointestinales y debilitamiento del sistema inmunológico.

Psicológicamente, el ruido persistente puede provocar irritabilidad, fatiga mental, disminución de la tolerancia a la frustración, ansiedad e incluso episodios de depresión. Estos efectos no solo afectan el bienestar general del trabajador, sino que también deterioran la calidad del ambiente laboral, interfieren en las relaciones interpersonales, la motivación y la productividad (INSHT, 2004).

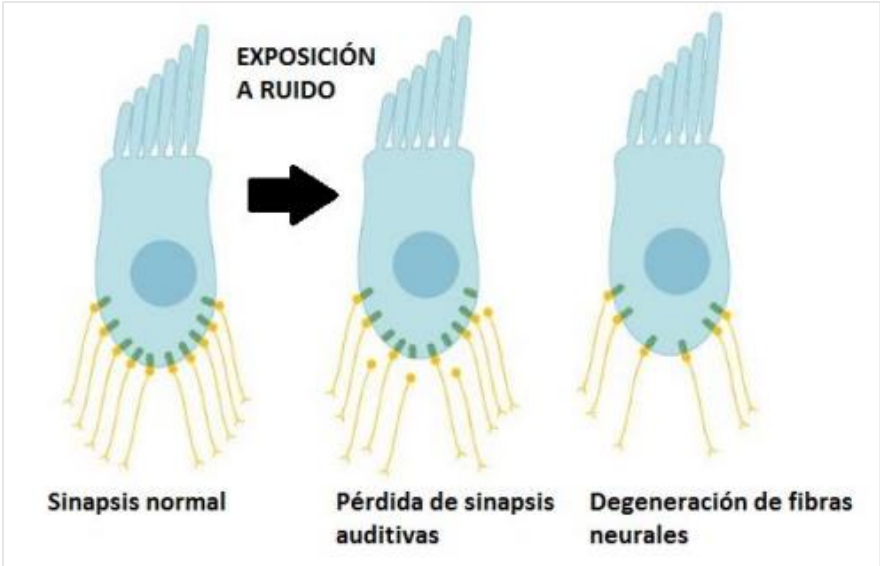
2.5.2 Efectos del ruido sobre la audición

La pérdida auditiva por exposición a ruido corresponde a un problema de salud pública y ocupacional. Entre los años 1995 y 2004, las consultas por hipoacusia asociadas con la exposición a ruido laboral aumentaron de 120 a 250 millones a nivel mundial (WHO, 2015). Según datos de la Organización Panamericana de la Salud, existe una tasa de 17% para América Latina en trabajadores con jornadas de 8 horas diarias, durante 5 días a la semana y con una exposición que varía entre los 10 a los 15 años (OPS, 2001). En Chile, el mayor grupo con hipoacusia se encuentra en personas de 65 años o más de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010, estimándose una tasa del 52,4% y elevándose a 91,1% en mayores de 80 años (MINSAL, 2010).

Por otra parte, según el Estudio Nacional de Discapacidad en Chile del año 2015, un 6,9% de la población adulta sin discapacidad declara tener problemas auditivos, mientras que, en el grupo de adultos con discapacidad, este porcentaje se eleva a un 27,3% (SENADIS, 2016).

Uno de los efectos más conocidos del ruido en la salud humana es la pérdida de audición, y muchas personas han sentido alguna vez una especie de “sordera momentánea” o una sensación de “oído tapado” después de estar expuestos a niveles altos de ruido, como asistir a un concierto o estar en una discoteca. Esta sensación puede durar desde unos minutos hasta algunas horas, y se conoce como desplazamiento temporal del umbral auditivo (DTUA), y se caracteriza por una disminución transitoria de la sensibilidad auditiva, la cual es reversible si se evita una nueva exposición sonora y se permanece en un ambiente tranquilo (García, 2002).

El problema comienza cuando esta exposición al ruido es frecuente y no hay tiempo suficiente para que el oído se recupere. Con el tiempo, esta falta de descanso auditivo puede producir un daño irreversible conocido desplazamiento permanente del umbral auditivo (DPUA) o también conocida como hipoacusia inducida por ruido, el cual afecta principalmente a las células ciliadas del oído interno, responsables de captar y transmitir los sonidos al cerebro (ver Figura 2.5).



Fuente: Aedo & Cuéllar, 2019.

Figura 2.5: Esquema del daño a las células ciliadas internas del oído.

Este tipo de daño suele pasar desapercibido al principio, sin embargo, con el tiempo el deterioro se extiende y comienza a dificultar la comunicación, especialmente en ambientes con ruido de fondo. En algunos casos también aparecen zumbidos constantes o incluso problemas de equilibrio, como vértigo.

En cuanto a su clasificación por intensidad, la hipoacusia se divide en ligera, moderada, severa y profunda según el rango de pérdida auditiva medido en decibeles, tal como se muestra en la Tabla 2.3.

La hipoacusia también puede clasificarse de acuerdo a su origen, que puede ser conductiva, neurosensorial o mixta, dependiendo de la zona del oído afectada, como se observa en la Tabla 2.4.

Tabla 2.3: Clasificación de la hipoacusia según su intensidad

Intensidad	Pérdida auditiva (dB)
Ligera	20 – 40 dB
Moderada	41 – 70 dB
Severa	71 – 90 dB
Profunda	Más de 90 dB

Fuente: Benito-Orejas & Silva-Rico, 2013

Tabla 2.4: Clasificación de la hipoacusia según su origen

Origen	Consecuencias
Conductiva	Problemas en el oído externo o medio
Neurosensorial	Daño en el oído interno o en el nervio auditivo
Mixta	Afectación de ambos

Fuente: Manual MSD, 2024

Para diagnosticar este tipo de padecimientos, se utiliza la audiometría, un examen que permite medir el umbral auditivo de una persona.

Si tras un período de entre 12 a 16 horas sin exposición a ruido, los niveles auditivos no regresan a los valores iniciales, entonces se considera que la pérdida es permanente.

En Chile, en el ámbito laboral, se estima que alrededor del 30% de los trabajadores está expuesto a ruidos molestos, y que el 80% de las incapacidades laborales auditivas se deben a exposiciones prolongadas. El problema es que la mayoría de las personas no percibe los efectos del ruido hasta que ya es demasiado tarde.

La hipoacusia avanza de forma lenta, acumulativa y sin causar dolor, por lo que suele ignorarse hasta que la pérdida auditiva es evidente. Y lo más grave es que, una vez detectada, la lesión es irreversible, y no existe ningún tratamiento médico o intervención quirúrgica que permita recuperar las células dañadas del oído.

2.5.3 Normativas legales y límites permisibles

En Chile, el principal marco legal que regula la exposición a ruido en los lugares de trabajo es el Decreto Supremo N°594 del Ministerio de Salud, el cual aprueba el “Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de Trabajo”. Este decreto establece que el límite máximo permisible de nivel de presión equivalente (NPSeq) no debe superar los 85 dB(A) durante la jornada laboral de 8 horas diarias.

Además del DS N°594, el Ministerio de Salud cuenta con el Protocolo de Vigilancia de Riesgo por Exposición a Ruido (PREXOR), el cual consiste en identificar, evaluar y controlar la exposición a ruido en el lugar de trabajo.

El PREXOR plantea que las empresas deben iniciar medidas de control y de vigilancia de salud de los trabajadores, cuando estos se encuentren a exposiciones iguales o mayores a 80 dB(A), lo cual es inferior al límite permitido pero su finalidad es prevenir los daños auditivos antes de que ocurran.

Qué debe hacer la empresa según PREXOR

- ✓ Contar con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) que incluya el riesgo de ruido.
- ✓ Implementar programa de vigilancia ambiental y de la salud.
- ✓ Capacitar a los trabajadores sobre la exposición al agente ruido.
- ✓ Implementar las medidas de control para disminuir, controlar o eliminar la exposición.

Este protocolo refuerza la idea de que no basta solo la utilización de EPA, sino que además se debe formar un sistema donde se integre la prevención, el control y la vigilancia permanente, de acuerdo a la ISO 45000 sobre Salud y Seguridad en el Trabajo.

Desde el punto de vista internacional, existen varias normas que son reconocidas y utilizadas como referencia técnica, sobre todo en los métodos de medición, evaluación y elementos de protección auditiva (EPA).

Una de ellas es la norma UNE-EN ISO 1996-2:2020 “Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental, Parte 2: Determinación de los niveles de presión sonora”. Tal como se menciona en su título, entrega las directrices necesarias para llevar a cabo mediciones de ruido de forma precisa, considerando diversos factores como las condiciones ambientales, los equipos de medición y los métodos de cálculo para obtener valores representativos de NPSeq. Esta norma es muy útil para establecer los criterios de evaluación del ruido, ya sea urbano o laboral.

Otra norma importante es la UNE-EN ISO 4869-1:2020 “Protectores auditivos contra el ruido. Parte 1: Método subjetivo para la medición de la atenuación acústica”. Esta norma es fundamental para evaluar la efectividad de los EPA, y seleccionar el que sea adecuado al nivel de ruido presente en el entorno laboral.

2.5.4 Elementos de Protección Personal y Auditivo

Los Elementos de Protección Personal (EPP) son dispositivos, accesorios o vestimentas diseñados específicamente para proteger al trabajador frente a riesgos que puedan comprometer su seguridad o salud durante el desarrollo de sus funciones. Su uso se vuelve esencial cuando no es posible eliminar completamente un peligro o controlarlo mediante medidas de ingeniería o administrativas, es decir, representan la última barrera de protección en la jerarquía de control del riesgo.

En el caso del ruido ocupacional, cuando los niveles de presión sonora superan los límites establecidos por la normativa vigente, el uso de Elementos de Protección Auditiva (EPA) se convierte en una medida crítica para prevenir daños auditivos como la hipoacusia inducida por ruido.

La legislación en Chile es clara en cuanto a la obligatoriedad del uso y entrega de elementos de protección personal:

- La ley N°16.744 de 1968, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Subsecretaría de Previsión Social, sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, establece en su artículo 68, establece que el empleador debe proporcionar gratuitamente a sus trabajadores los equipos e implementos necesarios para su protección, sin que esto represente ningún costo para ellos.
- El Decreto Supremo N°173/1982 del Ministerio de Salud, que reglamenta la autorización de laboratorios que certifican la calidad del EPP, señala en su artículo 1° que se entenderá por elementos de protección personal todo equipo, aparato o dispositivo diseñado y fabricado para proteger total o parcialmente el cuerpo humano frente a riesgos ocupacionales.
- Por su parte, el Decreto Supremo N°594 de 1999, del Ministerio de Salud, en sus artículos 53 y 54, especifica que los empleadores deben:
 - Entregar los EPP en forma gratuita
 - Asegurarse de que estos sean adecuados al riesgo presente
 - Capacitar a los trabajadores en su uso correcto y su mantención
 - Garantizar que estén certificados de acuerdo con normas de calidad vigentes.
 Además, se establece la obligación del trabajador de utilizar estos elementos mientras se encuentre expuesto al riesgo.

La protección auditiva no debe considerarse como la primera línea de defensa. La jerarquía de control de riesgo establece que primero se deben aplicar medidas como la eliminación de la fuente, su aislamiento, el rediseño de procesos, o la reorganización de turnos para reducir el tiempo de exposición al ruido (EMB, 2020). Solo cuando estas opciones no son viables o no resultan suficientes, se justifica el uso de EPP como medida complementaria. Las propuestas de medidas de control para el agente ruido, se basan en la pirámide de jerarquía de control del riesgos, la cual se puede observar en la Figura 2.6.



Fuente: <https://www.nueva-iso-45001.com/2015/11/control-riesgo-ohsas-18001-norma-sgsst/>

Figura 2.6: Jerarquía de controles de riesgos

El uso de protectores auditivos es fundamental cuando el ruido en el ambiente laboral alcanza niveles potencialmente dañinos. La correcta identificación del agente físico (ruido) en el entorno de trabajo es clave, ya que permite conocer con precisión la intensidad y duración de la exposición para adoptar las medidas de control más adecuadas (INSST, 1999).

Cuando otras estrategias de control no son suficientes o viables, especialmente en entornos como laboratorios con maquinaria específica y espacio limitado, los protectores auditivos se transforman en la principal defensa contra el daño auditivo (MINSAL, 1982).

La eficacia de los EPA no solo depende de su diseño, sino también de su certificación y correcta utilización. En Chile, deben ser certificados por laboratorios autorizados por la autoridad sanitaria (MINSAL, 1982) y cumplir con normas nacionales e internacionales como la UNE-EN ISO 4869-1:2020, que establece el método para medir atenuación acústica de los protectores auditivos.

Asimismo, su efectividad se ve influida por factores como la compatibilidad con otros EPP, la anatomía del usuario, las condiciones ambientales y la capacitación del trabajador para su adecuado.

❖ Tipos de Elementos de Protección Auditiva

En el control de exposición a ruido, es fundamental seleccionar correctamente los Elementos Protección Auditiva (EPA). Los más comunes son los tapones auditivos y las orejeras, cada uno con características distintas y niveles de atenuación que se deben evaluar según la situación de trabajo.

Tal como se observa en la Tabla 2.5, los tapones auditivos se insertan en el canal auditivo y, gracias a su material blando, permiten un ajuste adecuado, entregando una atenuación aproximada entre 25 dB y 33 dB. Por otro lado, las orejeras cubren el pabellón auditivo externo mediante un arnés que sostiene casquetes con material absorbente, alcanzando un NRR estimado entre 20 dB y 34 dB.

Tabla 2.5: Tipos de Elementos de Protección Auditiva (EPA)

Elementos de Protección Auditiva (EPA)	Características	Nivel de Reducción de Ruido (NRR)
Tapones auditivos	Son insertados en el canal auditivo y están fabricados en materiales blandos que permiten un ajusten adecuado.	Entre 25 dB y 33 dB
Orejeras	Cubren el pabellón auditivo externo, gracias a un arnés que sujeta los casquetes con material absorbente.	Entre 20 dB y 34 dB

Fuente: Elaboración propia

La elección tipo de protector auditivo debe considerar:

- El nivel de ruido al que está expuesto el trabajador.
- Las condiciones del entorno de trabajo.
- La compatibilidad con otros equipos de protección.
- La características anatómicas del usuario.
- El confort durante su uso prolongado.

Incorporar protectores auditivos de forma consciente y bien informada no solo previene la pérdida de audición, sino que también contribuye a mejorar la calidad la vida laboral y la percepción de seguridad en los entornos de trabajo ruidoso.

2.6 MEDICIONES DE RUIDO

Para llevar a cabo una evaluación objetiva de la exposición ocupacional a ruido dentro del laboratorio de ensayos de resistencia al desgaste de áridos por medio de la máquina de Los Ángeles se realizaron mediciones de niveles de presión sonora con el fin de identificar zonas críticas de exposición y respaldar técnicamente la necesidad de aplicar medidas preventivas y/o correctivas.

En primer lugar, se debe considerar que los laboratoristas que operan la máquina de desgaste de Los Ángeles y los laboratoristas que desempeñan funciones a menos de 5 metros de ésta, se encuentran expuestos a niveles elevados de ruido. Como se ha mencionado, este ruido es generado durante la operación de la máquina, la cual produce un nivel de presión sonora variable dependiendo del grado de ensayo utilizado, es decir, la cantidad de esferas de acero junto al agregado.

Para la medición se consideraron dos condiciones operativas de ensayo:

- Grado 4: Se utilizan 8 esferas de acero
- Grado 1: Se utilizan 12 esferas de acero

Para realizar las mediciones se utilizó un sonómetro marca 3M serie SE/DL SoundPro, ya que cumple con todas las exigencias técnicas establecidas en la normativa internacional UNE-EN ISO 1996-2:2020, y además permite aplicar la ponderación A, que es recomendada para evaluar la respuesta del oído humano frente a diferentes niveles de presión sonora.

La ubicación del sonómetro fue a 1 metro de distancia horizontal desde la máquina de Los Ángeles (figura 2.7), y a una altura de 1,20 metros desde el piso (Figura 2.8).

Además, se utilizaron nueve puntos de medición con 1 metro de distancia entre ellos para lograr tener una visión más completa de cómo se distribuye el ruido dentro de la sala de ensayo. Esta distancia permite cubrir el área alrededor de la máquina sin que las mediciones se repitan demasiado, y sigue las recomendaciones de la UNE-EN ISO 1996:2 2020, la cual se refiere a la “Determinación de los niveles de presión sonora”.

La distribución de los puntos utilizados puede observarse en las Figuras 2.9 y 2.10., donde se muestra el esquema para los grados 1 y 4.

Los valores obtenidos se resumen en la Tabla 2.6 para el ensayo grado 1 y en la Tabla 2.7 para el ensayo grado 4. En ambas tablas se presenta el nivel de presión sonora equivalente

(Leq) y los decibels máximos registrados durante los 5 minutos de cada medición. Para visualizar la comparación entre ambos ensayos, la Figura 2.11 muestra un gráfico con los niveles promedio de presión sonora equivalente (Leq) para cada ensayo.



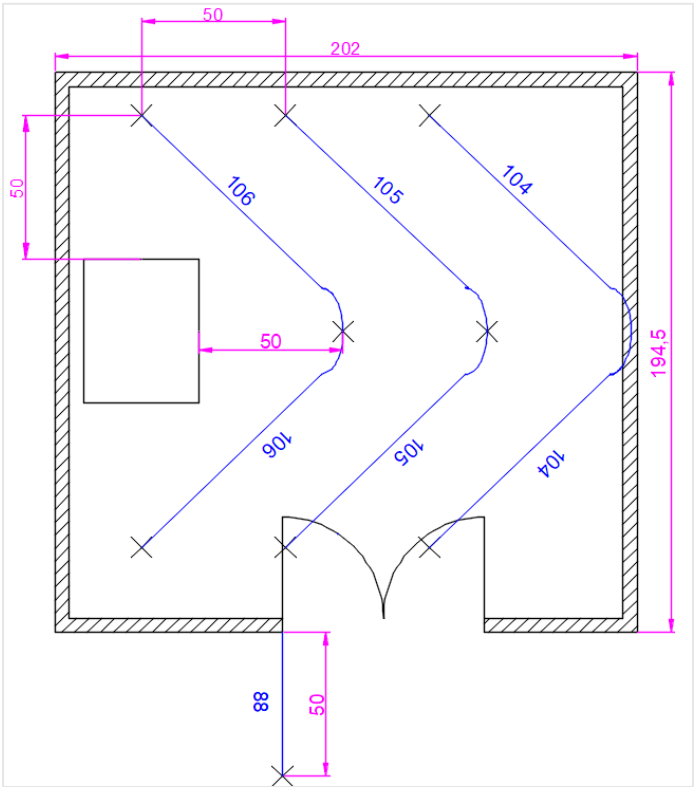
Fuente: Fotografía propia

Figura 2.7: Ubicación del sonómetro



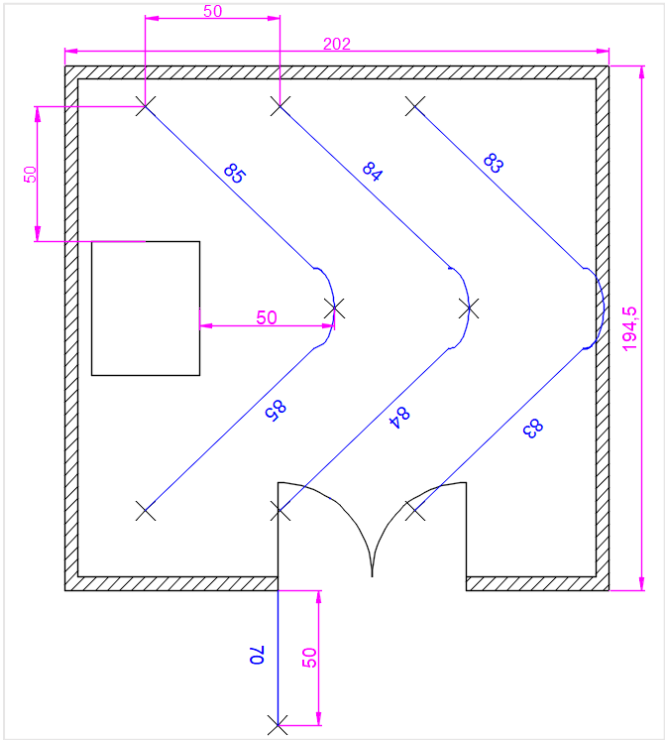
Fuente: Fotografía propia

Figura 2.8: Distancia del sonómetro al piso



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.9: Puntos de medición para grado 1



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.10: Puntos de medición para grado 4

Tabla 2.6: Resultado de mediciones para ensayo grado 1.

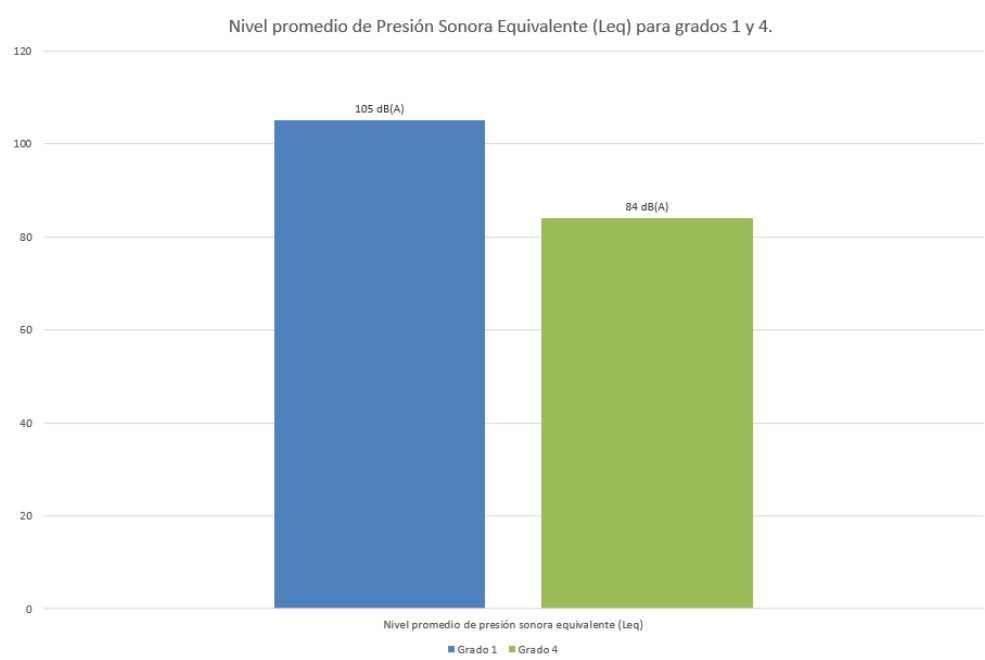
Grado 1 (12 esferas de acero)		
N°	Leq	Máximo
1	106	112,4
2	105	112,4
3	104	110,9
4	106	112,4
5	105	118,9
6	106	110,9
7	105	110,8
8	104	111
9	105	118,9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.7: Resultado de mediciones para ensayo grado 4.

Grado 4 (8 esferas de acero)		
N°	Leq	Máximo
1	85	91,4
2	84	91,4
3	83	89,3
4	85	91,4
5	84	97,3
6	85	89,2
7	84	89,4
8	83	90
9	84	75

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.11: Gráfico comparativo del promedio de nivel de presión sonora equivalente para los grados 1 y 4.

Estos datos indican que los niveles de exposición diaria a ruido, se encuentran sobre los 85 dB(A), que es el límite permisible máximo exigido por el DS N°594 del MINSAL.

Capítulo 3: Análisis de resultados y medidas de control

3.1 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A RUIDO

De acuerdo con las mediciones realizadas y considerando la frecuencia con la que se realiza el ensayo de desgaste de áridos con la máquina de Los Ángeles, se procedió a analizar la exposición ocupacional a ruido de los trabajadores involucrados en esta área.

En una jornada semanal normal, este ensayo se realiza tres veces por semana y con una duración de 30 minutos aproximadamente:

- Dos veces utilizando el grado 1 (con 12 esferas de acero).
- Una vez utilizando el grado 4 (con 8 esferas).

Según las mediciones realizadas con el sonómetro 3M serie SE/DL SoundPro, aplicando la ponderación A se obtuvo lo siguiente:

- Grado 1: nivel promedio de presión sonora equivalente (Leq) de 105 dB(A).
- Grado 4: nivel promedio de presión sonora equivalente (Leq) de 84 dB (A).

3.1.1 Cálculo de exposición diaria promedio

- **Grado 1 (12 esferas)**

Duración semanal total = 30 (min) × 2 veces = 60 (min)

Exposición diaria promedio = 60 (min) ÷ 5 días = 12 (min/día)

Tolerancia para los 105 dB(A), según DS 594 = 4,7 (min)

Dosis diaria media

$$D = \frac{12}{4,7} = 2,6$$

- **Grado 4 (8 esferas)**

Duración semanal total = 30 (min) × 1 vez = 30 (min)

Exposición diaria promedio = 30 (min) ÷ 5 días = 6 (min/día)

Tolerancia para 84 dB(A), según DS 594 = 10,08 (hrs) ≈ 605 (min)

Dosis diaria media

$$D = \frac{6}{605} = 0,01$$

Si sumamos estas dosis, tenemos que:

$$\text{Dosis total diaria acumulada} = 2,6 \text{ (grado 1)} + 0,01 \text{ (grado 4)} = 2,61$$

Como se puede observar, la dosis de exposición diaria para el grado 4 es considerablemente baja, muy por debajo del límite permitido, por lo que no representa un riesgo relevante para la salud auditiva de los trabajadores. Sin embargo, la situación cambia drásticamente con el grado 1, donde la exposición supera en más de dos veces el valor permitido por el DS 594.

Esto significa que, aunque la duración del ensayo no sea prolongada, el nivel de ruido es tan elevado en el grado 1 que incluso una exposición breve genera un riesgo importante. Este resultado confirma la existencia de una sobreexposición a ruido, lo que pone en riesgo la salud auditiva de los trabajadores.

Considerando que en LEPUCV este ensayo se realiza en un espacio cerrado con repercusión acústica natural por las paredes, y que existen otras personas que pueden encontrarse a menos de 5 metros de la máquina de Los Ángeles, se amplía el grupo de trabajadores potencialmente expuestos.

3.2 SELECCIÓN DE PROTECCIÓN AUDITIVA

De acuerdo con la NCh 1331/6 y la Guía Técnica 01 para la Selección y Control de Protectores Auditivos del Instituto de Salud Pública (ISP), el método más exacto para determinar la eficacia real de un Elemento de Protección Auditiva (EPA) es el cálculo utilizando bandas de octava. Este procedimiento permite estimar el nivel de ruido que realmente percibe el trabajador, ya que considera la atenuación que el protector ofrece en cada rango de frecuencia.

En este estudio no fue posible aplicar el método de bandas de octava, ya que no se realizaron mediciones de ruido desglosadas por bandas de frecuencia en el laboratorio LEPUCV, por lo que no se cuenta con los datos necesarios para realizar el cálculo matemático completo. Por esta razón, se decidió usar como alternativa el método del NRR corregido propuesto por NIOSH, que, si bien no es el método más exacto, entrega un valor cercano a la atenuación que ofrecen las orejeras en el lugar de trabajo.

Dado los niveles de presión sonora (L_{eq}) a los que están expuestos los trabajadores durante el proceso de ensayo, es importante evaluar qué Elementos de Protección Auditiva (EPA) serían adecuados para reducir la exposición efectiva al ruido. Esta selección no debe hacerse al azar, sino considerando tanto las características técnicas del protector como el entorno de trabajo y la compatibilidad con otros EPP.

En este caso, se recomienda el uso de orejeras de tipo audífono, como las 3M Peltor Optime III, ya que poseen un Nivel de Reducción de Ruido (NRR) de 34 dB, y están diseñadas para exposiciones continuas de 105 dB, como es el caso del grado 1 del ensayo.



Fuente: 3M™ Peltor™ Optime™ Fono Auditivo con Cintillo H540A,
https://www.3mchile.cl/3M/es_CL/p/d/v000082834/

Figura 3.1: Protector auditivo recomendado para ensayo grado 1.

3.2.1 Cálculo de exposición ajustada con el uso de EPA

Para estimar el nivel real al que queda expuesto el trabajador al utilizar estas orejeras, es necesario considerar la atenuación efectiva en el puesto de trabajo específico. Aunque las orejeras 3M Peltor Optime III indica un nivel de reducción de ruido de 34 dB, este valor no debe restarse directamente al nivel de ruido medido, ya que este valor es el obtenido en las condiciones del laboratorio.

Según organismos internacionales como NIOSH, para estimar una reducción más representativa del trabajo se debe aplicar un factor de corrección.

$$\text{Atenuación efectiva} = \frac{(NRR - 7)}{2}$$

Al aplicar esta fórmula,

$$\frac{34 - 7}{2} = \frac{27}{2} = 13,5 \text{ dB}$$

Se estima que las orejeras 3M reducirían 13,5 dB(A) en condiciones reales de trabajo.

3.2.2 Nivel ajustado de exposición

Si el ensayo grado 1 genera un ruido de 105 dB(A), la exposición real con protector auditivo sería:

$$105 \text{ dB(A)} - 13,5 \text{ dB} = 91,5 \text{ dB(A)}$$

De acuerdo con el DS 594, la tabla de tolerancia para 91,5 dB(A) se ubica entre los valores establecidos para 91 y 92 dB(A). Aproximando se puede utilizar el valor para 92 dB(A), cuya tolerancia diaria es de aproximadamente 1,59 horas $\approx$ 95,4 minutos.

$$\text{Nueva dosis diaria} = \frac{12 \text{ min}}{95,4 \text{ min}} = 0,13$$

Con esto se determina que el con el uso de las orejeras 3M Peltor Optime III, la exposición diaria del ensayo grado 1 disminuye de 2,6 a 0,13. Lo cual representa una reducción significativa del riesgo.

La suma de las dosis diarias de exposición para ambos grados de ensayo (1 y 4) con protección auditiva, corresponde a:

$$\text{Dosis total diaria} = 0,13 + 0,01 = 0,14$$

Este resultado se encuentra muy por debajo del límite permitido, lo que indica que la selección del protector auditivo es efectiva para controlar el riesgos de sobreexposición a ruido durante los ensayos realizados con la máquina de Los Ángeles.

3.3 MEDIDAS DE CONTROL SEGÚN JERARQUÍA DE RIESGOS

Como se mencionó anteriormente en el Capítulo 2 de este documento, cuando se trata de controlar un riesgo como el ruido, lo ideal es aplicar medidas que estén lo más arriba posible en la jerarquía de controles, es decir, eliminar el peligro, reemplazarlo o aplicar controles de ingeniería. El uso de EPP o EPA debería ser la última opción y usarlo solo cuando no sea posible aplicar medidas más eficaces.

En el caso específico de LEPUCV, considerando que no se dispone con la información detallada sobre los recursos con los que disponen, se optó por recomendar en primera instancia el uso de Elementos de Protección Auditiva (EPA). Esto no quiere decir que se descarte la aplicación de otras acciones a futuro como, por ejemplo:

➤ Eliminación o sustitución

En este caso esta medida no es aplicable, ya que el uso de la máquina de Los Ángeles es parte del procedimiento establecido para el ensayo de desgaste de áridos. Quizás a futuro se podría evaluar la posibilidad de adquirir equipos más modernos y menos ruidosos si existieran.

➤ Controles de ingeniería

Si los recursos del laboratorio lo permiten, sería ideal evaluar la posibilidad de instalar una cabina acústica que encierre totalmente la máquina. También se podrían utilizar paneles absorbentes de ruido para disminuir la propagación de este, así no solo beneficiaría a los operarios de la máquina, sino que a todos los trabajadores que se encuentran cerca de la zona de desgaste de áridos.

➤ Controles administrativos

Reducir el tiempo de exposición directa de los trabajadores también es una buena medida de control, se puede rotar al personal que opera la máquina o establecer horarios para su uso, para evitar que haya otros trabajadores cerca. También es importante señalar debidamente la zona donde se realiza este ensayo, con carteles que sean visibles y que adviertan del riesgo de ruido.

➤ Elementos de Protección Personal (EPP)

Como medida inmediata se sugiere el uso de EPA que permiten una buena atenuación del ruido. Estos deben ser certificados, estar en buen estado y ser utilizados correctamente. Además, es importante capacitar a los trabajadores sobre “Uso y cuidado de EPP” para que los trabajadores sepan cómo utilizarlos,

limpiarlos y mantenerlos.

3.3.1 Propuesta de plan de acción progresivo

Con el fin de reducir la exposición ocupacional a ruido en los trabajadores que operan la máquina de Los Ángeles, se plantea un plan de acción con medidas progresivas. Este plan incluye controles inmediatos, como el uso de protectores auditivos certificados, y a mediano plazo, la instalación de una cabina acústica, considerando tanto los recursos actuales como posibles mejoras futuras del laboratorio.

La Tabla 3.1 presenta las acciones propuestas, el responsable de su implementación, los plazos estimados, los recursos necesarios para llevarlos a cabo y su estimación económica.

Tabla 3.1: Plan de acción progresivo para el control de exposición ocupacional a ruido en el ensayo desgaste de áridos con máquina de Los Ángeles.

Acción propuesta	Responsable	Plazo estimado	Recursos necesarios	Estimación económica
Evaluar la viabilidad de instalar una cabina acústica	Jefe de laboratorio	3 a 6 meses	Presupuesto	Entre \$2.000.000 y \$3.000.000, dependiendo de materiales y diseño
Instalar señaléticas de advertencia por ruido y delimitar el área de trabajo	Prevencionista de Riesgos	1 mes	Señaléticas visibles	4 señaléticas visibles (1 en entrada principal, 1 en puerta de acceso, 2 internas dentro de la sala de ensayo) Costo total estimado \$34.000
Capacitar al personal sobre el uso correcto de los protectores auditivos y los efectos del ruido	Prevencionista de Riesgos	1 mes	Presentación, sala y tiempo para realizar la charla	Costo asociado a tiempo del prevencionista y sus horas laborales (sin gasto externo)
Verificar el estado de los protectores auditivos y reponer los que se encuentran en mal estado	Prevencionista de Riesgos	Trimestralmente	Protectores auditivos certificados en stock	Estimación anual de \$336.000 considerando renovación semestral para seis trabajadores.
Planificar una rotación de tareas para disminuir el tiempo de exposición al ruido	Jefe de laboratorio/ Coordinador	2 meses	Reorganización interna	No implica costos directos, solo planificación interna
Implementar un registro formal de entrega de protectores auditivos	Prevencionista de Riesgos/ RRHH	2 semanas	Formato de registro, compromiso firmado por trabajadores	No implica costos, ya que se utilizan recursos digitales existentes

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras el desarrollo del presente proyecto se lograron alcanzar los objetivos propuestos, permitiendo obtener una visión integral de sobre todos los riesgos asociados al procedimiento de ensayo de desgaste de áridos por medio de la máquina de Los Ángeles.

Se logró describir completamente este proceso del ensayo comprendiendo sus etapas y como se lleva a cabo dentro del laboratorio. A partir de este análisis fue posible identificar los principales peligros a los que están expuestos los trabajadores, destacando entre ellos el agente ruido como el más relevante, tanto por la magnitud de la exposición como por las consecuencias que implica para la salud auditiva. Cabe mencionar que los niveles de ruido medidos dentro del laboratorio superan ampliamente los valores establecidos por el DS N°594 de 1999 del Ministerio de Salud. También fue posible identificar otros riesgos durante el proceso, como atrapamientos, sobreesfuerzos físicos y exposición a sílice.

Finalmente, en base a los resultados obtenidos, se propusieron medidas de control específicamente dirigidas a reducir la exposición a ruido, priorizando como medida inmediata el uso de Elementos de Protección Auditiva (EPA). Esta decisión se fundamenta en el desconocimiento de los recursos con los que cuenta el laboratorio para implementar controles de ingeniería u otros, aun así, se desarrollaron propuestas considerando la jerarquía de control de riesgos, lo que permitió establecer una estrategia progresiva, sin dejar de lado la posibilidad de aplicar soluciones más eficaces a futuro.

REFERENCIAS

- Abbasi, M., Pourrajab, B., & Tokhi, M. O. (2021). Protective effects of vitamins/antioxidants on occupational noise-induced hearing loss: A systematic review. *Journal of occupational health*, 63(1), e12217.
- Aedo, C., & Cuéllar, M. G. (2019). Exposición a ruido no ocupacional: Desde la fisiología hasta la evaluación auditiva y normativa en Chile. *J. health med. sci.*, 5(3), 141–147.
- Beacon Mutual. (s.f.). *Conservación de la audición – Concientización*.
- Benito, K. S. (2017). DETERMINACIÓN DEL DESGASTE POR ABRASIÓN AL AGREGADO GRUESO EN LA CIUDAD DE COBIJA-PANDO. *Revista DICyT Ciencias y Tecnologia*, 1(1), 73-81.
- Benito-Orejas, J. I., & Silva-Rico, J. C. (2013). Hipoacusia: identificación e intervención precoces. *Pediatría Integral*, 17, 330–342.
- Calvo, A., Preti, C., Caria, M., & Deboli, R. (2019). Vibration and noise transmitted by agricultural backpack powered machines critically examined using the current standards. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12), 2210
- Concha-Barrientos, M., Steenland, K., Prüss-Üstün, A., Campbell-Lendrum, D. H., Corvalán, C. F., Woodward, A., & World Health Organization. (2004). Occupational noise: assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels. World Health Organization.
- Curtis, H. M., Meischke, H., Stover, B., Simcox, N. J., & Seixas, N. S. (2018). Gendered safety and health risks in the construction trades. *Annals of work exposures and health*, 62(4), 404-415.
- EMB. (2020). *Ruido ocupacional: Efectos y estrategias de control en Chile*. HSEC.
- Furuseth, S. V., Buffat, X., Pereira-Cubillo, J. S., & Valuch, D. (2021). Emittance growth suppression with a multibunch feedback in high-energy hadron colliders: Numerical optimization of the gain and bandwidth. *Physical Review Accelerators and Beams*, 24(1), 011003.
- Ganime, J. F., Da Silva, L. A., Robazzi, M. D., Sauzo, S. V., & Faleiro, S. (2010). El ruido como riesgo laboral: una revisión de la literatura. *Enfermería global*, 9(2).
- Gong, W., Zhao, L., Li, L., Morata, T. C., Qiu, W., Feng, H. A., & Zhu, B. (2021). Evaluating the effectiveness of earplugs in preventing noise-induced hearing loss in an auto parts factory in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 7190.

- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST]. (1999). *NTP 503: Confort acústico. El ruido en oficinas*.
- Jancarczyk, D., Bernaś, M., & Boczar, T. (2020). Distribution transformer parameters detection based on low-frequency noise, machine learning methods, and evolutionary algorithm. *Sensors*, 20(15), 4332.
- Józwik, J. (2016). Identification and monitoring of noise sources of CNC machine tools by acoustic holography methods. *Advances in Science and Technology. Research Journal*, 10(30).
- Józwik, J., Wac-Włodarczyk, A., Michałowska, J., & Kłoczko, M. (2018). Monitoring of the noise emitted by machine tools in industrial conditions. *Journal of Ecological Engineering*, 19(1), 83-93.
- Kahraman, S. A. İ. R., & Toraman, O. Y. (2008). Predicting Los Angeles abrasion loss of rock aggregates from crushability index. *Bulletin of Materials Science*, 31(2), 173-177.
- KAHRAMAN, S., Delibalta, M. S., & Comakli, R. (2013). Noise level measurement test to predict the abrasion resistance of rock aggregates. *Fluctuation and Noise Letters*, 12(04), 1350021.
- Kirchner, D. B., Evenson, E., Dobie, R. A., Rabinowitz, P., Crawford, J., Kopke, R., & Hudson, T. W. (2012). Occupational noise-induced hearing loss: ACOEM task force on occupational hearing loss. *Journal of occupational and environmental medicine*, 54(1), 106-108.
- Manual MSD. (2024). Hipoacusia (Trastornos otorrinolaringológicos). En Manual MSD versión para profesionales.
- Mapuranga, M., Maziriri, E. T., Chitamba, A., & Letshaba, R. K. (2020). Does occupational noise matter amongst manufacturing (small and medium enterprises) workers? Empirical evidence from Magaba, Mbare, Zimbabwe. *South African Journal of Communication Disorders*, 67(2), 1-11.
- Martínez, M. G., García, J. J. J., Ceballos, L. Y., Valencia, A. M., Zapata, M. A. V., & Trespalacios, E. M. V. (2012). Ruido industrial: efectos en la salud de los trabajadores expuestos. *Revista CES Salud Pública*, 3(2), 174-183.
- Méndez, I. M. R., Rojas, D. S., Medina, R. D. B., & Urriago, J. C. (2021). Evaluación de la exposición ocupacional a ruido en microempresas de madera de la ciudad de Neiva en el 2019. *RIAA*, 12(1), 6.
- Mika, D., & Józwik, J. (2016). Normative measurements of noise at CNC machines workstations. *Advances in Science and Technology. Research Journal*, 10(30).

- Mirza, R., Kirchner, D. B., Dobie, R. A., Crawford, J., & ACOEM Task Force on Occupational Hearing Loss. (2018). Occupational noise-induced hearing loss. *Journal of occupational and environmental medicine*, 60(9), e498-e501.
- Movahed, N., & Ravanshadnia, M. (2022). Noise Exposure Assessment in Construction Equipment Operators in Tehran, Iran. *Journal of UOEH*, 44(1), 43-52.
- Pretzsch, A., Seidler, A., & Hegewald, J. (2021). Health effects of occupational noise. *Current pollution reports*, 7(3), 344-358.
- Sheppard, A., Ralli, M., Gilardi, A., & Salvi, R. (2020). Occupational noise: auditory and non-auditory consequences. *International journal of environmental research and public health*, 17(23), 8963.
- Shkembi, A., Smith, L. M., Bregg, S., & Neitzel, R. L. (2022). Evaluating Occupational Noise Exposure as a Contributor to Injury Risk among Miners. *Annals of Work Exposures and Health*, 66(9), 1151-1161.
- Sliwinska-Kowalska, M., Zamyslowska-Szmytko, E., Szymczak, W., Kotylo, P., Fiszer, M., Dudarewicz, A., ... & Stolarek, R. (2001). Hearing loss among workers exposed to moderate concentrations of solvents. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 335-342.
- Tolosa, F., & Badenes, F. J. (2008). *Ruido y salud laboral*. Palma de Mallorca: Mutua Balear.
- Wen, P. J., & Huang, C. (2020). Noise prediction using machine learning with measurements analysis. *Applied Sciences*, 10(18), 6619.
- Wen, S., Nguyen, D. H., Wang, M., & Gan, W. S. (2021, December). Design and Evaluation of Active Noise Control on Machinery Noise. In 2021 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC) (pp. 1180-1186). IEEE.
- Yanagi Junior, T., Schiassi, L., Rossoni, D. F., Ponciano, P. F., & Lima, R. R. D. (2012). Spatial variability of noise level in agricultural machines. *Engenharia Agrícola*, 32, 217-225.
- Yang, X., Wang, Y., Zhang, R., & Zhang, Y. (2021). Physical and Psychoacoustic Characteristics of Typical Noise on Construction Site: “How Does Noise Impact Construction Workers’ Experience?”. *Frontiers in Psychology*, 12.
- Yilmaz, O. (2011). Predicting Los Angeles abrasion of rocks from some physical and mechanical properties. *Scientific Research and Essays*, 6(7), 1612-1619.
- ZAKI, M. Z. M., RAHMAN, H. A., & BAKAR, A. S. A. Knowledge, Attitude and Practice (Kap) on Occupational Noise Exposure among Ambulance Drivers at Hospitals in Klang Valley, Malaysia.

ANEXOS

Anexo 1: “Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos – Parte 1: Identificación del riesgo”

LEPUCV Laboratorio de Ensayos “Matriz de Identificación de Peligros – Parte 1: Identificación del riesgo”						
ÁREA Y/O EQUIPOS DE TRABAJO	Nº	ACTIVIDAD	TIPO DE ACTIVIDAD RUTINARIA/ NO RUTINARIA	COMPONENTE DEL SIG	PELIGROS	RIESGOS ASOCIADOS
Laboratoristas de Ensayo de L.A	1	Carga de áridos y esferas en el tambor de la máquina	Rutinaria	Seguridad	Golpeado por/ Atrapamiento	Lesiones en extremidades, hematomas, fracturas
Laboratoristas de Ensayo de L.A	2	Funcionamiento de la máquina	Rutinaria	Salud	Exposición a ruido	Hipoacusia, pérdida auditiva inducida por ruido
Laboratoristas de Ensayo de L.A	3	Traslado de muestras	Rutinaria	Seguridad	Caidas al mismo nivel	Torceduras, esguinces, fracturas
Laboratoristas de Ensayo de L.A	4	Traslado de muestras	Rutinaria	Seguridad	Sobreesfuerzo físico	Dolor lumbar, distensión muscular
Laboratoristas de Ensayo de L.A	5	Manipulación de áridos (tamizaje y pesaje)	Rutinaria	Salud	Exposición a polvo (sílice)	Enfermedades respiratorias (silicosis)
Laboratoristas de Ensayo de L.A	6	Vertido de áridos a la máquina	Rutinaria	Seguridad	Proyección de partículas	Lesiones oculares

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: “Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos – Parte 2: Evaluación inicial y medidas”

LEPUCV Laboratorio de Ensayos “Parte 2: Evaluación inicial y medidas”				
PROBABILIDAD (P)	CONSECUENCIA (C)	NIVEL DEL RIESGO (NR)	CLASIFICACION	MEDIDAS DE CONTROL PROPUESTAS
3	1	3	Aceptable	Capacitación sobre procedimiento de trabajo seguro para carga de áridos. Uso obligatorio de guantes de seguridad.
2	5	10	No Aceptable	Uso obligatorio de EPA. Capacitación de uso y cuidado de EPP. Evaluación periodica de niveles de ruido. Audiometría anual para laboratoristas.
3	2	6	Aceptable	Uso obligatorio de calzado de seguridad antideslizante. Mantener orden y limpieza en las zonas transitables. Charlas de 5 minutos sobre buenas prácticas de traslado manual de cargas.
3	3	9	No Aceptable	Uso de apoyos mecánicos para el traslado de cargas pesadas. Capacitación de manejo manual de cargas.
2	5	10	No Aceptable	Implementar extracción de polvo en el área de tamizaje. Uso de máscaras respiratorias con filtros para polvos. Realizar periódicamente evaluaciones ambientales y de vigilancia médica para los laboratoristas expuestps.
3	3	9	No Aceptable	Uso obligatorio de gafas de seguridad. Revisión de procedimiento de trabajo seguro para el vertido de los áridos. Capacitación sobre riesgos asociados a la proyección de partículas.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: “Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos – Parte 3: Reevaluación y seguimiento”

LEPUCV Laboratorio de Ensayos "Parte 3: Revaluación y seguimiento"						
PROBABILIDAD (P)	CONSECUENCIA (C)	NIVEL DEL RIESGO (NR)	ACTIVIDAD DE SEGUIMIENTO			
			CLASIFICACIÓN	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
2	1	2	No crítico	Verificación de cumplimiento de procedimiento de trabajo seguro para carga de áridos y uso de EPP	Trimestral	Prevencionista de riesgos
1	3	3	No crítico	Verificación del uso adecuado de EPA y mediciones de ruido	Semestral	Prevencionista de riesgos
1	2	2	No crítico	Inspección de condiciones del piso y zonas de tránsito, y verificación de uso de calzado de seguridad	Trimestral	Prevencionista de riesgos
1	2	2	No crítico	Supervisión de uso de apoyo mecánico y cumplimiento de técnicas de mantenimiento	Trimestral	Prevencionista de riesgos
1	3	3	No crítico	Revisión de ventilación en la zona y uso de EPP	Mensual	Prevencionista de riesgos
1	2	2	No crítico	Verificación de uso correcto de EPP.	Mensual	Prevencionista de riesgos

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: “Criterio para la clasificación del riesgo”

MATRIZ DE EVALUACION DE RIESGOS PARA INVENTARIOS SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

ESTE PROCESO DE E. R. DEBE SER CAPAZ DE RESPONDER A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

- 1 De dónde provienen los riesgos en mi negocio?
- 2 Cuál es su magnitud?
- 3 Cuáles son los factores que más contribuyen al riesgo?
- 4 A qué son sensibles los riesgos y por tanto cómo se pueden cambiar?
- 5 Qué nivel de riesgo es intolerable para la empresa (y sus partes interesadas) y qué nivel podría ser considerado insignificante?
- 6 Por tanto, Qué es lo que vale la pena hacer para reducir el riesgo?

MATRIZ DE RIESGOS
DETERMINACION DEL NIVEL DE RIESGO

RIESGO INACEPTABLE							Ponderador	CONSECUENCIA		
RIESGO ACEPTABLE NO REQUIERE CONTROL ADICIONAL	6	12	18	24	30	36		EFECTO PERSONAS SEGURIDAD Y SALUD	MEDIO AMBIENTE	CONCEPTO
	6	12	18	24	30	36		Varias Fatalidades		contaminación irreversible CATASTROFICO
	5	10	15	20	25	30		Una Fatalidad o accidente incapacitante permanente	Enfermedad Profesional incapacitante	contaminación reversible a largo plazo MUY CRITICO
	4	8	12	16	20	24		una o más lesiones graves: mayor a 30 DP (contacto, caídas) / 60 DP (otros)	enfermedad profesional crónica	existe contaminación reversible a corto plazo CRITICO
	3	6	9	12	15	18		una o más lesiones con 30 DP o menos	enfermedad profesional fase aguda	existe contaminación menos remediable MEDIO
	2	4	6	8	10	12		lesiones menores	enfermedad profesional reversible	existe una leve contaminación pero remediable MINIMO
	1	2	3	4	5	6		ninguna lesión	ninguna enfermedad	no existe contaminación INSIGNIFICANTE
Ponderador							1	2	3	4
PROBABILIDAD							se espera que nunca pasará, nunca ha pasado			
CONCEPTO							se espera que podría pasar cada 10 años pero nunca ha pasado			
							se espera que podría pasar con cierta probabilidad pero no ha pasado			
							se espera que podría pasar con cierta probabilidad y ha pasado en el último año			
							podría pasar con tanta frecuencia como una vez por año y ha pasado (1/AÑO)			
							suceso repetitivo, frecuencia varias veces al año y ha pasado, (+1/AÑO)			

CRITERIO DE CLASIFICACION DEL RIESGO

36-20	SUPER CRITICO: NR Inaceptable, se requieren medidas para eliminar o reducir de inmediato.	RIESGO RESIDUAL
18-15	CRITICO: se requieren controles de riesgo adicionales	
12-8	MEDIANAMENTE CRITICO: riesgo aceptable pero es posible que se justifiquen controles adicionales	
< 6	NO CRITICO: riesgo aceptable, no se justifican controles adicionales	
	nada	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Ficha Técnica - 3M™ PELTOR™ Optime™ Orejeras

Fonos 3M™ PELTOR™ H510/OPTIME I

Ficha Técnica



■ Descripción

Los protectores auditivos del tipo fono H510/Optime I de 3M™ Peltor™, son fabricados para brindar una efectiva protección a los trabajadores que se desempeñan en áreas donde los niveles de ruido superan los límites establecidos en el Decreto Supremo N° 594, como por ejemplo, 85 dB(A) para exposiciones efectivas a ruido durante 8 hrs.

Este fono cuenta con copas de bajo perfil y puntos pivotantes que permiten a los usuarios inclinar y ajustarlas para mayor comodidad y eficiencia. Sus almohadillas rellenas de líquido y espuma plástica mejoran su adherencia a los costados de la cara y disminuyen la transmisión de calor. Su amnés metálico, fabricado en acero inoxidable, distribuye la presión entregando una mayor comodidad y adaptación a las diversas características antropométricas del cráneo. Además, este amnés resiste torceduras y deformaciones, y mantiene constante la presión a lo largo del tiempo, asegurando de esta forma la mantención de la atenuación entregada.

Estos fonos se encuentran disponibles en 3 versiones: **H510A** (arnés sobre la cabeza), **H510B** (arnés tras la nuca), **H510P3E** (arnés para casco).

■ Atenuación

Las atenuaciones y desviaciones estándar de los fonos H510/Optime I, obtenidos bajo la norma europea EN 352^(*) son las siguientes:

Modelo	Frec [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	H	M	L	SNR
HS10A Optime I A	Atenuac. (dB)	14,1	11,4	18,7	27,6	32,9	33,6	36,6	35,9	32 dB	25 dB	15 dB	27 dB
	Desv. Est. (dB)	4,0	4,1	3,6	2,5	2,7	3,4	2,7	3,7				
Modelo	Frec [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	H	M	L	SNR
HS10B Optime I B	Atenuac. (dB)	13,3	10,9	17,1	25,4	31,5	32,6	36,1	34,8	30 dB	24 dB	15 dB	26 dB
	Desv. Est. (dB)	4,1	3,5	2,8	1,8	2,6	4,3	3,2	3,6				
Modelo	Frec [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	H	M	L	SNR
HS10 P3E Optime P3E	Atenuac. (dB)	13,1	11,2	13,4	26,9	33,9	32,0	33,5	36,9	32 dB	23 dB	15 dB	26 dB
	Desv. Est. (dB)	2,3	2,0	1,9	1,8	1,9	2,4	1,8	1,8				

(*) Esta información resulta necesaria para poder utilizar la norma chilena NCh1331/6.Of2001, para seleccionar protección auditiva según lo indicado en Art. 82 del Decreto Supremo N° 594.

Según la norma ANSI S3.19-1974, los valores NRR son:

H510A: 21 dB H510B: 21 dB H510P3E: 21 dB

■ Aplicaciones

Los fonos H510/Optime I han sido diseñados para aquellos lugares donde, en general, los trabajadores se encuentran expuestos a niveles de ruido cercanos a los 95 dB(A).

No obstante lo anterior, según lo indicado en el Decreto Supremo N° 594, la selección de protección auditiva deberá realizarse de acuerdo a la metodología establecida en la norma chilena NCh1331/4.

■ Modelos H510/Optime I



H510A

Arnés sobre la cabeza
(180 g.)



H510B

Amés tras
(165 g.)

H510P3E^(*)

Amés para casco
(205 g.)

(*) Versión también disponible con aislamiento eléctrico

Garantía

La única responsabilidad del vendedor o fabricante será la de reemplazar la cantidad de este producto que se pruebe ser defectuoso de fábrica. Ante esto, el cliente deberá presentar su inquietud a nuestro call center (600-300-3636), quienes le informaran como proceder según sea el caso (devolución, reembolso, reemplazo, etc.).

Ni el vendedor ni el fabricante serán responsables de cualquier lesión personal pérdida o daños ya sean directos o consecuentes que resulten del uso de este producto.

Antes de usarlo, el usuario deberá determinar si el producto es apropiado para el uso pretendido y el usuario asume toda responsabilidad y riesgo en conexión con dicho uso.

■ Empaque

Pieza/Bolsa	Bolsa/Caja	Pieza/Caja
1	20	20



Anexo 6: Cotización Protector Auditivo 3M Peltor Optime III

FERTASACEROSACEROS INOXIDABLESSOLDADURA Y CORTEMANEJO DE CARGASEGURIDAD INDUSTRIAL Y VESTUARIOFERRETERÍA INDUSTRIALEQUIPOS INDUSTRIALES

Inicio → Fono Peltor Optime 3 H540P3 (ex H10P3E) SNR 35



FONO PELTOR OPTIME 3 H540P3
(EX H10P3E) SNR 35

SKU 46735

(IVA incluido)
\$38.545 Precio Internet
~~\$42.828~~

Cantidad

-

1

+

AGREGAR AL CARRO

AGREGAR AL COTIZADOR

Descripción producto

Los protectores auditivos del tipo fono h10/optime 105 de 3m peltor son fabricados

Fuente: https://www.kupfer.cl/fono-peltor-optime-3-h540p3-ex-h10p3e-snr-35.html?srltid=AfmBOopKh4_DeH1Qpm1lhrLkrUU9yauaSO8C5kaPHmhTTFHZ4goIgPGy&utm_source=chatgpt.com

Anexo 7: Cotización de Cabina Acústica Industrial para control de Ruido



ACINSUMOS
Insumos y repuestos industriales

Inicio

Empresa

Productos

Servicios

Ofertas

Cientes

Noticias

Contacto

0 items

CONTROL DE RUIDO



SILENCIADORES SPLITTER

SELECCIONAR OPCIONES



CELOSÍAS ACUSTICAS LOUVERS

SELECCIONAR OPCIONES



SILENCIADORES ESCAPE

SELECCIONAR OPCIONES



PUERTAS Y PORTONES ACÚSTICOS

AÑADIR AL PRESUPUESTO



PANTALLAS ACÚSTICAS SUMINISTRO

AÑADIR AL PRESUPUESTO



PREXOR RUIDO LABORAL

AÑADIR AL PRESUPUESTO

Fuente: https://acinsumos.cl/index.php/control-de-ruido/?gad_source=1&gad_campaignid=20429686452&gbraid=0AAAAApILhbKI6o9f3g_AIsHuWwPXRxlJD&gclid=CjwKAjwqKzEBhANEiwAeQaPVURhBMapesI2Rm5SaiXPOBEer0yd_5Irb3uwjfUi2bcYk8llqWliFxoCCs8QAvD_BwE