

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA
CONCEPCION

**Propuesta de acondicionamiento acústico para el taller JM Smash
Repairs basada en diagnóstico y cumplimiento del DS N°38**

María José Fernández Cifuentes

2025

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION
“REY BALDUINO DE BELGICA”**

**PROPUESTA DE ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO PARA EL TALLER
JM SMASH REPAIRS BASADA EN DIAGNOSTICO Y CUMPLIMIENTO
DEL DS N°38**

**TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CONSTRUCTOR**

Alumno: María José Fernández Cifuentes.

Profesor Guía: Sergio Rodrigo Monroy Molares.

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: Propuesta de acondicionamiento acústico para el taller JM Smash Repairs basada en diagnóstico y cumplimiento del DS 38

Nombre del candidato(a): María José Fernández Cifuentes

Carrera / Grado: Ingeniería en construcción

Campus: Sede Concepción **Departamento:** Construcción y Prevención de Riesgos

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Sergio Rodrigo Monroy Morales, 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 (marcar una opción)

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 (**marcar una opción**):

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: 08/01/2026

Firma: Sergio Monroy Morales Firmado digitalmente por Sergio Monroy Morales

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 08/01/2026

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.

INDICE

INTRODUCCION	1
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	7
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
METODOLOGÍA	9
ESTADO DE ARTE	11
MARCO TEÓRICO	11
MARCO NORMATIVO	13
CAPÍTULO I: DIAGNOSTICAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS FUENTES EMISORAS DE RUIDO DEL TALLER JM SMASH REPAIRS, IDENTIFICANDO Y CARACTERIZANDO LOS EQUIPOS A PARTIR DE MEDICIONES CON EL FIN DE ESTABLECER UNA LÍNEA BASE DE LA PROBLEMÁTICA.	15
1.1: GENERALIDADES	16
1.2: CALIFICACION SEGÚN ACTIVIDAD, RUIDO Y TIPO DE FUENTE	18
1.2.1 : TIPO DE ACTIVIDAD	18
1.2.2 : TIPOS DE RUIDO	19
1.2.3 : FUENTE EMISORA DE RUIDO	22
1.3: PROTOCOLO DE EXPOSICION OCUPACIONAL A RUIDO (PREXOR)	22
1.3.1 : PREXOR	22
1.3.2 : EVALUACION Y CRITERIOS DE ACCION	23
1.4: ESTUDIO DE CASO “TALLER JM SMASH REPAIRS”	24
1.4.1 : UBICACIÓN	24
1.4.2 : LEVANTAMIENTO ESPACIAL DEL TALLER.	25
1.4.2.1 : DESCRIPCION CONSTRUCTIVA DEL TALLER	29
1.4.3 : IDENTIFICACION DE LAS FUENTES EMISORAS	32
1.4.4 : DISTRIBUCION FUNCIONAL DEL TALLER	38

1.4.5 : DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO E IDENTIFICACION OPERATIVA DE ESTAPAS GENERADORAS DE RUIDO	40
1.4.6 : METODOLOGIA DE MEDICION ACUSTICA.....	41
1.4.7 : OBSERVACIONES ACUSTICAS PRELIMINARES EN TERRENO	47
1.5 : MEDICIONES ACUSTICAS	48
1.5.1 : RESULTADOS DE MEDICION	49
1.5.2: EVALUACIÓN DE RUIDO INTERIOR SEGÚN PREXOR Y DS594	69
1.5.3 : COMPARACION CON LOS LIMITES DEL DS N°38/2011	70
1.5.4 : ANALISIS DE LA LINEA BASE ACUSTICA	72
1.5.5 : MAPA ACUSTICO DEL TALLER.....	74
1.6: MEDIDAS INMEDIATAS DE CONTROL DEL RUIDO OCUPACIONAL – USO DE PROTECCIÓN AUDITIVA PERSONAL	75
1.6.1 : FUNDAMENTO NORMATIVO.....	76
1.6.2 : SELECCIÓN DE LA PROTECCIÓN AUDITIVA	76
1.6.3 : ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA MEDIDA.....	77
CAPÍTULO II: PROPONER SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA LA MEJORA ACÚSTICA DEL TALLER DE DESABOLLADURA Y PINTURA AUTOMOTRIZ, CON EL PROPÓSITO DE REDUCIR LOS NIVELES DE RUIDO EMITIDOS HACIA EL ENTORNO, EN CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPREMO N°38 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE DE CHILE	78
2.1: FUNDAMENTOS ACÚSTICOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO	79
2.1.1 : FENÓMENOS ACÚSTICOS RELEVANTES.....	79
2.1.2 : LEY DE MASA	81
2.2: TIPOS DE MATERIALES ACÚSTICOS	81
2.2.1 : MATERIALES ABSORBENTES.....	81
2.2.2 : MATERIALES AISLANTES O DE MASA	82
2.2.3 : MATERIALES RESONADORES	83
2.3: SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DEL LISTADO OFICIAL DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA ACONDICIONAMIENTO	

ACÚSTICO DEL MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (ED13)	
APLICADAS AL TALLER.....	84
2.3.1 : MURO EXISTENTE DE ALBAÑILERÍA – (SOLUCIÓN	
“D.M.L.02.01. MURO DE ALBAÑILERÍA CON LADRILLO CERÁMICO	
HECHO A MÁQUINA SANTIAGOTE 9”).....	85
2.3.2 : CIELO SUSPENDIDO – (SOLUCIÓN “D.M.M.01.02. DIVISORIO	
33X61MM”).....	86
2.4: PUERTA ACÚSTICA ABATIBLE DE DOS HOJAS TIPO SÁNDWICH	
(ZINC + LANA MINERAL + ZINC) CON VISOR CENTRAL DE	
TERMOPANEL ACÚSTICO 3+3 / 12 / 6 mm	88
2.4.1 : LEY DE MASA.....	91
2.4.1.1 : AISLAMIENTO DE LA PUERTA ZINC+LANA	
MINERAL+ZINC (LEY DE MASA)	93
2.4.1.2 : AISLAMIENTO DE LA VENTANA TERMOPANEL 3+3/12/6	
MM (LEY DE MASA)	94
2.4.2 : FRECUENCIA DE RESONANCIA DE LA SOLUCION DE DISEÑO	
.....	95
2.4.2.1 : FRECUENCIA DE RESONANCIA DE LA VENTANA	
TERMOPANEL DE 3+3/12/6 MM	95
2.4.2.2 : FRECUENCIA DE RESONANCIA DE LA PUERTA ZINC-	
LANA-ZINC	97
2.4.3 : AISLAMIENTO ACUSTICO TOTAL DE LA PUERTA ACÚSTICA	
ABATIBLE DE DOS HOJAS TIPO SÁNDWICH (ZINC + LANA	
MINERAL + ZINC) CON VISOR CENTRAL DE TERMOPANEL	
ACÚSTICO 3+3 / 12 / 6 MM	98
2.4.3.1 : AISLAMIENTO DEL SISTEMA DOBLE DE LA PUERTA ZINC-	
LANA-ZINC	99
2.4.4 : PERDIDA DE TRANSMICION COMPUESTA PARA LA PUERTA	
ACÚSTICA ABATIBLE DE DOS HOJAS TIPO SÁNDWICH (ZINC +	
LANA MINERAL + ZINC) CON VISOR CENTRAL DE TERMOPANEL	
ACÚSTICO 3+3 / 12 / 6 MM	101
CAPITULO III: VALORIZAR LA PROPUESTA DE MEJORA ACÚSTICA	
DISEÑADA PARA EL TALLER DE DESABOLLADURA Y PINTURA	
AUTOMOTRIZ, CON EL PROPÓSITO DE DETERMINAR SU VIABILIDAD	
TÉCNICA Y ECONÓMICA, EN RELACIÓN CON LOS BENEFICIOS	
ACÚSTICOS OBTENIDOS Y EL CUMPLIMIENTO DEL DECRETO	
SUPREMO N°38 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	104

CONTENIDO DEL CAPITULO.....	105
3.1: ANTECEDENTES Y CONDICIONES DE EVALUACION PARA LA VALORIZACION	105
3.1.1 : CRITERIO NORMATIVO APLICADO Y PARAMETROS DE EVALUACION	105
3.1.2 : LINEA BASE ACUSTICA EXTERIOR Y BRECHA DE CUMPLIMIENTO (DS38).....	106
3.1.3 : IMPLICANCIAS TECNICAS DE LA LINEA BASE PARA LA VALORIZACION.....	107
3.1.4 : SOLUCIONES CONSIDERADAS EN EL PRESUPUESTO Y SU DESEMPEÑO DE REFERENCIA	107
3.1.5 : CRITERIO DE “BENEFICIO ACÚSTICO” PARA LA EVALUACIÓN DE VIABILIDAD	108
3.2: METODOLOGIA DE VALORIZACION DE LA PROPUESTA	109
3.2.1 : ALCANCE DE LA VALORIZACION Y CRITERIO “INSTALABLE”	109
3.2.2 : ELABORACION DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)	109
3.2.2.1 : APUS DEL CIELO.....	110
3.2.2.2 : APU DE PUERTA CON VISOR.....	115
3.2.3 : PRESUPUESTO FINAL DE IMPLEMENTACION	118
3.3: VIABILIDAD TECNICA	120
3.3.1 : CRITERIOS TECNICOS PARA DECLARAR “VIABLE” LA SOLUCION	120
3.3.2 : VIABILIDAD CONSTRUCTIVA DEL CIELO SUSPENDIDO PROPUESTO	120
3.3.3 : VIABILIDAD CONSTRUCTIVA DE LA PUERTA ACUSTICA ABATIBLE DE DOS HOJAS.....	121
3.3.4 : COMPATIBILIDAD CON LA OPERACION DEL TALLER Y ESTRATEGIA DE EJECUCION.....	122
3.3.5 : DURABILIDAD, MANTENCION Y SEGURIDAD	123
3.4: VIABILIDAD ECONOMICA	123
3.4.1 : RELACION COSTO-BENEFICIO EN FUNCION DEL CUMPLIMIENTO (DS38).....	123

3.5: BENEFICIOS ACUSTICOS OBTENIDOS Y VERIFICACION DE CUMPLIMIENTO DEL DS N°38	124
3.5.1: BENEFICIO ACUSTICO REQUERIDO SEGUN LINEA BASE (CONDICION EXTERIOR)	124
3.5.2: BENEFICIOS ACUSTICOS ESPERADOS DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS	124
3.5.3: DESEMPEÑO ESTIMADO DEL CERRAMIENTO Y APOORTE AL CUMPLIMIENTO (R Y REQ)	125
3.5.4: BENEFICIOS COMPLEMENTARIOS ASOCIADOS A LA INTERVENCION	126
CONCLUSIONES	126
BIBLIOGRAFIA	130
LINKOGRAFIA	131

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Usos de suelo en zona H4 según plan regulador de concepción	3
Tabla 2: Niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos	4
Tabla 3: Tabla de mediciones dB (A)	5
Tabla 4: Estudios, proyecto de título y tesis de otros autores.	11
Tabla 5: Niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos	19
Tabla 6: Características constructivas del taller JM Smash Repairs.	32
Tabla 7: Caracterización de las principales fuentes emisoras de ruido	35
Tabla 8: Correcciones de ventana, puerta o vano (art.18)	43
Tabla 9: Correcciones por ruido de fondo (art.19)	44
Tabla 10: Descripción de parámetros de medición	47
Tabla 11: Comparación de NPC interno de cada fuente emisora con el límite del DS N°594 y PREXOR	70
Tabla 12: Comparación de NPC externo de cada fuente emisora con el límite del DS N°38/2011	72
Tabla 13: Comparación de NPC externo de cada fuente emisora con el límite del DS N°38/2011	73
Tabla 14: Ley de masa puerta Zinc-Lana.Zinc	93
Tabla 15: Ley de masa ventana termopanel	94
Tabla 16: Frecuencia de resonancia ventana termopanel (visor)	96
Tabla 17: Frecuencia de resonancia puerta	98
Tabla 18: Aislamiento del sistema doble Zinc-Lana.Zinc	99
Tabla 19: Aislamiento del sistema doble ventana termopanel	100

Tabla 20: Req de la puerta compuesta.....	103
Tabla 21: Análisis de precio unitario- entramado de cielo.....	111
Tabla 22: Análisis de precio unitario- lana de vidrio.....	112
Tabla 23: Análisis de precio unitario- Revestimiento OSB.....	113
Tabla 24: Análisis de precio unitario- Revestimiento yeso cartón	114
Tabla 25: Análisis de precio unitario- ventana termopanel	116
Tabla 26: Análisis de precio unitario- puerta zinc-lana-zinc.....	117
Tabla 27: Presupuesto total de las soluciones.....	119

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Comparación niveles de ruido.....	7
Gráfico 2: Amplitud de la onda sonora	17
Gráfico 3: Ruido estable	20
Gráfico 4: Ruido fluctuante.....	21
Gráfico 5: Ruido impulsivo.....	21
Gráfico 6: Resultados de compresor de aire interior M1.....	49
Gráfico 7: Resultados de compresor de aire interior M2.....	50
Gráfico 8: Resultados de compresor de aire interior M3.....	51
Gráfico 9: Resultados de compresor de aire exterior M4	52
Gráfico 10: Resultados de lijadora interior M1.....	54
Gráfico 11: Resultados de lijadora interior M2.....	55
Gráfico 12: Resultados de lijadora interior M3.....	56
Gráfico 13: Resultados de lijadora exterior M4	58
Gráfico 14: Resultados de martillo interior M1.....	59
Gráfico 15: Resultados de martillo interior M2.....	61
Gráfico 16: Resultados de martillo interior M3.....	62
Gráfico 17: Resultados de martillo exterior M4	63
Gráfico 18: Resultados de sistema de calefacción de cabina interior M1.....	65
Gráfico 19: Resultados de sistema de calefacción de cabina interior M2.....	66
Gráfico 20: Resultados de sistema de calefacción de cabina interior M3.....	67
Gráfico 21: Resultados de sistema de calefacción de cabina exterior M4	68
Gráfico 22: Comparación del NPC Interno y Externo de las fuentes emisoras... 74	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de zonificación urbana del plan regulador comunal de concepción	3
Figura 2: Ubicación de fuentes en el plano.....	37
Figura 3: Distribución funcional del taller.....	38

Figura 4: Diagrama de flujo	41
Figura 5: Extracto de ficha técnica	101

INDICE DE PLANOS

Plano 1: Nivel 1 taller JM Smash Repairs.....	26
Plano 2: Nivel 2 taller JM Smash Repairs.....	27
Plano 3: Elevación oeste del taller.....	27
Plano 4: Elevación este del taller.....	28
Plano 5: Elevación norte y sur del taller.....	28
Plano 6: Cubierta del taller	28
Plano 7: Distribución de mediciones del compresor.....	44
Plano 8: Distribución de mediciones (lijadora circular)	45
Plano 9: Distribución de mediciones (martillo desabollador).....	45
Plano 10: Distribución de mediciones (cabina de pinturas).....	46
Plano 11: Detalle puerta con visor	89
Plano 12: Referencia donde se ubicará la solución de puerta	92
Plano 13: Perdida de transmisión compuesta de la puerta con visor	102

INDICE DE ILUSTRACIONES E IMÁGENES

Ilustración 1: Escala de decibel	17
Ilustración 2: Mapa de ubicación del taller JM Smash Repairs.	25
Ilustración 3: Mapa acústico	75
Ilustración 4: Reflexión sonora	80
Ilustración 5: Transmisión de ruido aéreo	80
Ilustración 6: Transmisión de ruido de impacto	80
Ilustración 7: Solución “D.M.L.02.01.”	85
Ilustración 8: Solución “D.M.M.01.02.”	86
Ilustración 9: Detalle ventana termopanel 3+3/12/6 mm.....	88
Ilustración 10: Detalle puerta.....	89

Imagen 1: Entrada principal del Taller JM SMASH REPAIRS.....	2
Imagen 2: Medición realizada afuera del taller	5
Imagen 3: Lugares de mediciones	5
Imagen 4: Registro visual de decibeles sector M1	6
Imagen 5: Muros perimetrales	29
Imagen 6: Cubierta de asbesto	30
Imagen 7: Piso de hormigón	30

Imagen 8: Aperturas.....	31
Imagen 9: Compresor de aire	33
Imagen 10: Llave de impacto neumática.....	33
Imagen 11: Lijadora circular	34
Imagen 12: Golpes con martillo	34
Imagen 13: Sistema de calefacción.....	35
Imagen 14: Sonómetro sefram 9836, clase 2	42
Imagen 15: Protector auditivo SNR 31 dB.....	77
Imagen 16: Lana de vidrio- Material absorbente.....	82
Imagen 17: Poliestireno expandido- Material aislante.....	83
Imagen 18: Material resonador.....	83
Imagen 19: Puerta cerrada.....	90
Imagen 20: Puerta semi abierta	90
Imagen 21: Puerta abierta	91
Imagen 22: Puerta cerrada vista desde zona de administración.....	91
Imagen 23: Solución puerta.....	92

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, en primer lugar, a mis padres, por ser mi base y mi mayor ejemplo de esfuerzo y perseverancia. Gracias por su amor incondicional, por el apoyo constante y por enseñarme a no rendirme, incluso en los momentos en que todo parecía más difícil. Su confianza, sus consejos y su forma de acompañarme fueron fundamentales para mantenerme firme en este camino.

Asimismo, dedico este trabajo a mi pareja, por su paciencia, comprensión y compañía durante todo el proceso. Gracias por estar presente en cada etapa, por impulsarme cuando me sentía cansada o desmotivada, y por recordarme con cariño que era capaz de lograrlo.

De manera especial, también dedico este logro a mi familia: a mis hermanas, por su cariño, por estar pendientes y por acompañarme con apoyo sincero en cada etapa; y a mis sobrinos, que con su alegría y energía muchas veces me dieron el impulso que necesitaba para seguir adelante. Cada uno, a su manera, aportó a que este proceso fuera más llevadero y significativo.

También dedico este trabajo a mis profesores, quienes a lo largo de estos años de carrera contribuyeron de forma importante a mi formación, entregándome herramientas, exigencia y orientación para crecer profesionalmente. En particular, a mi profesor guía, por su disposición constante, por estar siempre disponible para ayudarme, y por su dedicación para guiarme con claridad y criterio, impulsándome a sacar la mejor versión de mí misma. Su acompañamiento fue clave para fortalecer este trabajo y llevarlo al nivel que me propuse.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que me brindaron su cariño, palabras de aliento y apoyo sincero. A quienes estuvieron cerca en los días buenos y también en los más complejos, entregándome ánimo y confianza. En consecuencia, este trabajo también les pertenece, porque cada gesto, consejo y muestra de apoyo aportó a que hoy pueda cerrar esta etapa con orgullo y gratitud.

INTRODUCCION

La contaminación acústica generada por actividades productivas en zonas residenciales representa un desafío creciente para la planificación urbana. En este contexto, la presente memoria aborda el caso de un **taller de desabolladura automotriz ubicado en la comuna de Concepción**, cuyas operaciones han generado conflictos con la comunidad debido a la emisión de ruidos molestos.

Este trabajo tiene como objetivo **diagnosticar el comportamiento acústico actual del recinto**, identificar los principales focos emisores, y **proponer soluciones constructivas de aislamiento acústico** que permitan mitigar el impacto sonoro hacia los recintos colindantes. El enfoque considera tanto el cumplimiento normativo como la mejora de las condiciones laborales internas.

La metodología aplicada se desarrolla en cinco etapas: levantamiento técnico del recinto, diagnóstico acústico, estudio normativo, modelación de soluciones y análisis de costos. Las mediciones y cálculos se realizan en base a la normativa vigente, especialmente el **DS N°38 del Ministerio del Medio Ambiente**, el **DS N°594 del Ministerio de Salud**, la **OGUC**, y el protocolo **PREXOR** del ISP.

El documento se estructura en tres capítulos principales. En el **Capítulo I** se expone el diagnóstico acústico del taller y su entorno. El **Capítulo II** presenta alternativas de solución constructiva y su fundamentación técnica. Finalmente, el **Capítulo III** evalúa la propuesta desde el punto de vista económico y técnico, concluyendo con recomendaciones aplicables.

Esta memoria busca aportar una solución concreta al caso estudiado, promoviendo además el diseño acústico como una herramienta clave para **armonizar la actividad productiva con la habitabilidad urbana**.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el sector Barrio Norte de Concepción, se encuentra el taller de desabolladura y pintura automotriz denominado JM SMASH REPAIRS, de lunes a viernes entre las 09:00 y 14:00 horas y de 15:00 a 19:00 horas, realizando reparaciones de vehículos. Este tipo de trabajo requiere el uso de herramientas como compresores de aire, lijadoras, pulidoras, galleteras, martillos, que causan ruido. Las cuales pueden afectar a la salud de los trabajadores y como también la molestia de los vecinos del sector. A continuación, en la imagen N°1 se ilustra la entrada principal del taller de desabolladura y pintura automotriz.



Imagen 1: Entrada principal del Taller JM SMASH REPAIRS
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el plan regulador comunal de concepción, el taller de desabolladura y pintura automotriz se emplaza en una zona de uso de suelo clasificada como ZONA H4, lo que permite el uso de: tipo residencial, infraestructura de transporte y actividades productivas inofensivas.

A continuación, se presenta la tabla N°1, muestra los usos de suelos permitidos, además la figura N°1 que corresponde al mapa de zonificación urbana, el punto rojo es la ubicación del taller.

USOS DE SUELO ZONA H4
(barrios: Norte, Palomares acceso, Chillancito, A. de la Perdiz, 21 de Mayo Sur)

USOS DE SUELO ZONA H4	
TIPO DE USO	Permitidos - Condicionados - Prohibidos
RESIDENCIAL	Permitido
ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	Permitido con *9; Talleres y Almacenamiento inofensivo o molesto con impacto mitigado; Permitido con *5 y *9 o enfrentando vías expresas, troncales o colectoras: Industria inofensiva o molesta con impacto mitigado. Lo restante prohibido. Prohibido con *2
INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE	Permitido con *9: Patios de Estacionamiento de Vehículos de Transporte; Terminales de Locomoción Colectiva permitidos en polígonos establecidos en plano PRC2. Prohibido con *2
EQUIPAMIENTO	
CIENTIFICO	Permitido
COMERCIO	Permitido. Para Venta de Combustible, de Maquinaria o de Materiales de Construcción, Estaciones o Centros de Servicio Automotriz, éstos se permiten con *9 y se prohíben con *2
CULTO Y CULTURA	Permitido
DEPORTE	Permitido
EDUCACION	Permitido, excepto Liceos y Colegios, los que se permiten con *7
ESPARCIMIENTO	Permitido
SALUD	Permitido
SEGURIDAD	Permitido
SERVICIOS	Permitido
SOCIAL	Permitido

*1 Sólo enfrentando Vías Estructurantes o Microcentros *2 Enfrentando Lagunas o Parques *5 Sólo se permiten instalaciones existentes
*7 Con proyecto que resuelva la detención vehicular sin afectar el tránsito de la vía que enfrenta *9 Sólo con Amortiguador Ambiental

Tabla 1: Usos de suelo en zona H4 según plan regulador de concepción.



Figura 1: Mapa de zonificación urbana del plan regulador comunal de concepción.

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), en su Título IV, Capítulo 14, artículo 4.14.2, establece la clasificación de los establecimientos industriales o de bodegaje según los riesgos que su funcionamiento pueda representar

para los trabajadores, el entorno y la comunidad. Esta clasificación contempla cuatro categorías: peligrosos, insalubres, molestos e inofensivos. En el contexto del presente estudio de caso, el recinto analizado se califica como un **establecimiento inofensivo**, de acuerdo con la definición establecida en la OGUC: *“aquel que no produce daños ni molestias a la comunidad, personas o entorno, controlando y neutralizando los efectos del proceso productivo o de acopio, siempre dentro del propio predio e instalaciones, resultando éste inocuo.”*

Con lo anterior y de acuerdo con el decreto supremo N°38 del ministerio del medio ambiente, que regula el ruido ambiental en Chile, el nivel máximo permitido en la zona donde se encuentra emplazado el taller corresponde a la ZONA III. Esto implica que los niveles máximos permisibles de emisión sonora, corregidos en decibeles, son: 65 decibeles entre las 7:00 a 21:00 horas y de 50 decibeles entre las 21:00 a 7:00 horas. A continuación, se presenta la tabla N°2 que indica los niveles máximos de presión sonora.

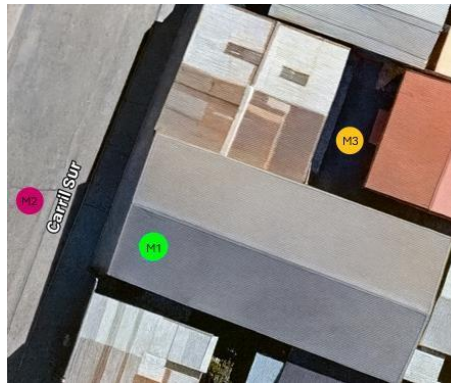
Tabla N° 1 Niveles Máximos Permisibles De Presión Sonora Corregidos (Npc) En db(A)		
	de 7 a 21 horas	de 21 a 7 horas
Zona I	55	45
Zona II	60	45
Zona III	65	50
Zona IV	70	70

Tabla 2: Niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos
Fuente: Decreto supremo N°38 del medio ambiente en Chile

Con la información anteriormente descrita se realizaron mediciones de ruido del taller en funcionamiento en los sectores al interior de este (M1), al exterior en el eje de la calle (M2) y en el sitio colindante (M3) los que registraron las siguientes mediciones. En la imagen N°2 muestra donde se realizó al exterior (M2), la imagen N°3 identifica los puntos de mediciones y la tabla N°3 expone los resultados obtenidos.



**Imagen 2: Medición realizada afuera del taller.
Fuente: Elaboración propia.**



**Imagen 3: Lugares de mediciones
Fuente: Elaboración propia**

Mediciones en dB(A)			
Sector/Horario	M1	M2	M3
09:00 a 13:00	91,8	71,6	73,4
14:00 a 19:00	87,7	81,8	80,3

**Tabla 3: Tabla de mediciones dB (A)
Fuente: Elaboración propia**

Con las mediciones realizadas con el sonómetro podemos identificar que se supera el límite permitido para la zona III, según el decreto N°38. Además, lo anterior genera una exposición constante al ruido para los trabajadores que de acuerdo con el protocolo PREXOR puede provocar hipoacusia a los trabajadores.

Este trabajo busca dar una solución al ruido generado por el taller de desabolladura y pintura, tanto para el medio externo como para el medio interno. Para ello se tratará de dar una solución técnica de aislación con su respectiva evaluación económica.

Durante la inspección inicial se constató que las actividades propias del proceso de desabolladura, las herramientas neumáticas y eléctricas, así como los equipos utilizados en el taller, generan niveles elevados de ruido que afectan tanto a los trabajadores como al entorno inmediato. En esta etapa preliminar no se identificó una fuente principal específica, sino que se observó que el conjunto de herramientas y maquinaria empleada constituye el mayor aporte sonoro del recinto.

A continuación, la imagen N°4 muestra el registro visual obtenido con sonómetro durante la medición en el punto M1, correspondiente al interior del taller. Esta evidencia respalda los datos técnicos obtenidos en terreno.



Imagen 4: Registro visual de decibeles sector M1
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°1 se compara el nivel máximo permitido por la normativa con el nivel máximo obtenido en el taller.

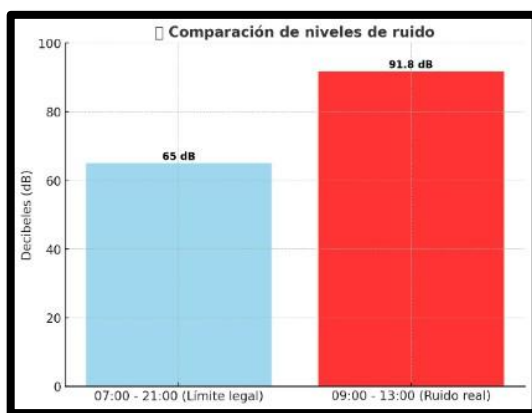


Gráfico 1: Comparación niveles de ruido
Fuente: Elaboración propia

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Este trabajo de título aborda una problemática concreta y medible en el ámbito de la construcción y el control ambiental: la contaminación acústica generada en el taller de desabolladura y pintura automotriz JM SMASH REPAIRS.

Las mediciones realizadas evidencian niveles de ruido que alcanzan los 96 dB, superando ampliamente el límite máximo de 65 dB establecido por el decreto supremo N°38 del ministerio del medio ambiente para horario diurno. Esta condición no solo constituye una infracción a la normativa vigente, sino que también representa un riesgo directo para la salud auditiva de los trabajadores y genera conflictos con la comunidad aledaña.

Desde una perspectiva técnica, este trabajo se justifica por la posibilidad de aplicar principios constructivos y soluciones de control acústico orientadas al mejoramiento del confort sonoro dentro del taller. Se detectarán las fuentes principales de emisiones de ruido para proponer una intervención constructiva. A demás se pretende dar una

solución de distintas alternativas de aislamiento y absorción acústica. Este análisis se desarrollará mediante metodología teóricas y simulaciones.

La justificación económica radica en valorizar las propuestas técnicas que se desarrollarán a través de metodologías de presupuesto que podrán evidenciar su costo de construcción. Todo esto es para evitar multas, sanciones o demandas por parte de los vecinos, como ya ha ocurrido en el taller.

En síntesis, el desarrollo de este trabajo de título se orienta a resolver una problemática real mediante un enfoque técnico y económico equilibrado.

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar una propuesta de mejora acústica para el taller JM Smash Repairs, basada en el diagnóstico de sus fuentes de ruido y el análisis de materiales acústicos, con el fin de reducir la emisión sonora y cumplir con el Decreto Supremo N°38 del Ministerio del Medio Ambiente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diagnosticar la situación actual de las fuentes emisoras de ruido del taller JM SMASH REPAIRS, identificando y caracterizando los equipos a partir de mediciones con el fin de establecer una línea base de la problemática.
2. **Proponer** soluciones constructivas para la mejora acústica del taller de desabolladura y pintura automotriz, con el propósito de **reducir los niveles de ruido emitidos hacia el entorno**, en cumplimiento del Decreto Supremo N°38 del Ministerio del Medio Ambiente de Chile.
3. **Valorizar** la propuesta de mejora acústica diseñada para el taller de desabolladura y pintura automotriz, con el propósito de **determinar su**

viabilidad técnica y económica, en relación con los beneficios acústicos obtenidos y el cumplimiento del Decreto Supremo N°38 del Ministerio del Medio Ambiente.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada en el presente trabajo se estructuró en **cinco etapas consecutivas**, con el objetivo de abordar de manera sistemática la problemática acústica del taller **JM Smash Repairs**. Cada una de estas fases permitió avanzar desde el diagnóstico inicial hasta la formulación de una propuesta técnica viable, validada en función de las condiciones reales del entorno.

1. Diagnóstico preliminar

En esta primera fase se realizó un levantamiento exploratorio del entorno del taller, con el fin de identificar las **principales fuentes emisoras de ruido** y su distribución espacial. Para ello, se aplicaron observaciones directas, entrevistas con el personal técnico y análisis de planos del recinto. Esta etapa fue clave para delimitar el área de estudio, identificar equipos generadores de ruido (como compresores, herramientas neumáticas, cabina de pintura, etc.), y comprender los horarios y frecuencia de operación.

2. Mediciones acústicas

Con las fuentes emisoras identificadas, se procedió a realizar **mediciones in situ de niveles de presión sonora**, utilizando instrumentos de precisión según la normativa vigente (DS N.º 38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente y NCh 352:1984). Las mediciones se realizaron durante el horario de funcionamiento habitual, en puntos estratégicos del recinto, con el fin de **establecer una línea base acústica** representativa

de la actividad del taller. Estos datos permitieron cuantificar la magnitud de la emisión sonora y compararla con los límites normativos establecidos para el entorno.

3. Análisis técnico de materiales y soluciones constructivas

A partir de los resultados del diagnóstico acústico, se evaluaron distintas **alternativas de materiales y soluciones constructivas** orientadas a la mitigación del ruido generado por las fuentes identificadas. Este análisis contempló parámetros técnicos como el aislamiento acústico (R_w), absorción sonora (α), resistencia mecánica y viabilidad de instalación en el contexto específico del taller. La selección de soluciones se fundamentó en criterios de eficiencia, durabilidad y compatibilidad con los procesos existentes.

4. Diseño y valoración económica de la propuesta acústica

En esta etapa se desarrolló un **diseño técnico de la intervención acústica**, incorporando las soluciones seleccionadas en el análisis previo. Se definieron materiales, espesores, ubicación de los elementos de control acústico (como paneles, cerramientos, silenciadores, etc.), y se elaboraron planos referenciales. Junto con esto, se realizó una **estimación de costos** para la implementación del proyecto, considerando materiales, mano de obra, tiempos de ejecución y mantenimiento futuro.

5. Conclusiones y recomendaciones técnicas

Finalmente, se integraron los hallazgos obtenidos en todas las etapas para formular **conclusiones generales** respecto a la situación acústica del taller, junto con un conjunto de **recomendaciones técnicas específicas**. Estas recomendaciones están orientadas a guiar la implementación de la propuesta de mejora, garantizando su eficacia y sostenibilidad en el tiempo.

Esta estructura metodológica permitió **enlazar el problema inicial con una solución concreta y contextualizada**, asegurando que las decisiones tomadas durante el proceso respondieran a las condiciones reales del entorno industrial evaluado.

ESTADO DE ARTE

A continuación, se presenta la tabla N°4, la cual reúne una selección de estudios, proyectos de título y tesis desarrolladas por otros autores e instituciones, que abordan diversas soluciones constructivas y estrategias de acondicionamiento acústico. Si bien no corresponden al mismo caso de estudio de esta investigación, todos ellos aportan antecedentes relevantes en el ámbito del control de ruido, el análisis de normativas y la implementación de mejoras acústicas aplicadas en recintos técnicos o productivos similares

Tema / aporte	Institucion / Autores	Lo relevante para mi trabajo	Referencia / Fuente
Propuesta de mejora acústica en máquina cepilladora para reducir nivel de presión sonora.	Universidad tecnica federico santa maria/ Karina Diaz e Isidora Inostroza	Se aplican métodos de diagnóstico ambiental, normativas nacionales y estrategias de mitigación aplicables a maquinaria, lo que entrega una base metodológica útil para abordar riesgos ambientales de tipo acústico en instalaciones industriales.	(2019). Propuesta de aislación acústica para la máquina cepilladora. UTFSM.
Análisis comparativo de soluciones constructivas para cruce ferroviario Desiderio Sanguenza.	Universidad tecnica federico santa maria/ Monserrat san martin soto	Analiza distintas alternativas constructivas para resolver una problemática urbana de carácter técnico y social. Aunque su enfoque no es acústico, resulta relevante como referencia metodológica, ya que aborda el proceso de diagnóstico, diseño técnico y evaluación económica de soluciones constructivas aplicables en contextos reales,	San martin, M. (2024). Análisis comparativo de soluciones constructivas para el cruce Desiderio Sanguenza. UTFSM.
Guía nacional para la predicción y evaluación de ruido en Chile.	Servicio de evaluación ambiental (SEA), Chile	Ofrece lineamientos formales sobre cómo describir emisiones de ruido, su modelamiento y presentación ante autoridades.	Guía para la predicción y evaluación de ruido, del SEA.
Diseño y criterios acústicos aplicados (revisión general).	Revista chilena / análisis local	Un artículo que revisa criterios de diseño acústico locales e internacionales, aplicables a espacios arquitectónicos / recintos.	Una mirada a los criterios de diseño acústico.
Propuesta de acondicionamiento acústico aplicada a salas u otros.	Universidad andrés bello/ Andrés Mauricio Ardila Parra	Un estudio que propone diversas soluciones constructivas para aislar, absorber y sellar acústicamente un recinto (sala de clases u otro).	Ardila, A. (2018). Propuesta de acondicionamiento acústico. UNAB.

**Tabla 4: Estudios, proyecto de título y tesis de otros autores.
Fuente: Elaboración propia**

MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico tiene por objetivo establecer los **fundamentos conceptuales y técnicos** necesarios para la comprensión del fenómeno acústico abordado en este estudio, así como los criterios utilizados para la evaluación, diseño y valorización de soluciones de mejora acústica en recintos industriales insertos en entornos residenciales.

El desarrollo de estos conceptos permite sustentar técnicamente el diagnóstico acústico del taller de desabolladura y pintura automotriz **JM Smash Repairs**, la selección de las soluciones constructivas propuestas y la posterior evaluación de su desempeño y viabilidad.

- ✓ **Sonido y presión sonora:** El sonido corresponde a una **onda mecánica longitudinal** que se propaga a través de un medio elástico, generada por una fuente vibratoria. Desde el punto de vista físico, el sonido se manifiesta como variaciones de presión en el aire que son percibidas por el oído humano. La **presión sonora** se define como la diferencia entre la presión instantánea generada por una onda sonora y la presión atmosférica de referencia. Dado el amplio rango de presiones audibles por el ser humano, esta magnitud se expresa mediante una **escala logarítmica**, denominada **decibel (dB)**, referida a una presión de referencia de 20 μPa . (**Manual de aplicación reglamentación acústica MINVU- 2006**)
- ✓ **Tipos de ruido:** El ruido puede clasificarse según su comportamiento temporal, distinguiéndose principalmente entre: **Ruido continuo o estable:** aquel cuyo nivel de presión sonora presenta variaciones pequeñas a lo largo del tiempo; **Ruido fluctuante:** aquel cuyo nivel varía de forma apreciable durante el período de medición; **Ruido impulsivo:** caracterizado por picos sonoros de corta duración y alta intensidad, como golpes o impactos. (**D.S. No. 146 de 1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. (D.O 17.04.1998)**)
- ✓ **Propagación y transmisión del ruido:** El sonido puede propagarse y transmitirse desde una fuente hacia un receptor a través de distintos

mecanismos, siendo los más relevantes en edificación: **Transmisión aérea:** el sonido se propaga a través del aire y atraviesa elementos constructivos como muros, cielos o portones; **Reflexión sonora:** ocurre cuando las ondas sonoras impactan superficies rígidas, incrementando los niveles de presión sonora al interior de los recintos; **Transmisión estructural:** el sonido se transmite a través de vibraciones en elementos sólidos, como estructuras metálicas.

- ✓ **Aislamiento acústico:** El **aislamiento acústico** corresponde a la capacidad de un elemento constructivo para reducir la transmisión del sonido entre dos recintos. Este comportamiento se asocia principalmente a la **masa del elemento**, su rigidez y la presencia de capas absorbentes o discontinuidades constructivas. Uno de los principios fundamentales del aislamiento acústico es la **ley de la masa**, la cual establece que, a mayor masa superficial del elemento, mayor será su capacidad de atenuar la transmisión del sonido aéreo. En este contexto, la incorporación de materiales como paneles, aislantes o sistemas multicapa permite mejorar el desempeño acústico de elementos livianos existentes.
- ✓ **Materiales y soluciones acústicas:** Los materiales utilizados en el control acústico pueden clasificarse en: **Materiales absorbentes**, que reducen la energía sonora reflejada al interior de un recinto; **Materiales aislantes**, que aumentan la atenuación del sonido transmitido entre recintos, principalmente mediante el incremento de masa y amortiguamiento.

✓

MARCO NORMATIVO

El presente marco normativo establece el conjunto de **leyes, decretos y documentos técnicos vigentes en Chile** que regulan el control del ruido ambiental y ocupacional, y que sirven de base para el desarrollo del presente estudio.

Estas disposiciones normativas permiten definir los **límites máximos permisibles de emisión sonora**, los criterios de evaluación y las soluciones constructivas aceptadas para el control del ruido en recintos industriales emplazados en zonas residenciales.

- ✓ **Decreto supremo N° 38/2011 del ministerio del medio ambiente:** Establece la norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas en Chile. Define los **límites máximos de emisión sonora** permitidos en función del tipo de zona y del horario de evaluación.
- ✓ **Plan regulador comunal de concepción:** Clasifica el área de emplazamiento del taller JM Smash Repairs como **Zona H4 Residencial**, lo que implica restricciones respecto a la compatibilidad de usos y niveles de emisión sonora permitidos, debiendo resguardarse la calidad ambiental del entorno.
- ✓ **Ordenanza general de urbanismo y construcciones (OGUC):** Establece criterios para la clasificación de actividades productivas en función de su impacto, distinguiendo entre actividades inofensivas, molestas, insalubres o peligrosas. En este contexto, el taller automotriz se clasifica como una **actividad potencialmente molesta**, lo que refuerza la necesidad de implementar medidas de control acústico.
- ✓ **Decreto supremo N° 594 del ministerio de salud:** Regula las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, estableciendo límites de exposición ocupacional al ruido, fijando un valor máximo de **85 dB(A)** para una jornada laboral de ocho horas.
- ✓ **Protocolo de exposición ocupacional a ruido (PREXOR):** Establece criterios de acción preventiva frente a la exposición al ruido, definiendo un **nivel de acción de 80 dB(A)**, a partir del cual se recomienda la implementación de medidas de control y protección auditiva.
- ✓ **Listado oficial de soluciones constructivas de acondicionamiento acústico (MINVU):** entrega soluciones tipificadas con desempeños acústicos conocidos, permitiendo estimar la reducción sonora esperada sin necesidad de mediciones posteriores.

CAPÍTULO I: DIAGNOSTICAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS FUENTES EMISORAS DE RUIDO DEL TALLER JM SMASH REPAIRS, IDENTIFICANDO Y CARACTERIZANDO LOS EQUIPOS A PARTIR DE MEDICIONES CON EL FIN DE ESTABLECER UNA LÍNEA BASE DE LA PROBLEMÁTICA.

1.1: GENERALIDADES

El “Manual de Aplicación Reglamentación Acústica” del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, define la presión sonora como un incremento variable de la presión atmosférica que resulta de la presencia o la ausencia de sonido. Esto quiere decir, que es provocado por la existencia de ondas sonoras las que causan en el ambiente una variación en la presión atmosférica, se expresa en decibeles (dB) que es la unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. De esta manera, el decibel es utilizado para describir niveles de presión, potencia o intensidad sonora. A continuación, se presenta el grafico n° 2 de amplitud de la onda sonora:

- 1- **Umbral de audición:** Corresponde al nivel mínimo de presión sonora que el oído humano puede percibir. Este límite se ubica en torno a 0 dB para frecuencias donde la sensibilidad auditiva es mayor (aproximadamente entre 1 kHz y 5 kHz). Los sonidos por debajo de esta línea se consideran inaudibles para una persona promedio.
- 2- **Palabra:** Esta área representa el rango de frecuencias e intensidades típicas del habla humana (aproximadamente 300 Hz a 3.000 Hz y niveles entre 40–60 dB). En esta banda el oído humano posee su máxima eficiencia, lo que permite una adecuada inteligibilidad del lenguaje verbal.
- 3- **Música:** La música abarca un espectro mucho más amplio de frecuencias (20 Hz a 20 kHz) y niveles variables de presión sonora. La zona indicada en el gráfico corresponde a las condiciones habituales de percepción musical dentro de rangos seguros y no dañinos para el sistema auditivo.
- 4- **Umbral del dolor:** Representa el nivel máximo de presión sonora tolerado sin provocar dolor físico. Se sitúa entre 120 y 130 dB y marca el límite a partir del cual la exposición puede generar daño auditivo inmediato. Superar este umbral provoca molestias intensas y riesgo de lesión en las estructuras internas del oído.



Gráfico 2: Amplitud de la onda sonora
Fuente: Manual de aplicación reglamentación acústica- MINVU.

Decibel (dB): unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. De esta manera, el decibel es utilizado para describir niveles de presión, potencia o intensidad sonora. (Manual de aplicación reglamentaria acústica, MINVU-2006)

Decibel (dB): unidad adimensional usada para expresar 10 veces el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. (DS N° 38/2011 del MMA)

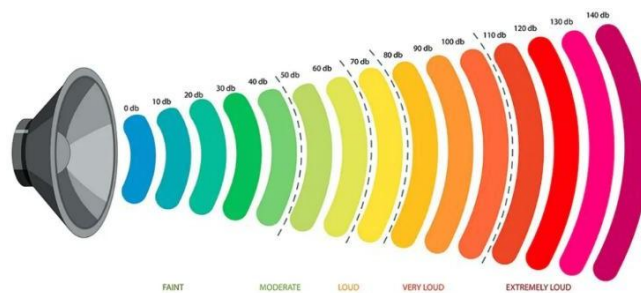


Ilustración 1: Escala de decibel

- **Débil (faint):** 0- 45 dB
- **Moderado (moderate):** 45- 65 dB
- **Alto (loud):** 65- 75 dB
- **Muy alto (very loud):** 75- 105 dB

- **Extremadamente alto (extremely loud):** 105- 140 dB

1.2 : CALIFICACION SEGÚN ACTIVIDAD, RUIDO Y TIPO DE FUENTE

1.2.1 : TIPO DE ACTIVIDAD

El **Decreto Supremo N°38 del Ministerio del Medio Ambiente** tiene como propósito **proteger la salud de la comunidad**, estableciendo **niveles máximos de emisión de ruido** generados por las distintas **fuentes emisoras** que regula esta normativa. Para dicho fin, el decreto **define y clasifica tipos de actividades**, con el objetivo de garantizar condiciones acústicas adecuadas en el entorno.

- Actividades comerciales
- Actividades de esparcimiento
- Actividades de servicio
- Actividades productivas

En este trabajo se adoptará la categoría de **“actividades productivas”** para referirse a las fuentes de ruido del taller automotriz. Esto se debe a que, según su definición normativa, este tipo de actividad involucra procesos y operaciones que generan emisiones sonoras hacia el entorno, lo que se ajusta directamente a la naturaleza funcional del taller analizado.

***Actividades productivas:** instalaciones destinadas a desarrollar procesos de producción, procesamiento y/o transformación de productos finales, intermedios o materias primas, tales como industrias, depósitos, talleres, bodegas y similares; así como la extracción u obtención de productos provenientes de un predio, tales como actividades agrícolas, ganaderas, forestales, extractivas, mineras y similares.*

Tabla N° 1 Niveles Máximos Permisibles De Presión Sonora Corregidos (Npc) En db(A)		
	de 7 a 21 horas	de 21 a 7 horas
Zona I	55	45
Zona II	60	45
Zona III	65	50
Zona IV	70	70

Tabla 5: Niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos
Fuente: Decreto supremo N°38 del medio ambiente en Chile

Zona I: aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite exclusivamente uso de suelo Residencial o bien este uso de suelo y alguno de los siguientes usos de suelo: Espacio Público y/o Área Verde.

Zona II: aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de la Zona I, Equipamiento de cualquier escala.

Zona III: aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de la Zona II, Actividades Productivas y/o de Infraestructura.

Zona IV: aquella zona definida en el instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite sólo usos de suelo de Actividades Productivas y/o de Infraestructura.

1.2.2 : TIPOS DE RUIDO

Para efectos de la evaluación de la exposición laboral a ruido, es necesario identificar el **tipo de ruido** al que se encuentra sometido un trabajador. El concepto *tipo de ruido* alude a la manera en que el sonido se comporta en el tiempo, considerando su estabilidad, fluctuaciones e intensidad. Esta clasificación permite determinar el

impacto que dicho estímulo puede generar sobre la salud auditiva y facilita la correcta aplicación de los criterios establecidos en la normativa.

En este estudio, los tipos de ruido se describen según lo establecido en el **Decreto Supremo N°594 del Ministerio de Salud**, el cual diferencia tres categorías principales:

- ***RUIDO ESTABLE***
- ***RUIDO FLUCTUANTE***
- ***RUIDO IMPULSIVO***

RUIDO ESTABLE: *Es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora instantáneo inferiores o iguales a 5 dB(A) lento, durante un período de observación de 1 minuto. A continuación, se presenta el grafico n°3 de ruido estable:*

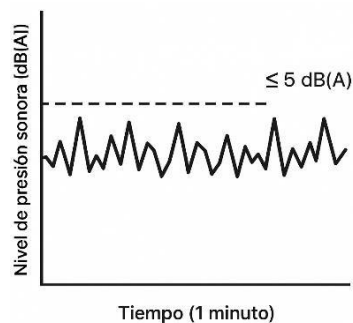


Gráfico 3: Ruido estable
Fuente: Elaboración propia

Un ejemplo cotidiano de ruido estable es el sonido continuo generado por un aire acondicionado en funcionamiento, el cual mantiene un nivel prácticamente constante durante su operación, presentando variaciones menores o iguales a 5 dB(A) lento.

FUENTE FLUCTUANTE: *Es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora instantáneo superiores a 5 dB(A) lento, durante un período de*

observación de 1 minuto. A continuación, se presenta el gráfico n°4 de ruido fluctuante:

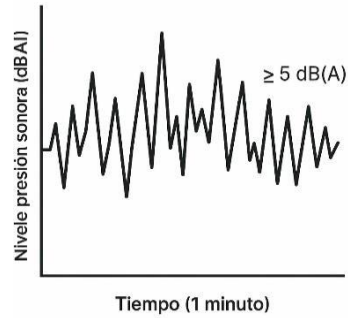


Gráfico 4: Ruido fluctuante
Fuente: Elaboración propia

Un ejemplo común de **ruido fluctuante** corresponde al sonido generado por **múltiples conversaciones** en un espacio concurrido o por **música que varía constantemente su volumen**, situaciones en las que el nivel de presión sonora presenta cambios superiores a 5 dB(A) lento durante el período de observación.

RUIDO IMPULSIVO: *Es aquel ruido que presenta impulsos de energía acústica de duración inferior a 1 segundo a intervalos superiores a 1 segundo.* A continuación, se presenta el gráfico n°5 de ruido impulsivo:

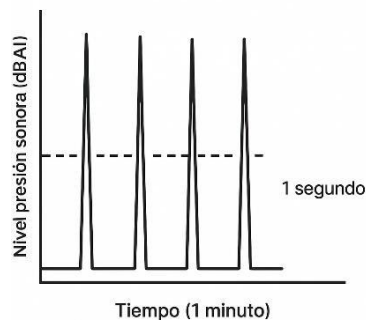


Gráfico 5: Ruido impulsivo
Fuente: Elaboración propia

Una **manifestación típica** de este tipo de ruido corresponde a golpes de puertas o a la caída abrupta de objetos al suelo.

1.2.3 : FUENTE EMISORA DE RUIDO

Fuente Emisora de Ruido: Toda actividad productiva, comercial, de esparcimiento y de servicios, faenas constructivas y elementos de infraestructura que generen emisiones de ruido hacia la comunidad. (DS N° 38/2011 del MMA)

1.3 : PROTOCOLO DE EXPOSICION OCUPACIONAL A RUIDO (PREXOR)

1.3.1 : PREXOR

El **PREXOR**, o *Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido*, es una herramienta técnica del Ministerio de Salud dirigida a la prevención, vigilancia y control del daño auditivo asociado a la exposición laboral a ruido. Este protocolo establece los requisitos mínimos que deben cumplir las empresas y los organismos administradores de la Ley 16.744 para evaluar adecuadamente los ambientes ruidosos y monitorear la salud auditiva de los trabajadores expuestos. Su propósito central es **reducir la incidencia y progresión de la hipoacusia de origen ocupacional** mediante medidas preventivas oportunas y estandarizadas.

Establece que todo trabajador expuesto a ≥ 82 dB(A) en ruido continuo o ≥ 135 dB(C) **Peak** en ruido impulsivo debe ingresar a un **programa de vigilancia**, que incluye mediciones periódicas, medidas de control, capacitaciones y audiometrías de base y seguimiento.

El protocolo también indica que, si se detecta una **Hipoacusia Sensorio neural Laboral (HSNL)**, el empleador debe implementar controles inmediatos. Si el daño es $\geq 15\%$ de **incapacidad de ganancia**, el trabajador debe ser trasladado a un puesto sin exposición a ruido.

Según el PREXOR, la HSNL es una pérdida auditiva **sensorio neural**, generalmente **bilateral y simétrica**, causada por exposición prolongada a ruido, afectando primero las frecuencias entre **3.000 y 6.000 Hz**. Se considera hipoacusia laboral cuando la pérdida supera los **25 dB** en trabajadores expuestos.

Los trabajadores expuestos de forma constante al ruido tienen un alto riesgo de desarrollar daño auditivo permanente. Según el PREXOR, las pérdidas más importantes ocurren durante los primeros **10 a 15 años** de exposición continua. Por ello, el protocolo exige controles periódicos, medidas de ingeniería y el uso adecuado de protección auditiva para evitar la progresión del daño.

1.3.2 : EVALUACION Y CRITERIOS DE ACCION

Según la “Guía Preventiva Para Los Trabajadores Expuesto A Ruido”, del instituto de salud pública de Chile. Define los tipos de evaluación y su criterio de acción.

***Evaluación 1:** Cuando el resultado de dicha evaluación corresponda a la Dosis de Ruido, ésta se deberá comparar directamente con el Criterio de Acción establecido en el inciso a) de este ítem.*

***Evaluación 2:** Por el contrario, si como resultado de la evaluación de la exposición ocupacional a ruido en el puesto de trabajo se obtiene el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq), éste se deberá normalizar previamente a 8 horas, de acuerdo con lo establecido en el Anexo I de esta Guía, y el resultado obtenido se deberá comparar con el Criterio de Acción establecido en el inciso b) de este ítem.*

Cuando se exceda el Criterio de Acción, se deberán recomendar las medidas técnicas y/o administrativas necesarias, de forma que una vez implementadas, éste no sea superado.

Criterios de acción:

Se puede utilizar cualquiera de los dos criterios de acción establecidos a continuación:

- a) ***Dosis de acción 0.5 o 50%:** Este valor corresponde a la mitad de la dosis de ruido máxima permitida por la normativa legal vigente. (D.S. N° 594/99 del MINSAL, Título IV, Párrafo 3° Agentes Físicos – Ruido, Artículo 76, o el que lo reemplace (vigente) a la fecha de aplicación de la presente guía.)*

- b) ***Nivel de acción 82 dB (A):** Este valor es equivalente a una Dosis de Ruido de 0.5 ó 50%, para un tiempo efectivo de exposición diario de 8 horas.*

Para aquellos casos donde se determine la existencia de ruido impulsivo, el Nivel de Acción será de 135 dB(C) Peak.

La superación de cualquiera de los criterios presentados definirá las acciones y la periodicidad de la evaluación del puesto de trabajo considerado.

1.4: ESTUDIO DE CASO “TALLER JM SMASH REPAIRS”

1.4.1: UBICACIÓN

La ubicación del taller JM Smash Repairs es un elemento clave dentro del estudio de caso, ya que permite contextualizar su entorno inmediato, su orientación y las condiciones que influyen en la propagación del ruido hacia la comunidad. Incluir la localización exacta y la orientación cardinal (norte, sur, este y oeste) facilita comprender cómo se distribuyen los recintos, dónde se originan las principales fuentes de ruido y en qué direcciones podrían afectar a los sectores colindantes. Esta información sirve como base para el análisis acústico posterior y para justificar las

medidas de control propuestas. A continuación, la ilustración 2 representa la ubicación de esta:

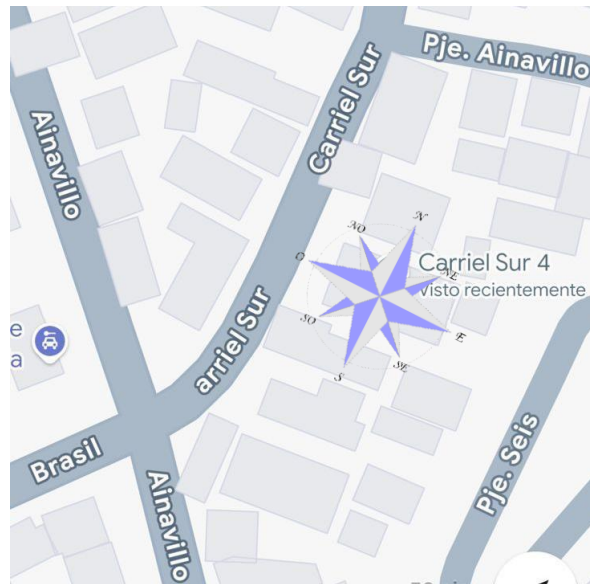


Ilustración 2: Mapa de ubicación del taller JM Smash Repairs.

El taller se encuentra ubicado en **calle Carriel Sur**, la cual corresponde al **límite oeste** del predio. Hacia el **sur** colinda con calle **Ainavillo**, mientras que por el **norte** limita con **Pasaje Ainavillo**. Finalmente, su **límite este** está definido por **Pasaje Seis**. Esta distribución permite identificar con precisión la orientación del taller y comprender cómo su posición dentro del entorno urbano puede influir en la propagación del ruido hacia las distintas direcciones colindantes.

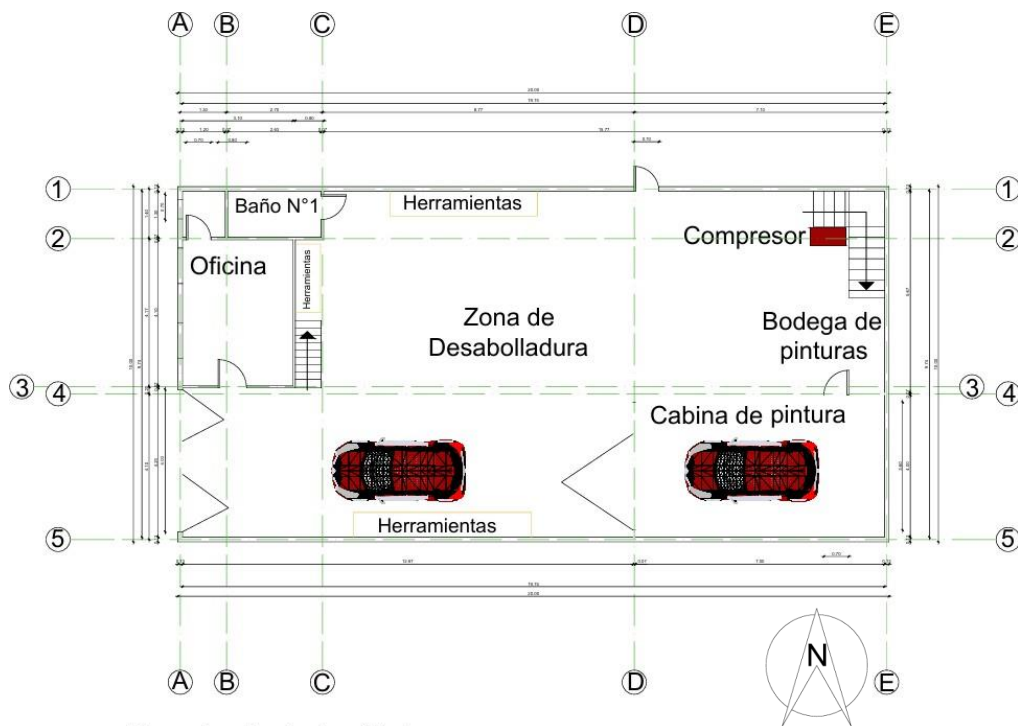
1.4.2 : LEVANTAMIENTO ESPACIAL DEL TALLER.

Como parte del levantamiento de información general, se elaboró un plano esquemático del taller JM Smash Repairs, con el objetivo de representar la distribución de los espacios de trabajo, la ubicación de equipos y fuentes de ruido, así como las zonas de circulación y apoyo. El croquis fue construido a partir de mediciones en

terreno y observación directa, permitiendo identificar áreas clave como la zona de desabolladura Y la cabina de pintura.

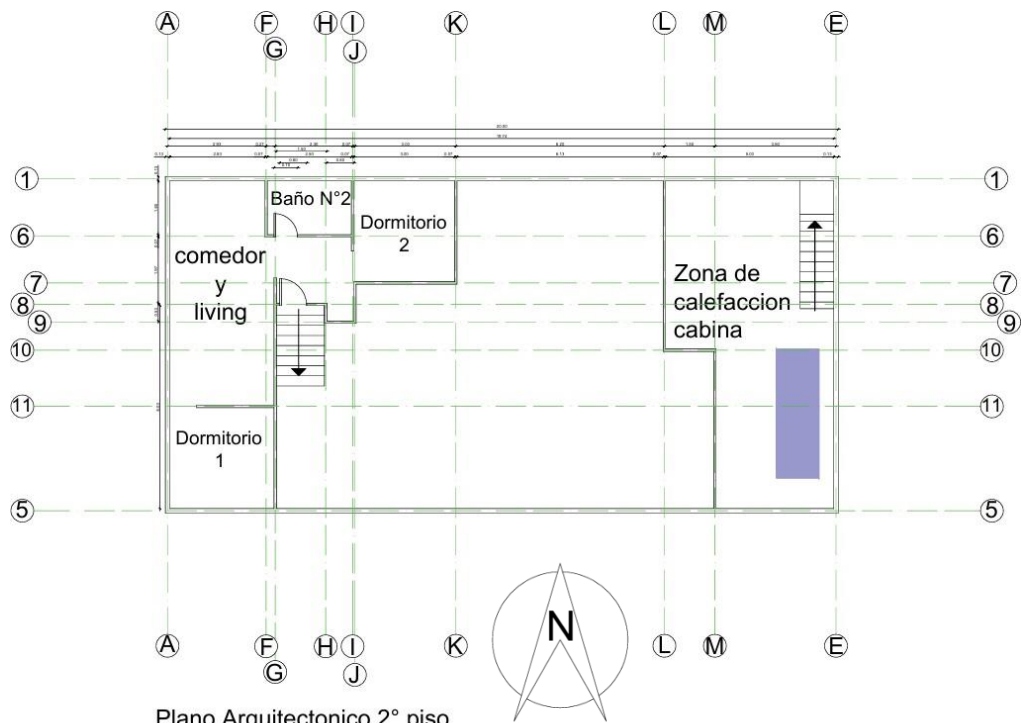
Cabe destacar que el recinto colinda directamente con propiedades vecinas, lo que refuerza la necesidad de evaluar el impacto acústico hacia el exterior. Este levantamiento sirvió de base para planificar los puntos de medición sonora y orientar el análisis técnico en etapas posteriores.

A continuación, se presentan los planos generales del recinto:



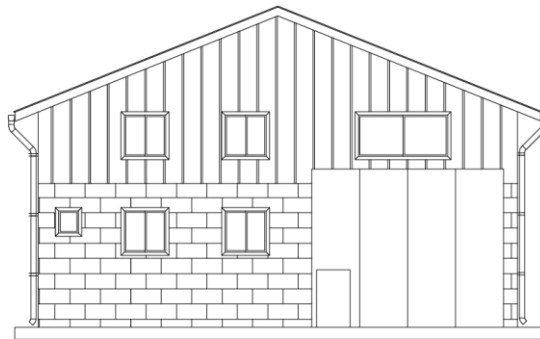
Plano Arquitectónico 1° piso
Escala 1.50

Plano 1: Nivel 1 taller JM Smash Repairs
Fuente: Elaboración propia



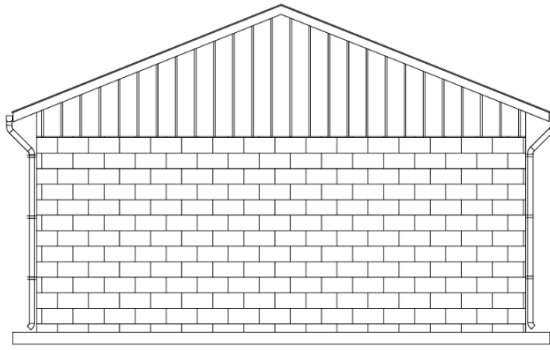
Plano Arquitectonico 2° piso
Escala 1.50

Plano 2: Nivel 2 taller JM Smash Repairs
Fuente: Elaboración propia.



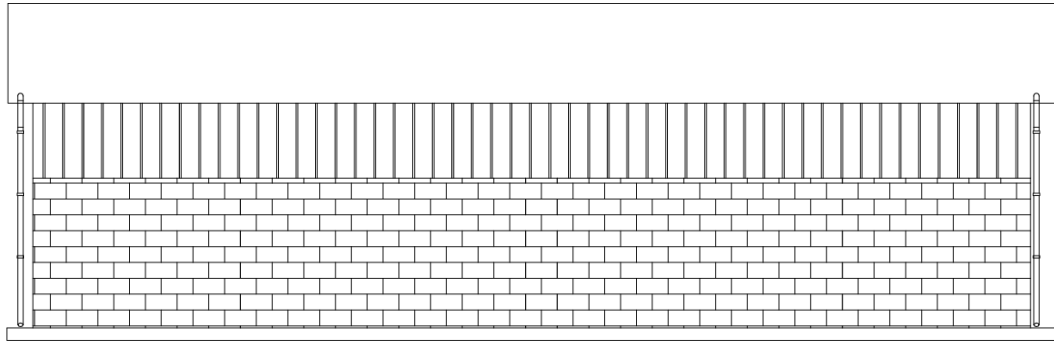
Elevación principal oeste
Escala 1.50

Plano 3: Elevación oeste del taller
Fuente: Elaboración propia.



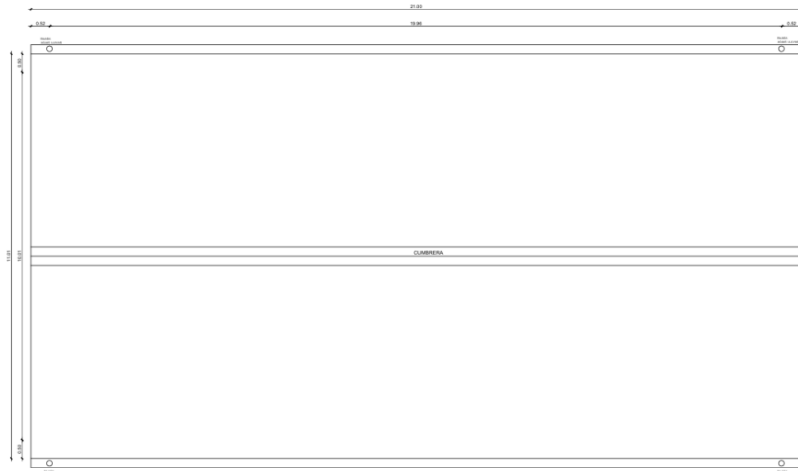
Elevación lateral este
Escala 1.50

Plano 4: Elevación este del taller
Fuente: Elaboración propia



Elevación Lateral norte y sur
Escala 1.50

Plano 5: Elevación norte y sur del taller
Fuente: Elaboración propia



Planta de cubierta
Escala 1.50

Plano 6: Cubierta del taller
Fuente: Elaboración propia

1.4.2.1 : DESCRIPCION CONSTRUCTIVA DEL TALLER

El taller JM Smash Repairs corresponde a una edificación de dos pisos destinada a labores de desabolladura y pintura automotriz. Su estructura presenta características típicas de un recinto industrial liviano, compuesto por elementos constructivos mixtos que combinan albañilería y acero.

La **estructura perimetral** está conformada principalmente por **muros de albañilería confinada + planchas de zinc**, los cuales entregan estabilidad al recinto y funcionan como barrera física frente al entorno. Estos muros poseen terminaciones simples, sin revestimientos acústicos o térmicos adicionales, lo que permite una transmisión sonora significativa al exterior.



Imagen 5: Muros perimetrales
Fuente: Elaboración propia

La **cubierta del taller** corresponde a una estructura metálica apoyada en cerchas o perfiles de acero, revestida en su parte superior por **planchas de asbesto**. Este tipo de cubierta presenta baja capacidad de amortiguación acústica frente al impacto del sonido generado al interior.



Imagen 6: Cubierta de asbesto
Fuente: Elaboración propia

El **piso del recinto** está conformado por un **radier de hormigón afinado**, diseñado para soportar el peso de vehículos, herramientas y maquinaria. Su superficie rígida favorece la reflexión del sonido, incrementando la reverberación al interior del taller.



Imagen 7: Piso de hormigón
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las **aperturas**, el taller cuenta con **portones metálicos abatibles** para el acceso de vehículos, ubicados en la zona frontal. También posee **ventanas de vidrio**

simple en sectores administrativos, las cuales permiten iluminación natural pero no aportan aislamiento acústico significativo.



Imagen 8: Aperturas
Fuente: Elaboración propia

En general, la construcción del taller presenta una configuración funcional para la operación automotriz, pero con materiales y cerramientos que poseen **baja capacidad de reducción sonora**, permitiendo que el ruido se propague tanto dentro del recinto como hacia el exterior. A continuación, para una comprensión más clara se resume en la tabla 6 los elementos que conforman la edificación.

<i>Elemento constructivo</i>	<i>Descripción</i>
Estructura general	Edificación industrial liviana de 2 pisos, con sistema misto de albañilería + acero.
Muros perimetrales (1° nivel)	Albañilería confinada sin revestimientos acústicos.
Cierre superior (2° nivel)	Planchas de zinc como prolongación de muros hacia la cubierta.
Cubierta	Cerchas metálicas revestidas con planchas de asbesto.
Piso	Radier de hormigón afinado, rígido.
Aberturas	Portones metálicos abatibles + ventanas de vidrio simple.
Alturas	muros: 3 metros (1° nivel), cierre superior: 4,5 metros y Cumbre de la cubierta: 6,5 metros.
Zonas interiores	Desabolladura, preparación, pintura, administración y circulaciones.
Comportamiento acústico	Envolvente rígida, sin aislación; alta reverberación y fuga de ruido hacia el exterior.

Tabla 6: Características constructivas del taller JM Smash Repairs.

Fuente: Elaboración propia

1.4.3 : IDENTIFICACION DE LAS FUENTES EMISORAS

La identificación de las fuentes emisoras de ruido constituye un paso fundamental para comprender el comportamiento acústico del taller JM Smash Repairs y determinar cuáles son los procesos que generan mayor impacto sonoro en el entorno inmediato. Para ello, se realizó una observación directa en terreno, análisis de las actividades propias del taller y revisión del equipamiento utilizado en las distintas etapas del trabajo automotriz.

Durante el levantamiento, se registraron las fuentes que producen niveles de ruido más elevados y su frecuencia de operación, considerando tanto herramientas manuales como maquinaria fija. Las principales fuentes emisoras detectadas en el taller corresponden a:

- **Compresor de aire:** equipo de funcionamiento continuo, ubicado en la zona de preparación.



Imagen 9: Compresor de aire
Fuente: Elaboración propia

- **Herramientas neumáticas** (llaves de impacto, lijadoras neumáticas): generan picos de ruido elevados y de carácter impulsivo, utilizados principalmente en la zona de desabolladura.



Imagen 10: Llave de impacto neumática

- **Máquinas de lijado eléctrico**: producen ruido constante y de frecuencia media, utilizadas tanto en preparación como en acabado.



Imagen 11: Lijadora circular

- **Golpes metálicos y manipulación de carrocerías:** asociados a la reparación estructural de vehículos, generan ruido intermitente y fluctuante.



Imagen 12: Golpes con martillo
Fuente: Elaboración propia

- **Sistema de calefacción del área de pintura:** emisión continua de baja y media frecuencia.



Imagen 13: Sistema de calefacción
Fuente: Elaboración propia

La identificación de estas fuentes permite establecer las áreas críticas del recinto, principalmente desabolladura, donde se concentran los niveles más altos de presión sonora. Esta información es esencial para el desarrollo de la línea base acústica y para definir las medidas de control propuestas en etapas posteriores del estudio.

A continuación, en la **Tabla 7** y en la **figura 2**, se presentan las principales fuentes emisoras de ruido identificadas en el taller, clasificadas según su código, ubicación, tipo de ruido y horas.

Código	Fuente emisora	Ubicación	Tipo de ruido	Horas de uso [h/día]
F1	Compresor de aire	Bodega de pinturas	Fluctuante	6
F2	Lijadora circular	Zona de desabolladura	Fluctuante	4
F3	Martillo desabollador	Zona de desabolladura	Fluctuante	5
F4	Sistema de Calefacción de cabina	Cabina de pintura	Estable	4

Tabla 7: Caracterización de las principales fuentes emisoras de ruido
Fuente: Elaboración propia

F1: Ubicado en la bodega de pinturas, corresponde a una fuente fija de funcionamiento intermitente. Genera un **ruido fluctuante de alta intensidad**, especialmente en los ciclos de carga y descarga, constituyéndose como una de las principales fuentes emisoras del taller.

F2: Herramienta utilizada principalmente en la zona de desabolladura. Produce un **ruido fluctuante de nivel alto**, asociado a la variación de velocidad y contacto con la superficie del vehículo. Su frecuencia de uso es media debido a su aplicación reiterada durante el proceso de preparación.

F3: Empleado en las actividades de reparación estructural, también en la zona de desabolladura. Genera **ruido fluctuante**, caracterizado por golpes metálicos repentinos y de corta duración, lo que lo convierte en una fuente de impacto acústico significativo.

F4: Ubicado en la cabina de pintura, corresponde a un equipo de operación **estable y continua**, utilizado principalmente en el proceso de secado. Su emisión sonora es de nivel medio, asociada al flujo de aire y al funcionamiento del sistema de calefacción.

Compresor de aire: Presenta un funcionamiento intermitente pero frecuente a lo largo de la jornada, alcanzando un tiempo efectivo de operación de **6 h/día**.

Lijadora circular: Se utiliza de manera reiterada durante el proceso de preparación de superficies, lo que se traduce en un uso aproximado de **4 h/día**.

Martillo desabollador: Es empleado intensivamente en labores de reparación estructural, generando un tiempo efectivo de uso estimado de **5 h/día**.

Sistema de calefacción de cabina: Opera de manera continua durante los ciclos de secado de pintura, con un uso aproximado de **4 h/día**.

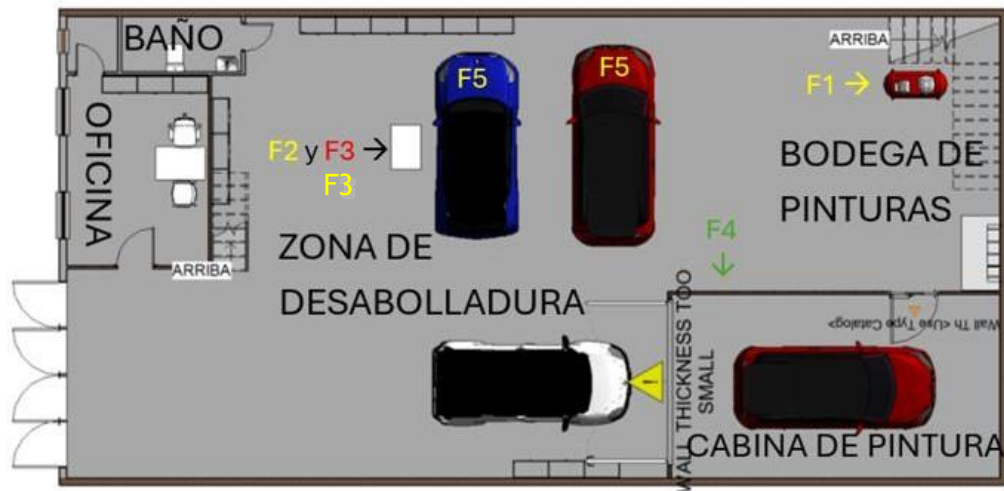


Figura 2: Ubicación de fuentes en el plano
Fuente: Elaboración propia

Color amarillo: Ruido fluctuante

Color verde: Ruido estable

La identificación y caracterización de las fuentes emisoras de ruido permitió reconocer los elementos y actividades que generan el mayor aporte sonoro dentro del taller. En particular, se constató que en la zona de **desabolladura** se concentran los niveles más elevados de presión sonora interno y externo, debido al uso constante, la **lijadora** y el **martillo** presentan los ruidos más elevados al exterior e interior.

La representación en planta mediante los códigos F1–F4 facilitó visualizar la ubicación precisa de cada fuente y su relación con la distribución interna del taller, permitiendo distinguir claramente entre fuentes de ruido **fluctuante** y **estable**. Esta información es esencial para comprender el comportamiento acústico del recinto y constituye un insumo directo para el análisis posterior de las mediciones.

En conjunto, la identificación, clasificación y ubicación de las fuentes emisoras de ruido sientan la base para el desarrollo del siguiente punto, en el cual se presenta la

distribución funcional del taller (1.4.4) y posteriormente el proceso productivo y la metodología de medición acústica.

1.4.4 : DISTRIBUCION FUNCIONAL DEL TALLER

El espacio interior se encuentra dividido en **zonas de trabajo diferenciadas**, como área de desabolladura, sector de preparación y pintura, sala administrativa y espacios de circulación. Cada área utiliza equipamiento específico, destacando herramientas neumáticas, un compresor de aire y máquinas de lijado, las cuales representan las principales fuentes emisoras de ruido.

Con el objetivo de comprender la distribución funcional del recinto, se realizó la **diferenciación de las zonas operativas del taller**, identificando los espacios destinados a **oficina administrativa, área de desabolladura, zona de pintura, sector de preparación de pintura, bodega de materiales y acceso vehicular**. Esta clasificación permite distinguir las **actividades productivas** de las **áreas de gestión o apoyo**, facilitando el análisis posterior de las **fuentes emisoras de ruido** según su ubicación y función dentro del recinto. A continuación, se presenta la figura n°3 de distribución de las zonas.



Figura 3: Distribución funcional del taller
Fuente: Elaboración propia

ZONA VERDE: Área Administrativa
ZONA AMARILLA: Área de Desabolladura
ZONA AZUL: Área de Preparación de material para pintar
ZONA MORADA: Área de pintar
ZONA NARANJA: Compresor de aire

El taller JM Smash Repairs se organiza en diferentes áreas funcionales que permiten el desarrollo ordenado de las actividades productivas y administrativas. Cada zona cumple un rol específico dentro del proceso de reparación automotriz, el cual se inicia con la recepción del vehículo y culmina con la entrega posterior al cliente.

- 1. Área administrativa:** *Corresponde al sector destinado a labores de gestión y atención de clientes. En este espacio se desarrollan actividades como la **cotización de reparaciones, presupuestos de vehículos, registro de servicios realizados** y la **recepción de pagos**. Es el punto de coordinación general del taller, donde se gestionan los recursos y se mantiene la comunicación con los proveedores y usuarios.*
- 2. Zona de desabolladura:** *Es el área donde se realizan las **reparaciones estructurales y de carrocería** de los vehículos dañados. Aquí se utilizan diversas herramientas manuales y eléctricas, tales como **martillos desabolladores, tacos metálicos, lijas circulares, pulidoras**. El proceso implica la corrección de deformaciones, nivelación de superficies y preparación del vehículo para su posterior etapa de pintura. Es una de las zonas con **mayor generación de ruido fluctuante e imprevisto**, debido al uso de maquinaria y golpes metálicos.*
- 3. Zona de preparación de material de pintura:** En este espacio, el maestro pintor realiza la **mezcla y preparación de los productos de pintura** según el tono del vehículo, utilizando **laca, catalizador, diluyente**. Además, se lleva a cabo la **limpieza y mantenimiento de las pistolas de pintado**, y se **almacenan las pinturas sobrantes** que pueden reutilizarse

en trabajos futuros. Esta área requiere orden y ventilación adecuada por el manejo de sustancias químicas.

4. **Cabina de pinturas:** *Corresponde a un recinto cerrado y controlado, destinado a la aplicación de pintura sobre la superficie del vehículo. En esta zona, el maestro pintor realiza el enmascarado o empapelado del automóvil y posteriormente aplica la pintura con pistolas a presión, finalizando con el secado mediante el sistema de ventilación y temperatura de la cabina. Este espacio mantiene condiciones constantes de limpieza, flujo de aire y temperatura, generando un ruido estable asociado a los sistemas de extracción y ventilación.*

1.4.5: DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO E IDENTIFICACION OPERATIVA DE ESTAPAS GENERADORAS DE RUIDO

Para esta etapa se realizó una observación directa en terreno con el fin de identificar las fuentes de ruido presentes durante el proceso productivo del taller JM Smash Repairs. El procedimiento fue representado mediante un diagrama de flujo que resume, de forma secuencial, todas las actividades desde la cotización inicial hasta la entrega del vehículo, permitiendo reconocer en qué fases se generan las mayores emisiones sonoras y qué herramientas intervienen.

El proceso comienza con la **cotización** y la **recepción del vehículo**, donde se define el trabajo a ejecutar y se posiciona el automóvil en el área de reparación. Luego se desarrolla la etapa de **desabolladura**, fase que concentra el mayor nivel de ruido debido al uso de martillos, lijadoras y herramientas neumáticas conectadas al compresor.

Posteriormente, el vehículo pasa a la **cabina de pintura**, donde se realiza el empapelado y la preparación del recubrimiento. En paralelo, en la bodega de pintura, el maestro pintor efectúa la **mezcla de pintura**, catalizador, laca y diluyente, para luego aplicar el recubrimiento dentro de la cabina.

Completado el pintado, el vehículo permanece en **secado** a temperatura controlada, tras lo cual se ejecutan las etapas finales de **pulido** y **encerado**, destinadas a mejorar el acabado superficial. El proceso concluye con la **entrega del vehículo** al cliente.

Cada una de estas etapas fue documentada considerando tipo de herramienta, frecuencia de uso y nivel estimado de ruido, constituyendo la base para la posterior medición acústica descrita en el punto siguiente.

Como complemento a la descripción anterior, en la **Figura 4** se presenta el diagrama de flujo del proceso productivo, que sintetiza visualmente las etapas observadas durante el levantamiento en terreno.

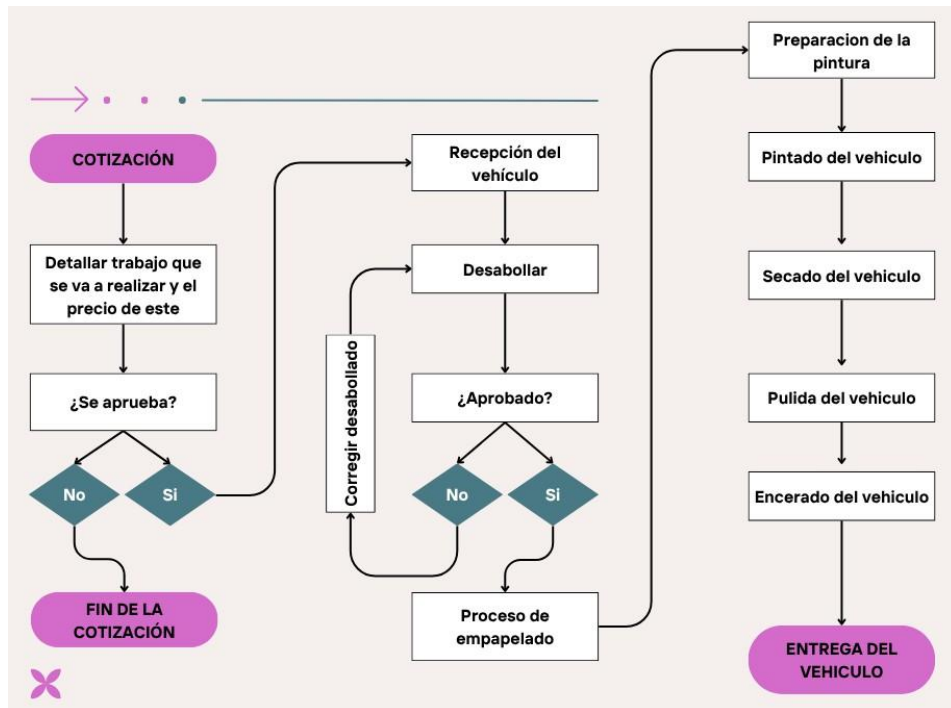


Figura 4: Diagrama de flujo
Fuente: Elaboración propia

1.4.6 : METODOLOGIA DE MEDICION ACUSTICA

El **Título V del DS N°38/2011** establece el procedimiento oficial para medir y evaluar los niveles de presión sonora corregidos (**NPC**) generados por fuentes emisoras de ruido.

Primero, se exige que las mediciones se realicen con un **sonómetro integrador para medidor clase 1 o 2**, de acuerdo con la norma IEC 61672/1:2002, acompañado de su respectivo **calibrador acústico clase 1 o 2** (Art. 11 y 12). Ambos instrumentos deben contar con **certificados de calibración periódica vigentes** emitidos por organismos autorizados (Art. 13). También se permite el uso de otros instrumentos siempre que cumplan con estas exigencias (Art. 14).



Imagen 14: Sonómetro sefram 9836, clase 2

Para determinar el **nivel de presión sonora corregido (NPC)**, se debe emplear **ponderación A** y **respuesta lenta (Slow)** del sonómetro. Las mediciones deben realizarse calibrando previamente el instrumento y operando en condiciones normales del lugar (Art. 15).

El decreto establece que las mediciones deben realizarse en el punto donde se ubique el **receptor**, en el lugar y momento de **mayor exposición al ruido**. Para **mediciones externas**, el sonómetro debe ubicarse entre **1,2 y 1,5 m de altura** y, de ser posible, a **3,5 m o más de paredes u objetos reflectantes**. Para **mediciones internas**, se deben realizar tres puntos separados entre sí aproximadamente 0,5 m, también entre 1,2 y 1,5 m de altura y con distancias mínimas respecto a muros y ventanas (Art. 16).

En cada punto se deben realizar **tres mediciones consecutivas de 1 minuto**, registrando los valores de **NPSeq**, **NPSmín** y **NPSmáx**. Se deben descartar mediciones afectadas por ruidos ocasionales (Art. 17).

Para la obtención del **NPC**, se utiliza el mayor valor entre el **NPSeq** y el **NPSmáx – 5 dB(A)**; luego se promedia y se aproxima al número entero más cercano (Art. 18). En caso de mediciones internas, se aplican correcciones adicionales según la presencia de ventanas, puertas o vanos. A continuación, en la **tabla 8** se presenta las correcciones de ventanas, puertas o vanos de la tabla 2 del DS N° 38/2011.

Tabla N°2: Correcciones ventana, puerta o vano	
	Corrección
Puerta y/o ventana abierta (o vano)	+ 5 dB(A)
Puerta y/o ventana cerrada o ausencia de ellas	+ 10 dB(A)

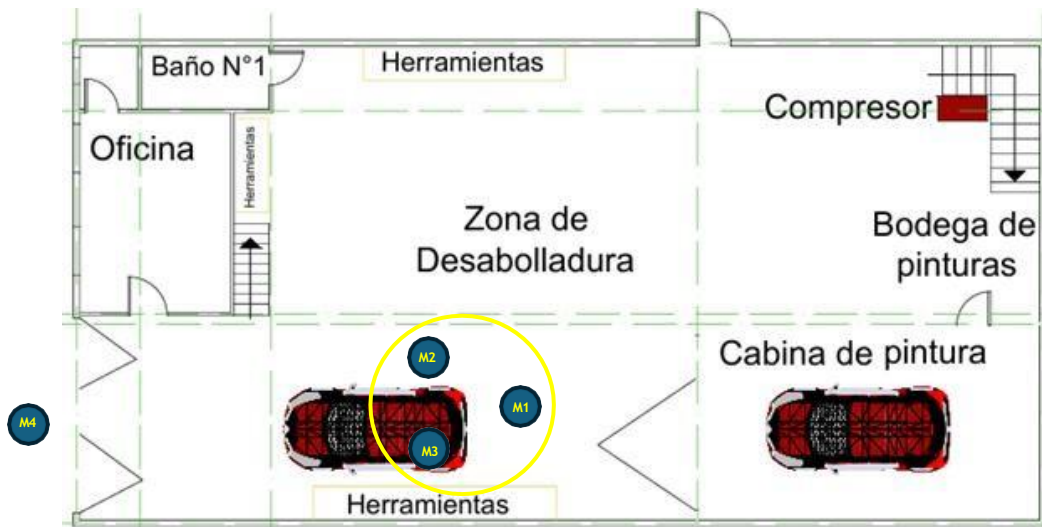
Tabla 8: Correcciones de ventana, puerta o vano (art.18)
Fuente: Decreto supremo N°38 del medio ambiente en Chile

Cuando el **ruido de fondo** afecta significativamente la medición, se debe medirlo por separado y aplicar una corrección utilizando la **Tabla N°2 del decreto**, la cual establece los ajustes según la diferencia entre el ruido medido y el ruido de fondo (Art. 19). Si la medición resulta “nula”, se deberá medir en condiciones más favorables o, de no ser posible, realizar una **predicción mediante ISO 9613**, aunque siempre prevalecen los valores medidos sobre los proyectados. A continuación, en la tabla 9 se ven las correcciones por ruido de fondo.

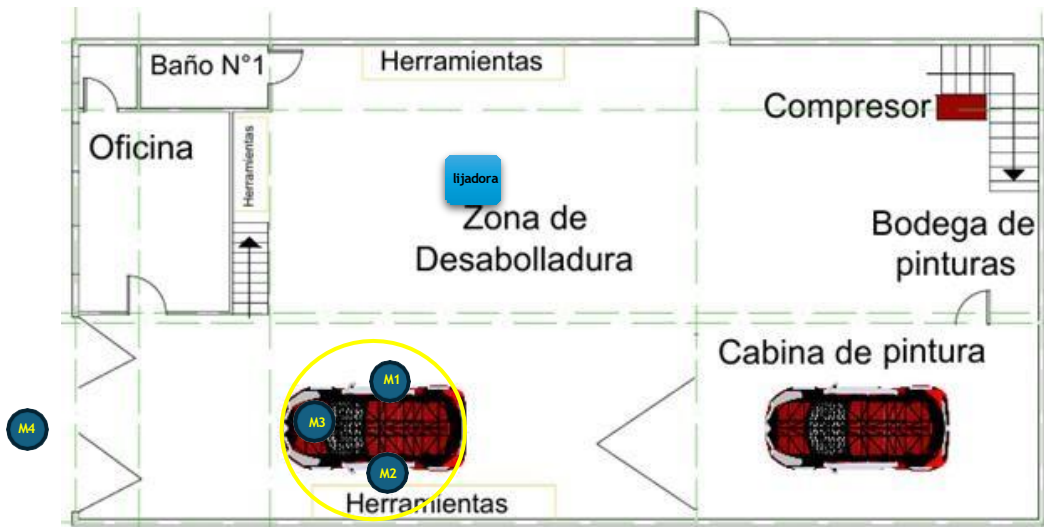
Tabla N° 2. CORRECCIONES POR RUIDO DE FONDO	
Diferencia aritmética entre el nivel de presión sonora obtenido de la emisión de la fuente emisora de ruido y el nivel de presión sonora del ruido de fondo presente en el mismo lugar:	Corrección
10 o más dB(A)	0 dB(A)
de 6 a 9 dB(A)	- 1 dB(A)
de 4 a 5 dB(A)	- 2 dB(A)
3 dB(A)	- 3 dB(A)
menos de 3 dB(A)	medición nula

Tabla 9: Correcciones por ruido de fondo (art.19)
Fuente: Decreto supremo N°38 del medio ambiente en Chile

Finalmente, y conforme a lo establecido en la metodología descrita, a continuación, se presentarán los **puntos de medición definidos para el estudio de cada fuente emisora**, los cuales fueron seleccionados de acuerdo con las condiciones de mayor exposición al ruido y la distribución operativa del taller.



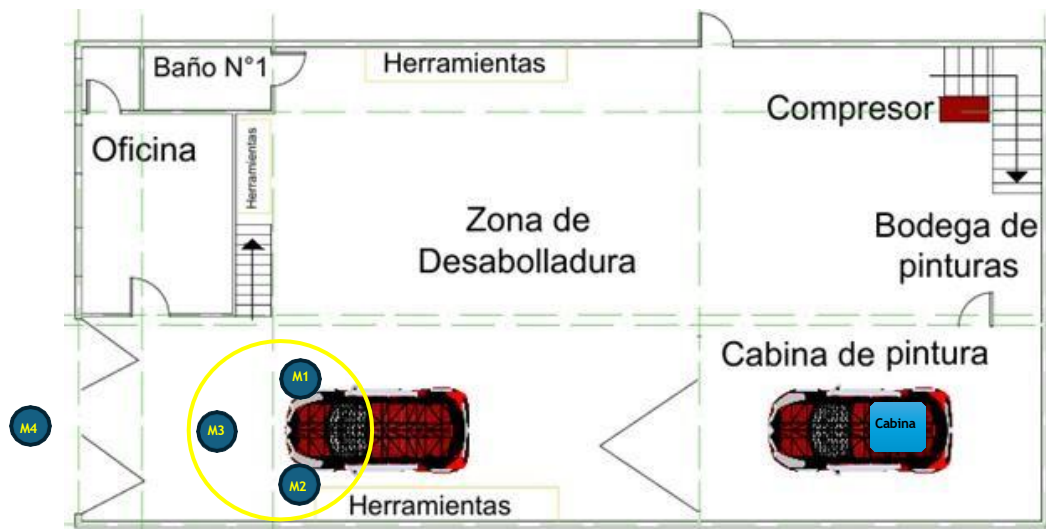
Plano 7: Distribución de mediciones del compresor
Fuente: Elaboración propia



Plano 8: Distribución de mediciones (lijadora circular)
Fuente: Elaboración propia



Plano 9: Distribución de mediciones (martillo desabollador)
Fuente: Elaboración propia



Plano 10: Distribución de mediciones (cabina de pinturas)
Fuente: Elaboración propia

Con el propósito de obtener valores representativos del nivel de ruido asociado a cada fuente emisora evaluada, se realizaron dos categorías de mediciones de acuerdo con los lineamientos del Decreto Supremo N°38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente.

En primer término, se ejecutó una **medición externa**, ubicada a aproximadamente **3 metros del acceso principal del taller**, conforme a las exigencias normativas que establecen mantener una distancia mínima respecto de superficies reflectantes. Esta medición permitió caracterizar la propagación del ruido hacia el entorno inmediato.

Posteriormente, se efectuaron **tres mediciones internas** en un punto receptor definido dentro de la **zona de desabolladura**, donde opera la fuente de mayor emisión acústica.

Este procedimiento permitió caracterizar de manera más robusta el comportamiento sonoro de cada fuente, asegurando que los valores utilizados en el análisis posterior reflejen adecuadamente las condiciones reales de operación del taller.

Además, con el fin de caracterizar adecuadamente el comportamiento acústico del taller, en cada punto de medición se registraron los parámetros durante la medición fueron **NPS_{eq}**, **NPS_{máx}** y **NPS_{mín}**, según lo indicado en el Art. 17 del DS38/2011. Para la obtención del Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC), se aplicó el

procedimiento del Art. 18, seleccionando para cada minuto el mayor valor entre el **NPSeq** y el **NPSmáx reducido en 5 dB(A)**, promediando posteriormente los resultados.

En la Tabla 10 se presentan y describen los principales parámetros acústicos utilizados durante el proceso de medición, de acuerdo con lo establecido en el DS N°38/2011. Estos parámetros permiten caracterizar adecuadamente el comportamiento del ruido registrado en cada punto evaluado y determinar el Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC), valor requerido por la normativa para su posterior comparación con los límites permisibles.

<i>Parámetro</i>	<i>Nombre completo</i>	<i>Descripción técnica</i>	<i>Uso en el DS38</i>
NPSeq	Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente	Nivel promedio energético del ruido durante el intervalo de medición (1 minuto). Representa la energía total del sonido en ese periodo.	Se compara con (NPSmáx - 5 dB). Se usa para calcular el NPC (Art. 18).
NPSmáx	Nivel de Presión Sonora Máximo	El nivel más alto registrado durante el minuto de medición, usando respuesta <i>lenta</i> (slow).	Se le resta 5 dB(A) y se compara con NPSeq. Se usa para calcular el NPC (Art. 18).
NPSmín	Nivel de Presión Sonora Mínimo	El nivel más bajo registrado durante el minuto de medición.	Solo se registra. No participa en el cálculo del NPC. (Art. 17).
NPC	Nivel de Presión Sonora Corregido	Valor final corregido según metodología del decreto. Se obtiene tomando el mayor valor entre NPSeq y (NPSmáx - 5), promediando los 3 minutos y aplicando redondeo.	Único valor que se compara con los límites normativos del DS38. (Art. 18).
Ruido de fondo		Ruido presente en ausencia de la fuente que se evalúa. Debe medirse bajo mismas condiciones.	Se corrige usando la Tabla N°2 del Art. 1G , si afecta significativamente la medición.
Corrección por ventana, puerta o vano		Ajustes aplicados a mediciones internas cuando existen aberturas que facilitan la transmisión del ruido.	Se aplica la Tabla N°2 del Art. 18 . Solo en mediciones dentro del receptor.

Tabla 10: Descripción de parámetros de medición
Fuente: Elaboración propia

1.4.7 : OBSERVACIONES ACUSTICAS PRELIMINARES EN TERRENO

Durante la inspección inicial del taller se identificaron las áreas con mayor generación de ruido y las condiciones físicas que influyen en la propagación acústica. En la zona de desabolladura, donde se concentra el uso de herramientas neumáticas y el

funcionamiento del compresor, se observaron niveles sonoros elevados y continuos. También se constató que la presencia de portones abiertos, muros livianos y la cubierta metálica favorecen la transmisión del ruido tanto al interior del recinto como hacia el entorno exterior.

Estas observaciones preliminares permitieron definir los puntos estratégicos donde se ubicarían posteriormente los equipos de medición, con el fin de obtener valores representativos del comportamiento acústico del taller durante su operación normal.

1.5: MEDICIONES ACUSTICAS

Si bien en la etapa de observación preliminar se identificó que varias herramientas y equipos generaban niveles altos de ruido, la jerarquización real de las fuentes solo pudo establecerse mediante las mediciones instrumentales presentadas en este capítulo.

A partir de las observaciones realizadas en terreno, se procedió a desarrollar la etapa de mediciones acústicas con el objetivo de cuantificar los niveles de presión sonora generados por las principales fuentes del taller JM Smash Repairs. Las mediciones se efectuaron utilizando un sonómetro integrador para medidor clase 2, junto con el software de análisis “SE324”, cual permitió registrar, visualizar y procesar los parámetros acústicos conforme a los lineamientos técnicos establecidos en el DS N°38/2011.

Para cada fuente evaluada se realizaron mediciones internas y externas, registrando los parámetros NPSeq, NPSmáx, NPSmín y el Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC). Esta información permitirá caracterizar el comportamiento acústico de cada equipo y analizar su cumplimiento respecto de los límites normativos.

En las siguientes secciones se presentan los resultados obtenidos para cada una de las fuentes evaluadas.

1.5.1 : RESULTADOS DE MEDICION

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones realizadas al **compresor de aire**, considerado una fuente de ruido estable y de alta intensidad. Para esta evaluación se efectuaron **cuatro mediciones**, **3 de ellas fueron en la zona de desabolladura a 0,5 [m] una tras otra y la última medición fue en la calle a 3 [m] del portón del taller**. Así se registraron los niveles de NPSeq, NPSmax, NPSmin y NPC asociados a sus ciclos de carga y descarga.

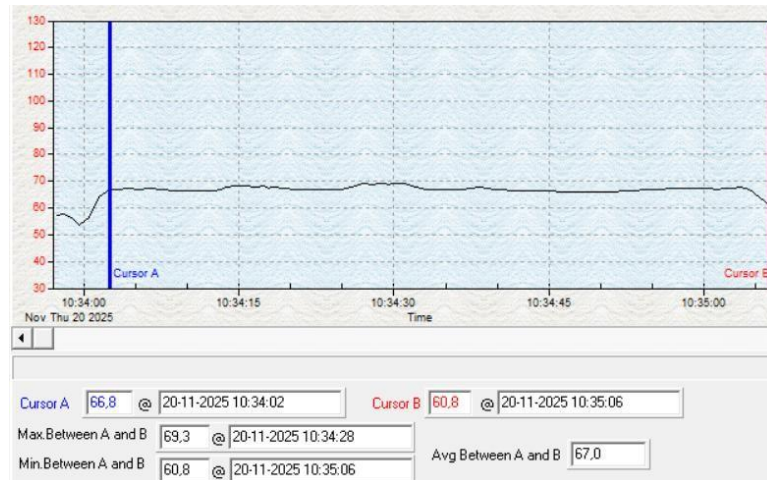


Gráfico 6: Resultados de compresor de aire interior M1
Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra una curva de nivel de presión sonora que, tras un breve aumento inicial, se mantiene **relativamente estable** durante casi toda la medición. La señal no presenta variaciones bruscas, lo que refleja un comportamiento acústico continuo y uniforme de la fuente evaluada. Hacia el final del registro se observa una **disminución repentina**, asociada al término de la actividad medida.

Tenemos nuestro valor de **NPSeq**, que este sería 67.0 dB, en el gráfico está representado como **“Avg Between A and B”**.

El **NPSmáx** sería 69.3 dB, que estaría representado como **“Máx Between A and B”**.

Además, el **NPS_{mín}** arrojó un resultado de 60.8 dB, que se muestra en **“Min Between A and B”**.

Para obtener el NPC, debemos elegir el mayor entre NPS_{Seq} y (NPS_{máx} – 5):

Tenemos:

1. NPS_{Seq}= 67.0 dB
2. NPS_{máx} – 5= 69.3-5= 64.3 dB

Nos quedamos con el mayor que sería 67.0 dB y lo debemos aproximar al entero, quedando en 67 dB, para luego poder hacerle la corrección de la tabla N° 7 del presente informe.

Para la medición interna realizada en la zona de desabolladura, el valor seleccionado según el Art. 18 letra a) fue de 67 dB(A). Dado que el recinto presentaba una abertura (puerta/portón abierto) durante la medición, se aplicó una corrección de +5 dB(A), obteniéndose un **NPC final de 72 dB(A)**.

Seguidamente se mostrará el gráfico de la muestra 2 del compresor de aire:

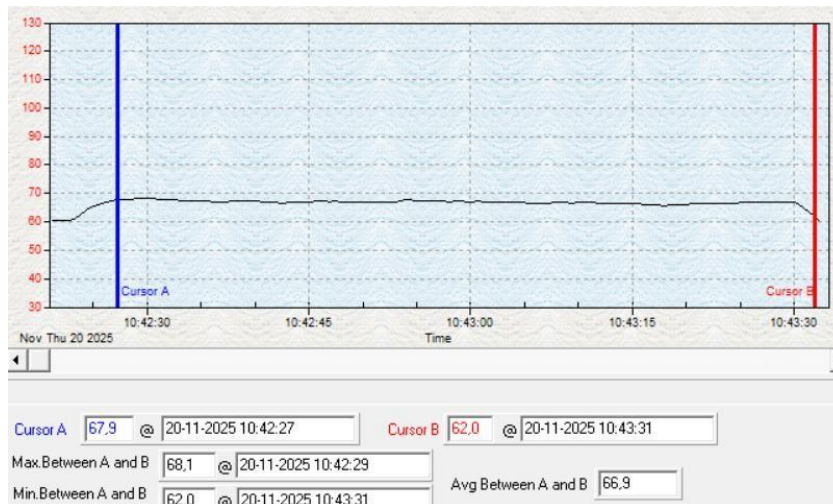


Gráfico 7: Resultados de compresor de aire interior M2
Fuente: Elaboración propia

La segunda medición presenta un comportamiento **muy similar a la primera**, lo que confirma la estabilidad acústica del compresor durante su funcionamiento. A partir del gráfico y de los valores entregados por el software, se observan los siguientes parámetros:

- **NPS_{eq}**= 66.9 dB
- **NPS_{máx}**= 68.1 dB
- **NPS_{mín}**= 62.0 dB

Cálculo del NPC:

1. NPS_{eq} = **66,9 dB(A)**
2. NPS_{max} – 5 dB = 68,1 – 5 = **63,1 dB(A)**
3. Se escoge el **mayor: 66,9 dB(A)**
4. Aproximación al entero → **67 dB(A)**
5. NPC= 67 + 5= **72 dB (A)**

Esta tercera medición mantiene la misma tendencia observada en las mediciones anteriores, evidenciando un comportamiento acústico estable de la fuente emisora.

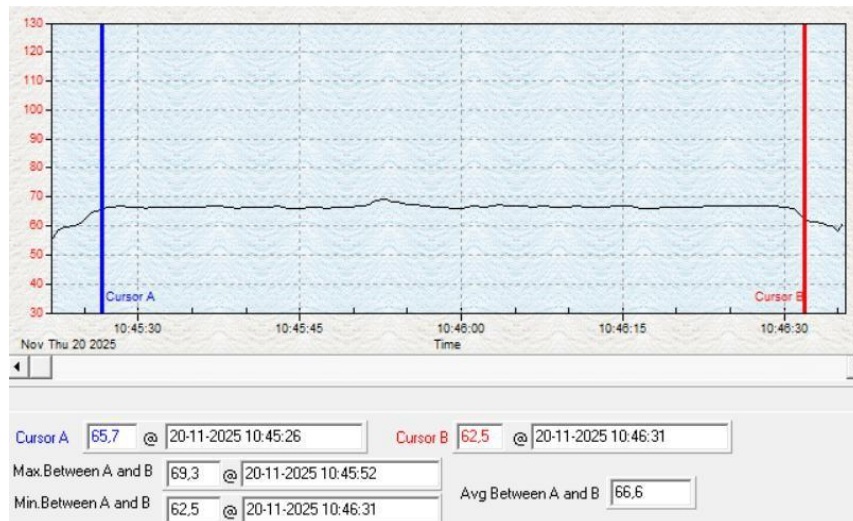


Gráfico 8: Resultados de compresor de aire interior M3
Fuente: Elaboración propia

A partir del gráfico y de los valores entregados por el software, se observan los siguientes parámetros:

- **NPSeq= 66.6 dB**
- **NPSmáx= 69.3 dB**
- **NPSmín= 62.5 dB**

Cálculo del NPC:

1. NPSeq = **66,6 dB(A)**
2. NPSmax – 5 dB = 69,3 – 5 = **64,3 dB(A)**
3. Se escoge el **mayor: 66,6 dB(A)**
4. Aproximación al entero → **67 dB(A)**
5. NPC= 67 + 5= **72 dB (A)**

Finalmente, se efectuó una medición en el exterior del taller con el propósito de determinar el nivel de ruido que se propaga hacia la comunidad. Esta lectura se realizó a una distancia de 3 metros del portón principal, conforme a los criterios establecidos para mediciones externas. A continuación, se presenta el Gráfico 9 correspondiente a la Medición 4 realizada en el exterior del recinto.

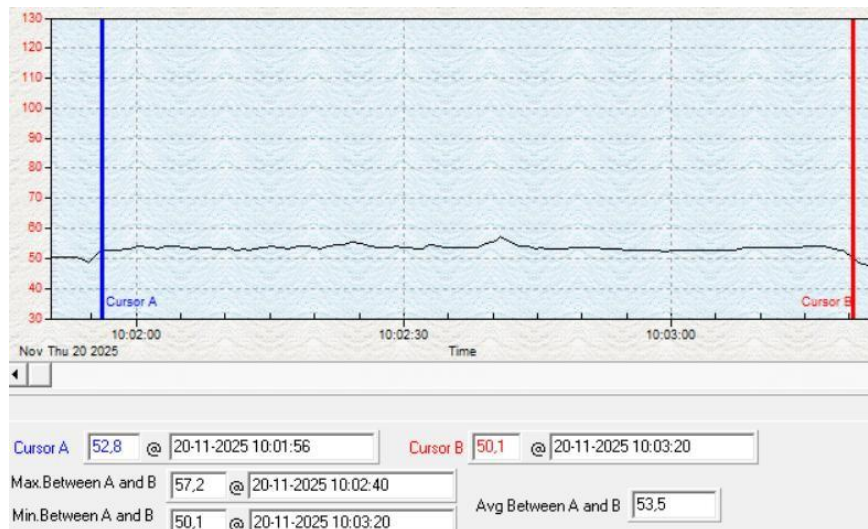


Gráfico 9: Resultados de compresor de aire exterior M4
Fuente: Elaboración propia

Valores del grafico:

- **NPS_{seq}**= 53.5 dB
- **NPS_{máx}**= 57.2 dB
- **NPS_{mín}**= 50.1 dB

Cálculo del NPC:

6. **NPS_{seq} = 53,5 dB(A)**
7. **NPS_{max} – 5 dB = 57,2 – 5 = 52,2 dB(A)**
8. Se escoge el **mayor: 53,5 dB(A)**
9. Aproximación al entero → **54 dB(A)**
10. **NPC= 54 dB (A). no aplica corrección ya que es en exterior.**

En síntesis, las cuatro mediciones realizadas al compresor evidencian un comportamiento acústico estable y consistente tanto al interior como al exterior del taller. Las tres mediciones internas entregaron valores prácticamente idénticos, obteniéndose un NPC de 72 dB(A), representativo del nivel real de emisión de la fuente en la zona de desabolladura. Por su parte, la medición externa registró un NPC de 54 dB(A), reflejando la contribución del compresor hacia la comunidad. En conjunto, estos resultados confirman la confiabilidad del procedimiento aplicado y permiten caracterizar adecuadamente el impacto acústico del equipo en condiciones normales de operación.

A continuación, se presentan las mediciones realizadas a la lijadora utilizada en la zona de desabolladura del taller. Esta evaluación se desarrolló bajo las mismas condiciones técnicas aplicadas al compresor, considerando tres puntos de medición internos separados entre sí por 0,5 metros y una medición externa. El objetivo es caracterizar el nivel de ruido emitido por esta herramienta durante su operación normal y determinar su correspondiente Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC) conforme al procedimiento establecido en el DS N°38/2011.

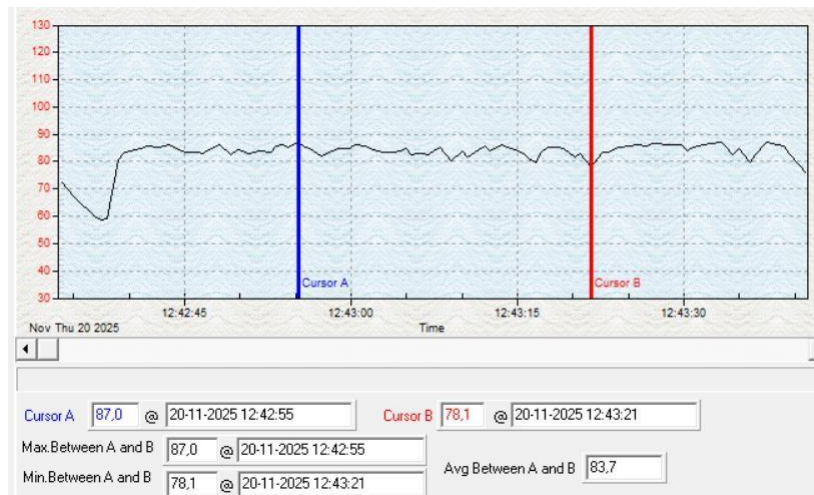


Gráfico 10: Resultados de lijadora interior M1
Fuente: Elaboración propia

El gráfico correspondiente a la primera medición de la lijadora muestra un incremento inicial propio del arranque de la herramienta, seguido por un comportamiento sonoro **estable dentro de un rango alto**, característico del funcionamiento continuo de este tipo de equipo. La señal no presenta variaciones bruscas, aunque sí se observan pequeñas fluctuaciones propias del contacto entre la lijadora y la superficie de trabajo. En general, la emisión se mantiene constante durante el período evaluado.

A partir de los valores entregados por el software se obtuvieron los siguientes parámetros:

- **NPS_{seq}**= 83,7 dB
- **NPS_{máx}**= 87,0 dB
- **NPS_{mín}**= 78,1 dB

Cálculo del NPC:

11. **NPS_{seq}** = **83,7 dB(A)**
12. **NPS_{max}** – 5 dB = 87,0 – 5 = **82,0 dB(A)**
13. Se escoge el **mayor: 83,7 dB(A)**
14. Aproximación al entero → **84 dB(A)**
15. **NPC**= **84+5= 89 dB**

La primera medición de la lijadora evidencia un nivel de ruido elevado y sostenido, coherente con la naturaleza fluctuante de esta herramienta, alcanzando un **NPC final de 89 dB(A)**. Este resultado confirma que la lijadora es una de las fuentes relevantes dentro de la zona de desabolladura.

El gráfico correspondiente a la segunda medición de la lijadora muestra nuevamente un comportamiento acústico caracterizado por un aumento inicial propio de la puesta en marcha de la herramienta, seguido de un nivel sonoro **estable y sostenido** durante toda la medición. Se observan pequeñas variaciones asociadas al contacto de la lijadora con la superficie, pero sin cambios significativos en la intensidad general del ruido, lo que confirma la naturaleza fluctuante y continua de esta fuente.

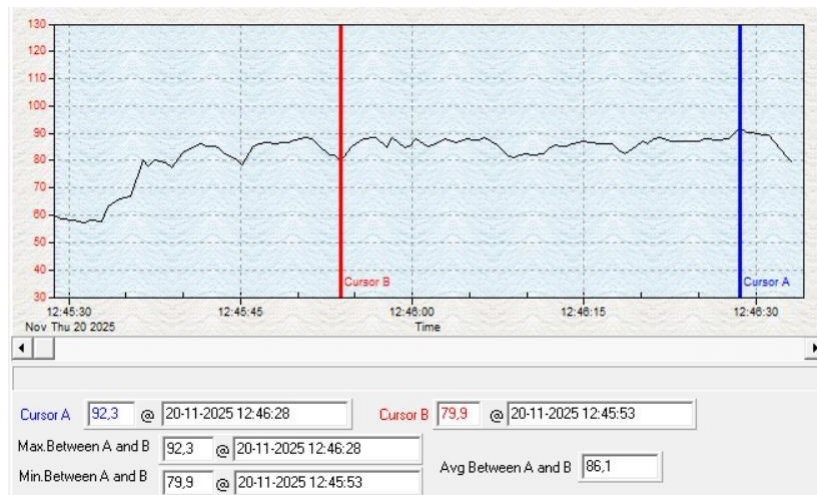


Gráfico 11: Resultados de lijadora interior M2
Fuente: Elaboración propia

Con los valores entregados por el software se obtuvieron los siguientes parámetros:

- **NPSeq= 86,1 dB**
- **NPSmáx= 92,3 dB**
- **NPSmín= 79,9 dB**

Cálculo del NPC:

16. $NPS_{eq} = 86,1 \text{ dB(A)}$
17. $NPS_{max} - 5 \text{ dB} = 92,3 - 5 = 87,3 \text{ dB(A)}$
18. Se escoge el **mayor: 87,3 dB(A)**
19. Aproximación al entero $\rightarrow 87 \text{ dB(A)}$

$$NPC = 87 + 5 = 92 \text{ dB}$$

La segunda medición confirma que la lijadora mantiene un nivel de emisión sonora elevado y consistente durante su funcionamiento, alcanzando un **NPC final de 92 dB(A)**. Este resultado reafirma que la lijadora es una fuente crítica dentro de la zona de desabolladura, con niveles superiores a los registrados en la primera medición.

El gráfico de la tercera medición de la lijadora presenta un comportamiento similar a las mediciones previas, donde se observa un aumento inicial propio del inicio de operación y luego un nivel sonoro **estable, continuo y de alta intensidad** durante el período evaluado. Las variaciones registradas son pequeñas y responden a los cambios de presión de la herramienta sobre la superficie, manteniéndose dentro del comportamiento típico del ruido fluctuante generado por esta fuente.

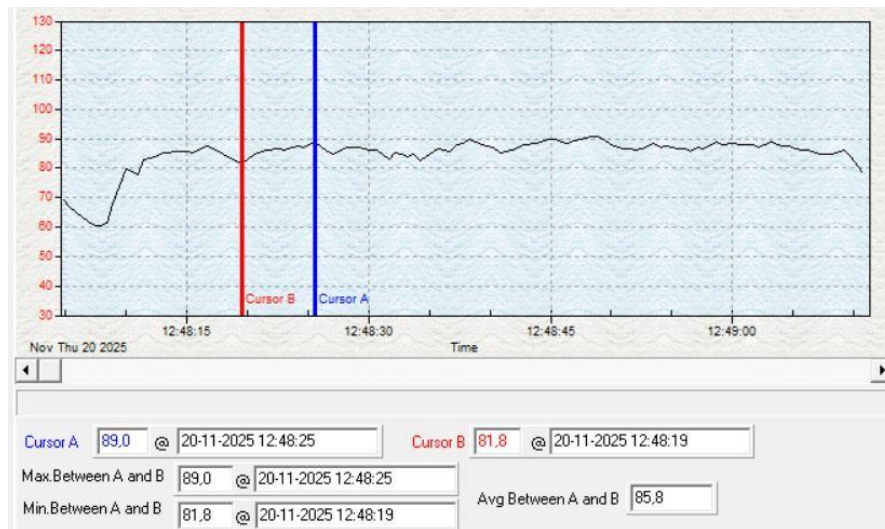


Gráfico 12: Resultados de lijadora interior M3
Fuente: Elaboración propia

Con los valores entregados por el software se obtuvieron los siguientes parámetros:

- **NPS_{seq}**= 85,8 dB
- **NPS_{máx}**= 89,0 dB
- **NPS_{mín}**= 81,8 dB

Cálculo del NPC:

20. **NPS_{seq} = 85,8 dB(A)**
21. **NPS_{max} – 5 dB = 89,0 – 5 = 84,0 dB(A)**
22. Se escoge el **mayor: 85,8 dB(A)**
23. Aproximación al entero → **86 dB(A)**

NPC = 86+5 = 91 dB

La tercera medición corrobora el comportamiento consistente de la lijadora, manteniendo niveles de emisión sonora elevados y relativamente uniformes. El **NPC final de 91 dB(A)** demuestra que esta herramienta constituye una fuente crítica dentro de la zona de desabolladura, situándose en valores muy similares a los obtenidos en las mediciones anteriores.

El gráfico correspondiente a la medición exterior de la lijadora muestra un nivel de presión sonora significativamente menor que las mediciones internas, lo cual es consistente con la atenuación natural que se produce por distancia y por la estructura del taller. Tras el incremento inicial asociado al inicio de la herramienta, el nivel de ruido se mantiene **relativamente estable dentro de un rango moderado**, sin variaciones bruscas durante la operación. Esto confirma que, desde el exterior, el aporte de la lijadora es perceptible, pero considerablemente reducido respecto del interior.

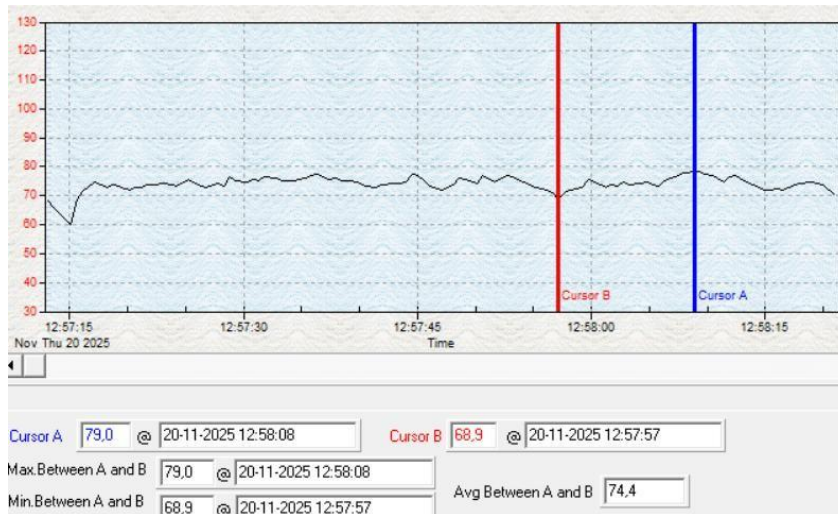


Gráfico 13: Resultados de lijadora exterior M4
Fuente: Elaboración propia

Los valores registrados por el software fueron los siguientes:

- NPS_{seq}= 74,4 dB
- NPS_{máx}= 79,0 dB
- NPS_{mín}= 68,9 dB

Cálculo del NPC:

24. NPS_{seq} = **74,4 dB(A)**
25. NPS_{max} – 5 dB = 79,0 – 5 = **74,0 dB(A)**
26. Se escoge el **mayor: 74,4 dB(A)**
27. Aproximación al entero → **74 dB(A)**

NPC= 74 dB, ya que para el exterior no exige correcciones.

La medición exterior de la lijadora arrojó un **NPC final de 74 dB(A)**, valor que refleja la propagación moderada del ruido hacia el entorno inmediato. Este resultado demuestra una reducción significativa respecto de los niveles internos, pero confirma que la herramienta sigue siendo una fuente audible y relevante en el exterior del taller.

Las tres mediciones internas realizadas a la lijadora (M1, M2 y M3) muestran niveles elevados y consistentes, con NPS_{seq} entre 83 y 86 dB(A), lo que confirma que esta herramienta genera un ruido fluctuante de alta intensidad durante su operación. Tras aplicar el procedimiento del DS N°38/2011 y la corrección correspondiente por

abertura, los valores de NPC obtenidos fueron **89 dB(A)**, **92 dB(A)** y **91 dB(A)**, evidenciando un comportamiento estable y repetitivo en todas las mediciones.

La medición exterior (M4) registró un **NPC de 74 dB(A)**, reflejando la atenuación del ruido hacia el entorno, aunque dejando en evidencia que la lijadora continúa aportando un nivel sonoro apreciable fuera del taller.

En conjunto, los resultados confirman que la lijadora es una de las fuentes más relevantes del taller, con altos niveles de emisión en el interior y presencia acústica perceptible en el exterior.

A continuación, se presentan las mediciones realizadas al **martillo desabollador**, herramienta utilizada frecuentemente en la zona de reparación estructural del taller. Este equipo genera ruido de carácter impulsivo, asociado a golpes metálicos breves, pero de alta intensidad. Las mediciones se desarrollaron bajo el mismo procedimiento aplicado a las fuentes anteriores, con el objetivo de caracterizar su comportamiento acústico y determinar el correspondiente Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC) según el DS N°38/2011.

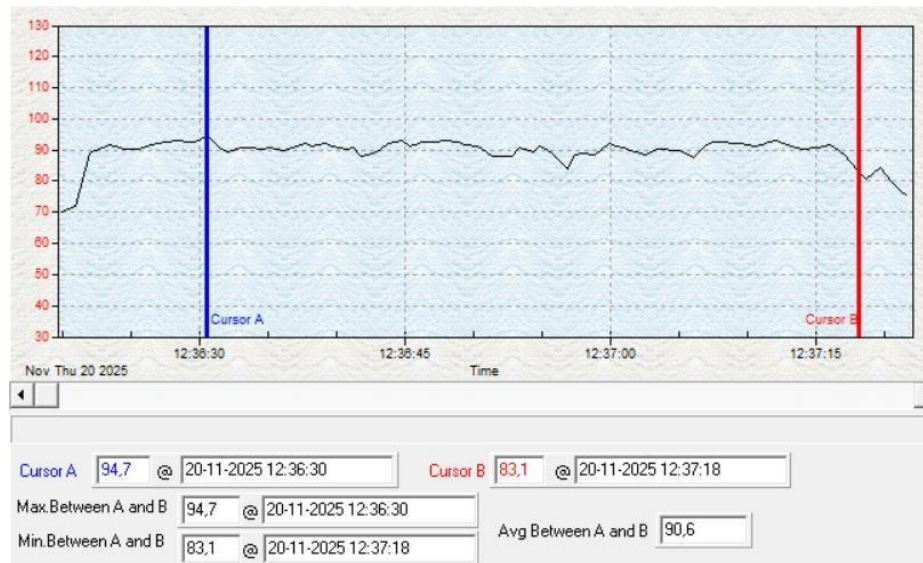


Gráfico 14: Resultados de martillo interior M1
Fuente: Elaboración propia

El gráfico correspondiente a la primera medición del martillo desabollador muestra un comportamiento sonoro de alta intensidad, caracterizado por un nivel sostenido de

presión sonora que se mantiene elevado durante toda la medición. Si bien se trata de una herramienta que genera golpes breves, la repetición continua de estos impactos produce un patrón acústico estable dentro de un rango alto, con variaciones asociadas a la fuerza y frecuencia de los golpes aplicados sobre la carrocería.

Los valores registrados por el software fueron los siguientes:

- **NPS_{seq}**= 90,6 dB
- **NPS_{máx}**= 94,7 dB
- **NPS_{mín}**= 83,1 dB

Cálculo del NPC:

28. **NPS_{seq} = 90,6 dB(A)**

29. **NPS_{max} – 5 dB = 94,7 – 5 = 89,7 dB(A)**

30. Se escoge el **mayor: 90,6 dB(A)**

31. Aproximación al entero → **91 dB(A)**

NPC = 91 + 5 = 96 dB

La primera medición del martillo desabollador evidencia un nivel muy elevado de presión sonora, alcanzando un **NPC final de 96 dB(A)**. Este resultado confirma que el martillo es una de las fuentes impulsivas más críticas dentro del taller, generando golpes repetitivos de alta magnitud acústica que contribuyen de forma significativa al ambiente sonoro de la zona de desabolladura

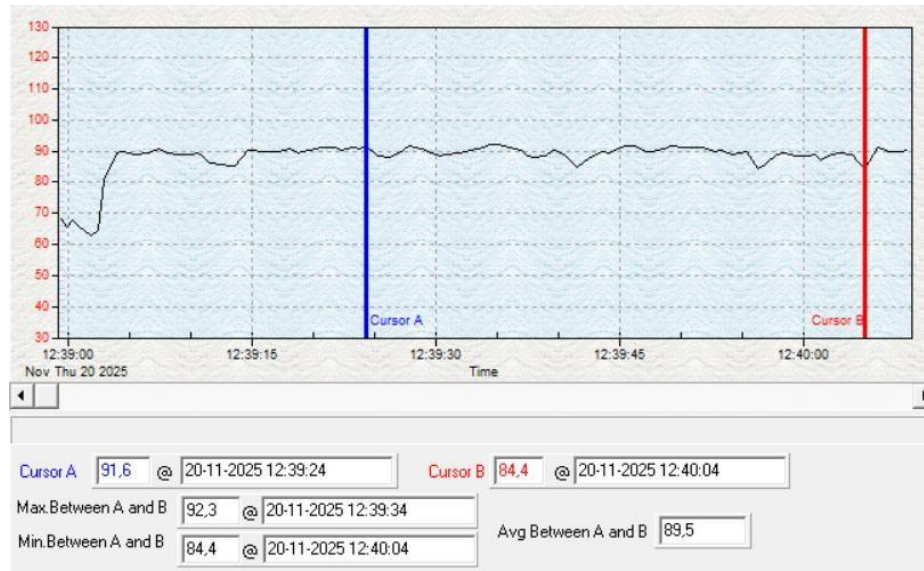


Gráfico 15: Resultados de martillo interior M2
Fuente: Elaboración propia

Los valores entregados por el software fueron los siguientes:

- **NPS_{seq}**= 89,5 dB
- **NPS_{máx}**= 92,3 dB
- **NPS_{mín}**= 84,4 dB

Cálculo del NPC:

32. **NPS_{seq}** = **89,5 dB(A)**
33. **NPS_{max}** – 5 dB = 92,3 – 5 = **87,3 dB(A)**
34. Se escoge el **mayor: 89,5 dB(A)**
35. Aproximación al entero → **90 dB(A)**

NPC= 90+5= **95 dB**

La segunda medición del martillo confirma un nivel elevado y sostenido de presión sonora durante su operación, alcanzando un **NPC final de 95 dB(A)**. Este valor es consistente con la medición anterior y reafirma que el martillo desabollador constituye una fuente de ruido crítico dentro del área de trabajo, aportando niveles sonoros muy altos en la zona de desabolladura.

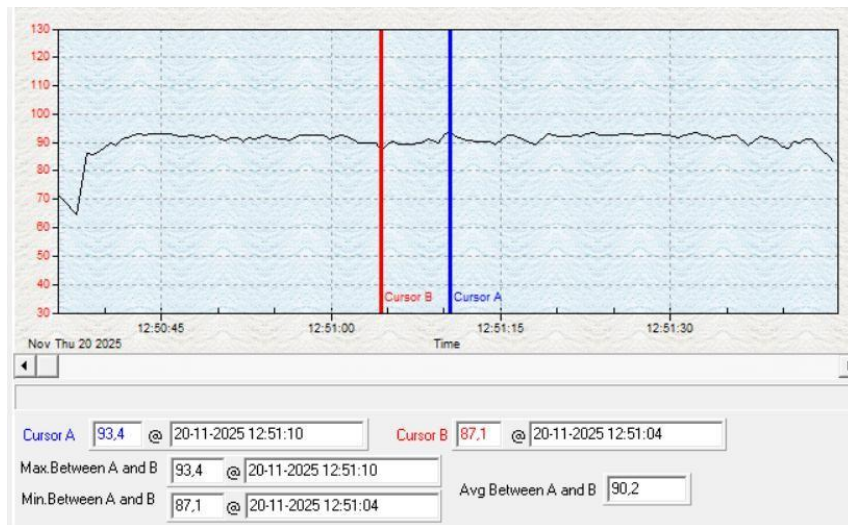


Gráfico 16: Resultados de martillo interior M3
Fuente: Elaboración propia

El gráfico correspondiente a la tercera medición del martillo desabollador muestra un comportamiento acústico muy similar al registrado en las mediciones previas. Se observa un aumento inicial asociado al inicio de la actividad y, posteriormente, un nivel de presión sonora alto, estable y continuo durante todo el período. Aunque la herramienta genera golpes característicos, el registro nuevamente no captó impulsos breves ni picos abruptos, evidenciando un **ruido fluctuante** con variaciones superiores a 5 dB(A).

Los valores entregados por el software fueron los siguientes:

- **NPS_{seq}**= 90,2 dB
- **NPS_{máx}**= 93,4 dB
- **NPS_{mín}**= 87,1 dB

Cálculo del NPC:

36. **NPS_{seq}** = **90,2 dB(A)**
37. **NPS_{max} - 5 dB** = 93,4 - 5 = **88,4 dB(A)**
38. Se escoge el **mayor: 90,2 dB(A)**
39. Aproximación al entero → **90 dB(A)**

NPC = 90 + 5 = 95 dB

La tercera medición confirma nuevamente niveles muy altos y constantes de presión sonora durante el uso del martillo desabollador, obteniéndose un **NPC final de 95 dB(A)**. Este valor es consistente con las mediciones anteriores, lo que demuestra que esta herramienta es una de las fuentes acústicas más críticas dentro del taller, aportando un nivel significativo de ruido en la zona de desabolladura.

Por último, se realizó la medición exterior del martillo desabollador muestra una reducción significativa del nivel sonoro respecto de las mediciones internas, lo cual es coherente con la distancia y la atenuación propia de la estructura del taller. Tras el incremento inicial asociado al inicio de la actividad, la señal permanece dentro de un rango moderado y estable, con variaciones suavizadas debido a la propagación hacia el exterior.

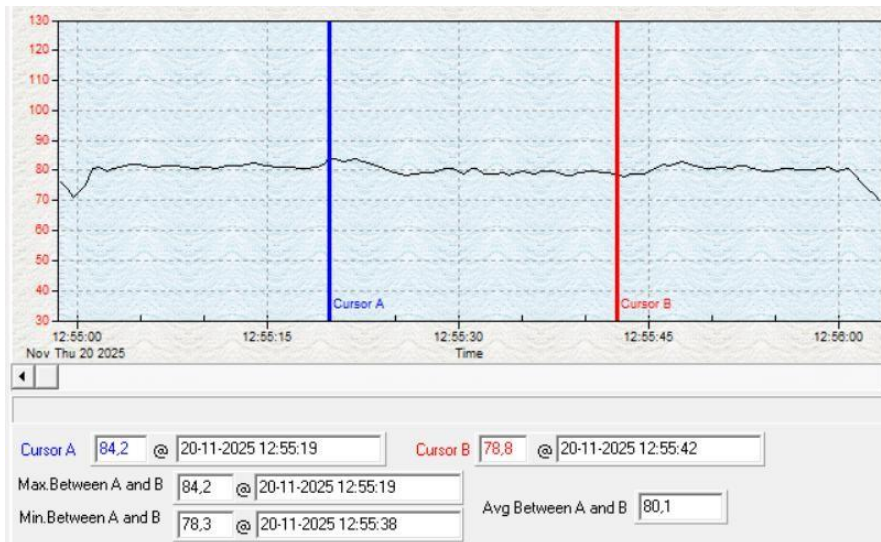


Gráfico 17: Resultados de martillo exterior M4
Fuente: Elaboración propia

Los valores entregados por el software fueron los siguientes:

- **NPSeq= 80,1 dB**
- **NPSmáx= 84,2 dB**
- **NPSmín= 78,3 dB**

Cálculo del NPC:

40. $NPS_{eq} = 80,1 \text{ dB(A)}$
41. $NPS_{max} - 5 \text{ dB} = 84,2 - 5 = 79,2 \text{ dB(A)}$
42. Se escoge el **mayor: 80,1 dB(A)**
43. Aproximación al entero $\rightarrow 80 \text{ dB(A)}$

NPC= 80, no se exige corrección para el exterior.

La medición exterior del martillo desabollador arroja un **NPC de 80 dB(A)**, evidenciando un nivel sonoro apreciable hacia el entorno, aunque considerablemente menor que en las mediciones internas. Este resultado demuestra que, aun con pérdidas por transmisión y distancia, el martillo continúa generando un aporte relevante de ruido fuera del taller.

Las *cuatro mediciones* realizadas al martillo desabollador muestran que esta herramienta genera niveles sonoros elevados y consistentes durante su operación. Las tres mediciones internas (M1, M2 y M3) registraron NPS_{eq} entre 89 y 91 dB(A), confirmando un ruido fluctuante de alta intensidad, producto de golpes repetitivos que, aunque impulsivos en su origen, no fueron captados como picos abruptos por el instrumento. Tras aplicar la corrección correspondiente para mediciones internas, los valores de NPC obtenidos fueron **96 dB(A)**, **95 dB(A)** y **95 dB(A)**, evidenciando una fuente crítica dentro de la zona de desabolladura.

La medición exterior (M4) registró un **NPC de 80 dB(A)**, lo que demuestra una atenuación considerable hacia el entorno, pero manteniendo un nivel sonoro relevante fuera del taller.

En conjunto, los resultados confirman que el martillo desabollador es una de las principales fuentes de ruido del taller, con niveles elevados y sostenidos que impactan tanto el interior como el exterior del recinto.

A continuación, se presentarán las mediciones correspondientes al **sistema de calefacción de la cabina de pinturas**, equipo que opera de forma continua y cuyo comportamiento acústico se clasifica como ruido estable. Estas mediciones permitirán completar la caracterización de todas las fuentes emisoras de ruido presentes en el taller JM Smash Repairs.

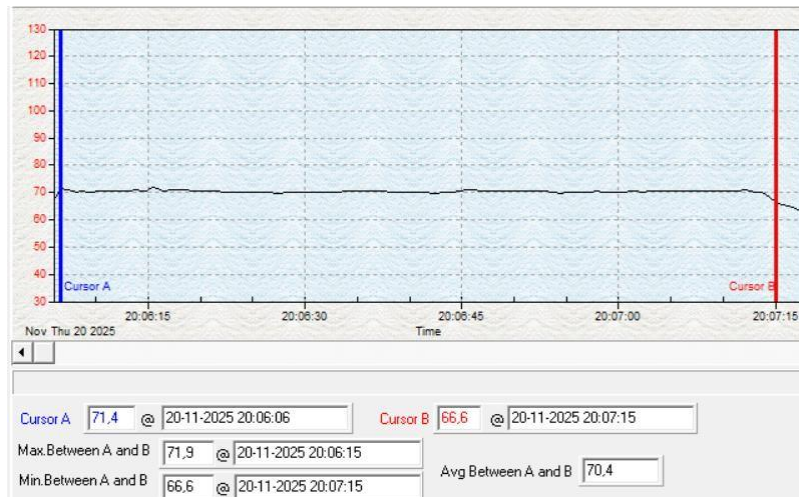


Gráfico 18: Resultados de sistema de calefacción de cabina interior M1
Fuente: Elaboración propia

Los valores entregados por el software fueron los siguientes:

- **NPS_{seq}**= 70,4 dB
- **NPS_{máx}**= 71,9 dB
- **NPS_{mín}**= 66,6 dB

Cálculo del NPC:

44. **NPS_{seq} = 70,4 dB(A)**
45. **NPS_{max} – 5 dB = 71,9 – 5 = 66,9 dB(A)**
46. Se escoge el **mayor: 70,4 dB(A)**
47. Aproximación al entero → **70 dB(A)**

NPC= 70+10= 80 dB

La primera medición de la calefacción evidenció un comportamiento acústico estable, con un NPS_{seq} de 70,4 dB(A) y un nivel máximo de 71,9 dB(A). Tras aplicar el procedimiento del Art. 18 del DS N°38 y considerando que el portón del taller se encontraba cerrado, el valor corregido alcanzó un NPC de 80 dB(A). Estos resultados permiten caracterizar adecuadamente el nivel acústico generado por esta fuente en

condiciones de operación normal. A continuación, se presenta la segunda medición realizada a la calefacción.

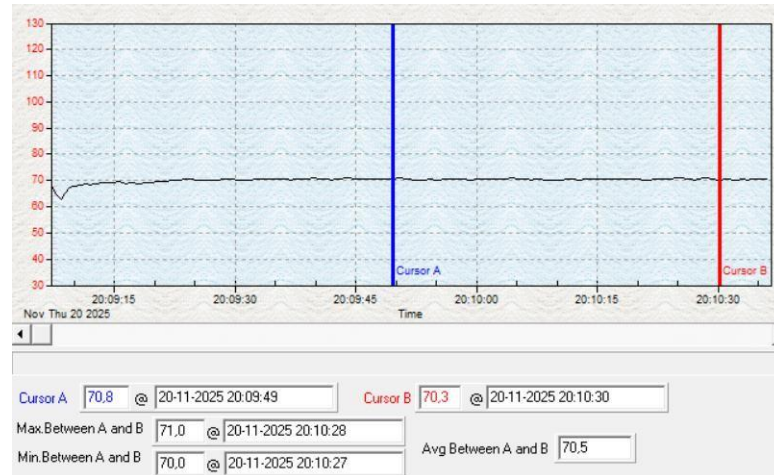


Gráfico 19: Resultados de sistema de calefacción de cabina interior M2
Fuente: Elaboración propia

Los valores entregados por el software fueron los siguientes:

- **NPS_{eq}**= 70,5 dB
- **NPS_{máx}**= 71,0 dB
- **NPS_{mín}**= 70,0 dB

Cálculo del NPC:

48. **NPS_{eq} = 70,5 dB(A)**
49. **NPS_{max} – 5 dB = 71,0 – 5 = 66,0 dB(A)**
50. Se escoge el **mayor: 70,5 dB(A)**
51. Aproximación al entero → **71 dB(A)**

$$\text{NPC} = 71 + 10 = 81 \text{ dB}$$

La segunda medición de la calefacción mostró un comportamiento altamente estable, con un NPS_{eq} de 70,5 dB(A) y un nivel máximo de 71 dB(A). Tras aplicar el procedimiento del Art. 18 del DS N°38 y considerando el portón cerrado, el NPC final

alcanzó los 81 dB(A). A continuación, se presenta la tercera medición correspondiente a esta fuente emisora.

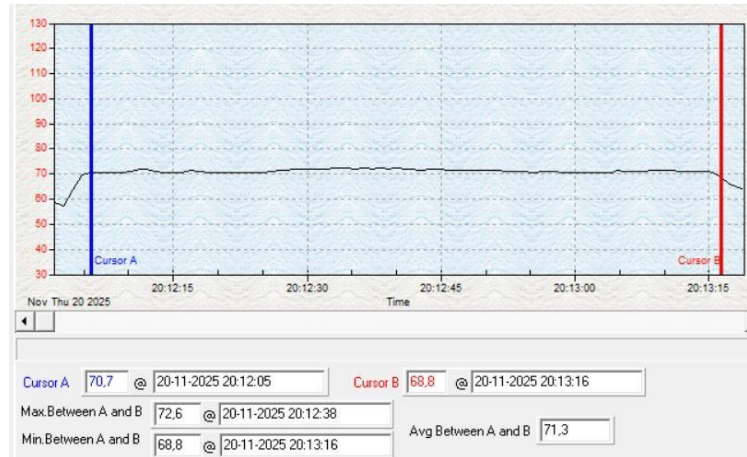


Gráfico 20: Resultados de sistema de calefacción de cabina interior M3
Fuente: Elaboración propia

Los valores entregados por el software fueron los siguientes:

- **NPSeq= 71,3 dB**
- **NPSmáx= 72,6 dB**
- **NPSmín= 68,8 dB**

Cálculo del NPC:

52. NPSeq = **71,3 dB(A)**
53. NPSmax – 5 dB = 72,6 – 5 = **67,6 dB(A)**
54. Se escoge el **mayor: 71, 3dB(A)**
55. Aproximación al entero → **71 dB(A)**

NPC= 71+10= 81 dB

La tercera medición de la calefacción evidenció un comportamiento acústico estable, con un NPSeq de 71,3 dB(A) y un nivel máximo de 72,6 dB(A). Tras aplicar el procedimiento establecido en el Art. 18 del DS N°38 y considerando que el portón del taller permanecía cerrado, el NPC obtenido fue de 81 dB(A). Con esta lectura se

completa la evaluación interna de esta fuente emisora. A continuación, se presenta la cuarta y última medición, correspondiente al registro realizado en el exterior del taller con el fin de determinar su contribución hacia el entorno.

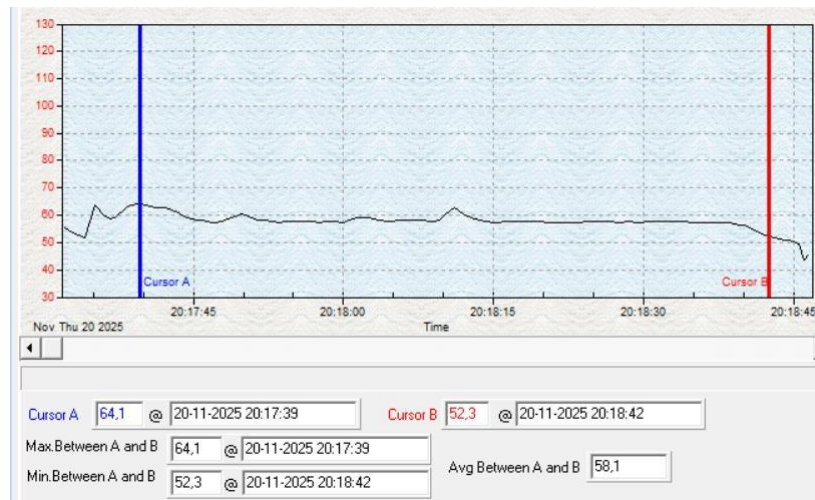


Gráfico 21: Resultados de sistema de calefacción de cabina exterior M4
Fuente: Elaboración propia

Los valores entregados por el software fueron los siguientes:

- **NPS_{eq}**= 58,1 dB
- **NPS_{máx}**= 64,1 dB
- **NPS_{mín}**= 52,3 dB

Cálculo del NPC:

56. **NPS_{eq} = 58,1 dB(A)**
57. **NPS_{max} – 5 dB = 64,1 – 5 = 59,1 dB(A)**
58. Se escoge el **mayor: 59, 1dB(A)**
59. Aproximación al entero → **59 dB(A)**

NPC=59 dB. No aplica corrección ya que es una medición externa.

La medición externa de la calefacción, realizada a 3 metros del portón del taller, registró un NPS_{eq} de 58,1 dB(A), con un nivel máximo de 64,1 dB(A). Tras aplicar el

procedimiento del Art. 18 del DS N°38, el valor corregido fue de 59 dB(A). Esta lectura permite determinar la contribución de la calefacción hacia la comunidad, completando así la caracterización acústica de esta fuente emisora.

En conjunto, las cuatro mediciones realizadas a la calefacción muestran un comportamiento estable y consistente de la fuente. Las tres mediciones internas presentaron NPSeq cercanos a 70–71 dB(A) y, considerando el portón cerrado, alcanzaron NPC entre 80 y 81 dB(A). La medición externa registró un NPC de 59 dB(A), reflejando su nivel de propagación hacia el entorno. Estos resultados permiten caracterizar de manera representativa el impacto acústico de la calefacción en condiciones reales de operación.

1.5.2: EVALUACIÓN DE RUIDO INTERIOR SEGÚN PREXOR Y DS594

Para la evaluación del ambiente acústico interior del taller JM Smash Repairs, se aplicó el marco normativo establecido en el Decreto Supremo N°594/2000 del Ministerio de Salud y el Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido (PREXOR), vigente en Chile para la vigilancia de trabajadores expuestos a ruido.

El DS594, en su Artículo 75, establece que la exposición diaria al ruido no debe superar un Nivel Continuo Equivalente de 85 dB(A) en una jornada de 8 horas, mientras que el PREXOR define un nivel de acción de 80 dB(A), valor a partir del cual el empleador debe implementar medidas de control, capacitación y vigilancia audiométrica.

Considerando los niveles de presión sonora corregidos (NPC) obtenidos en las mediciones internas, se realizó la evaluación normativa para cada una de las fuentes emisoras, lo cual se resume en la Tabla 11.

<i>Fuente emisora</i>	<i>NPC interno dB(A)</i>	<i>Horas de uso [h/dia]</i>	<i>Cumple con PREXOR y DS5G4</i>
Compresor	72	6	SI CUMPLE
Lijadora	92	4	NO CUMPLE
Martillo desabollador	96	5	NO CUMPLE
Sistema de calefaccion de cabina	81	4	NO CUMPLE

Tabla 11: Comparación de NPC interno de cada fuente emisora con el límite del DS N°594 y PREXOR

Fuente: Elaboración propia

Los resultados permiten concluir que las herramientas utilizadas en la zona de desabolladura constituyen la principal condición de sobreexposición al interior del taller. Tanto la lijadora como el martillo desabollador superan el límite de 85 dB(A), definido por el DS594 para una jornada laboral estándar, lo que implica un riesgo directo de hipoacusia ocupacional según PREXOR.

El sistema de secado de la cabina alcanza niveles cercanos a 81 dB(A), situándose sobre el nivel de acción (80 dB(A)), mientras que el compresor de aire presenta valores inferiores a dicho umbral.

De esta manera, el análisis interior evidencia que el ambiente laboral del taller presenta una condición de riesgo para los trabajadores, lo que refuerza la necesidad de implementar medidas de mitigación acústica no solo para cumplir con la normativa ambiental exterior (DS38), sino también para asegurar condiciones seguras de exposición en el interior del recinto.

1.5.3 : COMPARACION CON LOS LIMITES DEL DS N°38/2011

De acuerdo con la normativa vigente establecida en el Decreto Supremo N°38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, el taller JM Smash Repairs se encuentra emplazado

en **Zona III**, lo que implica un **límite máximo diurno de 65 dB(A) NPC** para las emisiones sonoras hacia la comunidad (07:00–21:00 horas).

Con el fin de evaluar el cumplimiento de este límite, se analizaron las **mediciones externas (M4)** de cada una de las fuentes evaluadas, ya que estas representan el nivel de ruido que efectivamente se propaga fuera del taller y puede impactar a los receptores del entorno.

Los resultados externos obtenidos fueron los siguientes:

- Compresor de aire: NPC= 54 dB(A)
- Lijadora circular: NPC= 74 dB(A)
- Martillo desabollador: NPC= 80 dB(A)
- Calefacción de cabina de pinturas: NPC= 59 dB(A)

Al comparar estos valores con el límite normativo de **65 dB(A)**, se observa que **dos de las fuentes evaluadas sobrepasan el valor máximo permitido en horario diurno**. La **lijadora circular** excede el límite en **9 dB(A)**, mientras que el **martillo desabollador** lo supera en **15 dB(A)**, constituyéndose como la fuente con **mayor impacto acústico** hacia la comunidad.

Por otro lado, tanto el **compresor de aire (54 dB(A))** como la **calefacción de la cabina (59 dB(A))** se mantienen **bajo el límite de 65 dB(A)**, por lo que no generan incumplimiento ambiental hacia el exterior del taller.

En síntesis, la comparación con los límites establecidos por el DS N°38/2011 revela que **las herramientas utilizadas en la zona de desabolladura, específicamente la lijadora y el martillo desabollador, constituyen las principales fuentes de riesgo normativo**, ya que sus niveles de emisión externa superan lo permitido para Zona III. Esto evidencia la necesidad de implementar medidas de mitigación orientadas a reducir la propagación del ruido asociado a estas fuentes en particular. A continuación, se presentará la tabla 12 de la *“Comparación de NPC externo de cada fuente emisora con el límite del DS N°38/2011”*

<i>Fuente emisora</i>	<i>NPC externo dB(A)</i>	<i>Limite DS38 Zona III (diurno)</i>	<i>Cumple con DS N° 38/2011</i>
Compresor	54	65	SI CUMPLE
Lijadora	74	65	NO CUMPLE
Martillo desabollador	80	65	NO CUMPLE
Sistema de calefaccion de cabina	59	65	SI CUMPLE

Tabla 12: Comparación de NPC externo de cada fuente emisora con el límite del DS N°38/2011
Fuente: Elaboración propia

La Tabla 12 resume los niveles de presión sonora corregidos (NPC) obtenidos en las mediciones externas para cada fuente del taller. Se identifica claramente que el martillo desabollador y la lijadora circular superan el límite normativo de 65 dB(A) para Zona III en horario diurno, mientras que el compresor y la calefacción de cabina permanecen bajo dicho umbral.

1.5.4 : ANALISIS DE LA LINEA BASE ACUSTICA

La línea base acústica corresponde a la caracterización del comportamiento sonoro del taller JM Smash Repairs en condiciones normales de operación, considerando las mediciones internas y externas realizadas a cada una de las fuentes emisoras. Su objetivo es establecer un diagnóstico integral que permita identificar las áreas críticas del recinto y determinar el nivel de impacto ambiental asociado al funcionamiento del taller.

Los resultados obtenidos muestran que el ambiente interior del taller presenta **niveles elevados de presión sonora**, concentrados principalmente en la zona de desabolladura. En este sector se registraron los valores más altos de NPC, asociados fundamentalmente al **martillo desabollador** (95–96 dB(A)) y a la **lijadora circular** (89–92 dB(A)), los cuales superan ampliamente el resto de las fuentes evaluadas. Estas herramientas generan un ruido fluctuante e intenso, convirtiéndose en los principales aportes sonoros al interior del establecimiento.

Por su parte, el **compresor de aire** y el **sistema de calefacción de la cabina de pinturas** presentaron niveles inferiores, alcanzando NPC internos de 72 dB(A) y entre 80–81 dB(A), respectivamente. Aunque estos equipos contribuyen al ruido general del taller, su impacto es menor en comparación con las herramientas de desabolladura.

En el entorno exterior, la línea base evidencia que solo dos fuentes superan el límite normativo establecido por el DS N°38/2011 para Zona III en horario diurno (65 dB(A)).

La **lijadora circular** registró un NPC externo de 74 dB(A), mientras que el **martillo desabollador** alcanzó 80 dB(A), constituyéndose como las principales fuentes de riesgo ambiental hacia la comunidad. En contraste, el compresor de aire (54 dB(A)) y la calefacción de cabina (59 dB(A)) se mantuvieron bajo el límite permitido.

De esta manera, la línea base acústica permite concluir que las mayores emisiones sonoras del taller provienen del proceso de desabolladura, tanto al interior del recinto como hacia el exterior. Este diagnóstico es fundamental para orientar la propuesta de mitigación, priorizando el control de las fuentes críticas que superan los niveles normativos y que concentran el mayor impacto acústico.

<i>Fuente emisora</i>	<i>NPC externo dB(A)</i>	<i>NPC interno dB(A)</i>	<i>Comportamiento</i>	<i>Fuente crítica</i>
Compresor	54	72	Estable	NO
Lijadora	74	89 - 92	Fluctuante	SI (Externa/interna)
Martillo desabollador	80	95 - 96	Fluctuante / impulsivo	SI (Externa/interna)
Sistema de Calefaccion de cabina	59	80 - 81	Estable	SI (Interna)

Tabla 13: Comparación de NPC externo de cada fuente emisora con el límite del DS N°38/2011
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta en el gráfico 22 una comparativa de los niveles de las fuentes emisoras de ruido.

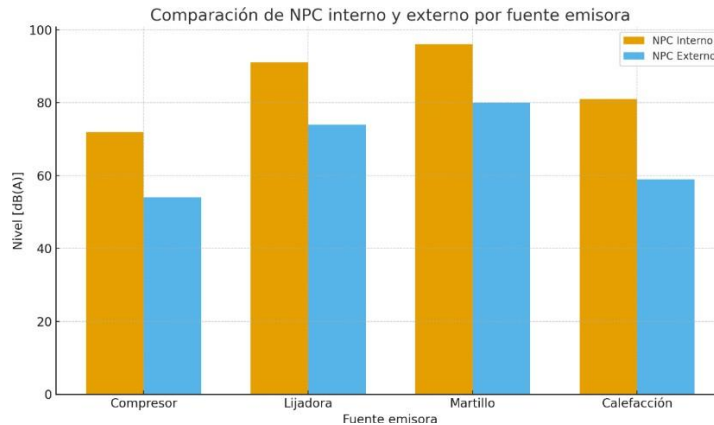


Gráfico 22: Comparación del NPC Interno y Externo de las fuentes emisoras
Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, la línea base acústica demuestra que el comportamiento sonoro del taller está dominado por las herramientas utilizadas en la zona de desabolladura, especialmente el martillo y la lijadora, las cuales concentran los mayores niveles tanto en el interior como hacia la comunidad. Estos resultados permiten definir con claridad las prioridades de intervención acústica en las etapas posteriores del estudio

1.5.5 : MAPA ACUSTICO DEL TALLER

Con el fin de visualizar de manera integral la distribución espacial del ruido al interior del taller JM Smash Repairs, se elaboró un mapa acústico basado en los niveles de presión sonora obtenidos en las mediciones instrumentales. Este mapa permite identificar las zonas de mayor concentración de ruido y diferenciar las áreas críticas asociadas a las fuentes evaluadas. A continuación, se ilustra el mapa acústico.

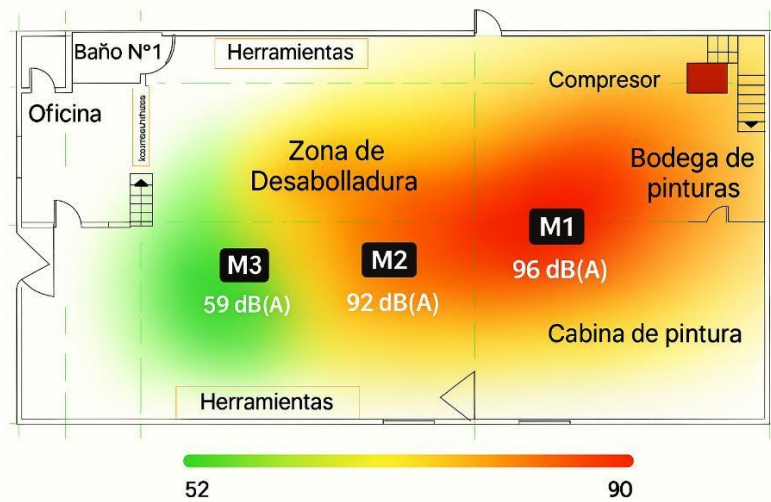


Ilustración 3: Mapa acústico
Fuente: Elaboración propia

El mapa acústico permite visualizar la distribución del ruido en el taller, destacando zonas críticas en la etapa de desabolladura, donde se concentran los niveles más altos (cerca de 96 dB(A)) generados por el martillo y la lijadora. En contraste, las áreas periféricas presentan niveles menores, reflejados en tonalidades verdes. Esta representación confirma que las mayores emisiones se focalizan en la actividad operativa más intensiva, información clave para orientar las medidas de mitigación del capítulo siguiente.

1.6: MEDIDAS INMEDIATAS DE CONTROL DEL RUIDO OCUPACIONAL – USO DE PROTECCIÓN AUDITIVA PERSONAL

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación acústica interior del taller JM Smash Repairs, se constató la existencia de niveles elevados de presión sonora en la zona de desabolladura, con valores de Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC) que alcanzan entre **89 y 96 dB(A)** durante el uso de herramientas como la lijadora circular y el martillo desabollador. Estos niveles superan el valor máximo permitido de **85 dB(A)** establecido por el Decreto Supremo N°594 del Ministerio de Salud para una

jornada laboral de 8 horas, así como el nivel de acción de **80 dB(A)** definido por el Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido (PREXOR).

En este contexto, y considerando que las soluciones de ingeniería orientadas a la reducción del ruido interior requieren planificación, ejecución y recursos económicos, se establece como medida inmediata y obligatoria de control la utilización de **protectores auditivos personales** por parte de los trabajadores expuestos al ruido.

1.6.1 : FUNDAMENTO NORMATIVO

De acuerdo con el DS N°594, el empleador debe implementar medidas de control cuando los niveles de ruido superan los valores permisibles, priorizando las medidas de ingeniería y administrativas. No obstante, cuando estas medidas no pueden aplicarse de forma inmediata o no son suficientes por sí solas, el uso de elementos de protección personal constituye una exigencia obligatoria.

Por su parte, el protocolo PREXOR establece que todo trabajador expuesto a niveles iguales o superiores a **82 dB(A)** debe ingresar a un programa de vigilancia, el cual incluye, entre otras acciones, la provisión y uso obligatorio de protectores auditivos adecuados al nivel de exposición.

1.6.2 : SELECCIÓN DE LA PROTECCIÓN AUDITIVA

Considerando los niveles de ruido medidos en el interior del taller y las características del trabajo realizado, se propone el uso de **protectores auditivos con una atenuación nominal SNR de 31 dB**, los cuales se encuentran disponibles en el mercado nacional y son de uso habitual en ambientes industriales.

Este nivel de atenuación resulta adecuado para enfrentar exposiciones sonoras del orden de **90 a 96 dB(A)**, permitiendo reducir el nivel efectivo percibido por el trabajador a valores cercanos o inferiores a **65 dB(A)**, rango considerado seguro para la salud auditiva en jornadas prolongadas.

La selección de protectores con SNR 31 dB permite además mantener un margen de seguridad frente a variaciones en el uso, ajuste o desgaste del elemento, asegurando una protección efectiva durante la jornada laboral.



Imagen 15: Protector auditivo SNR 31 dB

1.6.3 : ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA MEDIDA

El uso de protección auditiva personal constituye una **medida de control individual**, orientada exclusivamente a la protección de la salud de los trabajadores expuestos al ruido, y no genera una reducción directa del nivel de presión sonora emitido hacia el exterior del recinto. Por esta razón, esta medida no reemplaza las soluciones de control de ingeniería desarrolladas en los capítulos posteriores, sino que actúa como una medida complementaria y de aplicación inmediata.

Asimismo, la efectividad de esta medida depende del correcto uso del equipo, por lo que se hace necesario complementar su implementación con capacitación a los trabajadores respecto a la colocación, mantenimiento y limitaciones de los protectores auditivos.

CAPÍTULO II: PROPONER SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA LA MEJORA ACÚSTICA DEL TALLER DE DESABOLLADURA Y PINTURA AUTOMOTRIZ, CON EL PROPÓSITO DE REDUCIR LOS NIVELES DE RUIDO EMITIDOS HACIA EL ENTORNO, EN CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPREMO N°38 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE DE CHILE.

El presente capítulo desarrolla las soluciones constructivas destinadas a mejorar el aislamiento acústico del taller JM Smash Repairs, en función de los resultados obtenidos en el diagnóstico acústico del Capítulo 1. Para ello, se describen los materiales acústicos relevantes, los principios físicos que justifican su uso y las soluciones constructivas seleccionadas a partir del *Listado Oficial de Soluciones Constructivas de Acondicionamiento Acústico (LOSCAA 2024)* del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Puesto que el taller presenta muros de albañilería ya construidos, carece de cielo suspendido y posee un portón metálico como principal vía de fuga sonora, se seleccionaron soluciones específicas para cada elemento, considerando tanto la normativa aplicable como los fundamentos acústicos necesarios. Asimismo, para el portón, elemento que no posee una solución en los listados oficiales, se formula una propuesta propia, sustentada en la teoría de transmisión sonora y en la Ley de Masa, complementada con las mediciones realizadas en terreno.

2.1 : FUNDAMENTOS ACÚSTICOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO

La selección de soluciones acústicas requiere comprender ciertos fenómenos físicos que determinan el comportamiento del sonido en recintos y cerramientos. A continuación, se presentan los conceptos esenciales para justificar técnicamente las propuestas de mejora.

2.1.1 : FENÓMENOS ACÚSTICOS RELEVANTES

- a) **Reflexión sonora:** Ocurre cuando una onda sonora incide sobre una superficie y rebota, generando un aumento del nivel sonoro dentro del recinto. En talleres industriales, la presencia de superficies rígidas y lisas intensifica la reverberación, lo que incrementa la energía sonora total.



Ilustración 4: Reflexión sonora

- b) **Transmisión de ruido aéreo:** Es el paso del sonido a través de un cerramiento debido a la vibración de este. El ruido aéreo generado por martillos, lijadoras y compresores impacta directamente los muros, cielos y portones del taller.



Ilustración 5: Transmisión de ruido aéreo

- c) **Transmisión de ruido de impacto:** Es aquel ruido que se produce por vibración de una estructura como consecuencia de algún tipo de impacto.



Ilustración 6: Transmisión de ruido de impacto

2.1.2 : LEY DE MASA

La Ley de Masa establece que el aislamiento acústico aumenta a medida que se incrementa la masa superficial del cerramiento.

$$R = 20 \log(f \cdot \delta) - 48$$

Donde:

- **f**: frecuencia (Hz)
- **δ**: masa superficial (kg/m²)

Esto Implica:

- Una superficie **más pesada** → **mayor aislamiento**
- Una **duplicación de la masa** → aumenta aprox. **6 dB**
- Una **duplicación de la frecuencia** → aumenta aprox. **6 dB**

Esta ley es fundamental para justificar:

- Que los **muros de albañilería** cumplen un aislamiento adecuado.
- Que el **portón metálico**, por su baja masa, requiere refuerzo.
- Que la incorporación de **OSB + EPS HD** mejora su TL.

2.2 : TIPOS DE MATERIALES ACÚSTICOS

2.2.1 : MATERIALES ABSORBENTES

Son materiales porosos capaces de convertir la energía sonora en calor mediante fricción interna de sus fibras. Se emplean para disminuir la energía dentro de cavidades o para amortiguar resonancias.

Ejemplos:

- Lana de vidrio
- Lana mineral

- Espuma acústica
- Paneles de poliéster

En este proyecto, la **lana de vidrio** se utiliza en la solución de cielo D.M.M.01.02.



Imagen 16: Lana de vidrio- Material absorbente

2.2.2 : MATERIALES AISLANTES O DE MASA

Bloquean el paso del sonido gracias a su peso y rigidez superficial. Se usan para incrementar la capacidad de aislamiento de un cerramiento.

Ejemplos:

- Albañilería
- Hormigón
- Placas OSB
- Planchas de yeso-cartón
- Poliestireno de alta densidad (EPS HD)

La función de estos materiales es clave para reforzar el portón.



Imagen 17: Poliestireno expandido- Material aislante

2.2.3 : MATERIALES RESONADORES

Son elementos diseñados para absorber energía a bajas frecuencias mediante resonancia (panel + cavidad de aire). Se mencionan por completitud teórica, aunque no se emplean directamente en este proyecto.

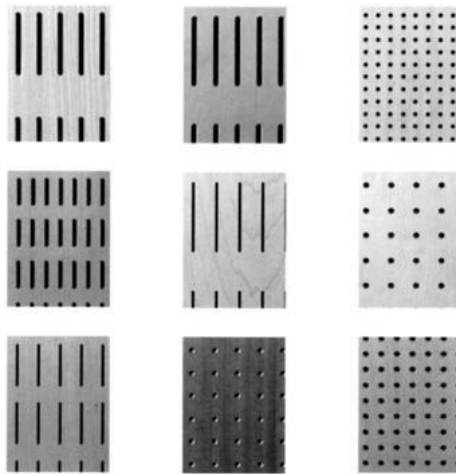


Imagen 18: Material resonador

2.3: SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DEL LISTADO OFICIAL DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DEL MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (ED13) APLICADAS AL TALLER

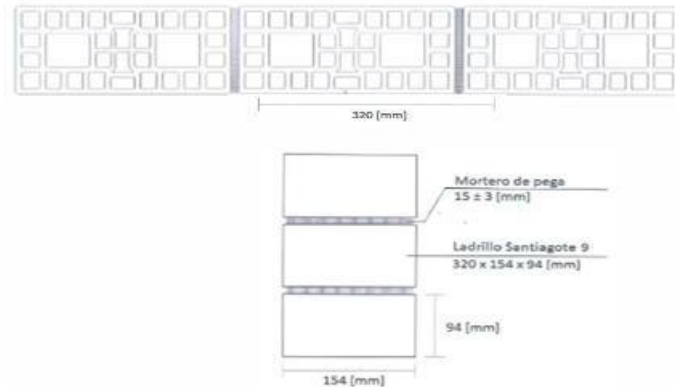
Las soluciones constructivas que se indican en el presente documento constituyen las soluciones inscritas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, de conformidad a lo señalado en el artículo 4.1.6 del D.S. N° 47, (V. y U.), de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). Las soluciones constructivas indicadas en el presente documento han sido elaboradas y respaldadas mediante Informes de Ensayo, realizados por Laboratorios inscritos en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de la Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y por informes de Inspección, realizados por consultores acústicos inscritos en el Registro de Consultores del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Dichos informes se encuentran disponibles para consulta pública en la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

De acuerdo con el listado oficial de soluciones constructivas para el aislamiento acústico, que nos ofrece el ministerio de vivienda y urbanismo se optaran 2 soluciones para el taller.

Esta elección de solución para muro es el **“D.M.L.02.01. Muro de albañilería con ladrillo cerámico hecho a máquina Santiagote 9”**. Este señala que tiene un índice de reducción de 47 dB.

Para el caso de cielo la solución es **“D.M.M.01.02. Divisorio 33x61mm”**. Este señala que tiene una reducción de 49 dB.

2.3.1: MURO EXISTENTE DE ALBAÑILERÍA – (SOLUCIÓN “D.M.L.02.01. MURO DE ALBAÑILERÍA CON LADRILLO CERÁMICO HECHO A MÁQUINA SANTIAGOTE 9”)



**Ilustración 7: Solución “D.M.L.02.01.”
Fuente: Listado oficial MINVU**

El taller ya cuenta con muros de albañilería coincidentes con la solución **D.M.L.02.01 - Muro de albañilería con ladrillo cerámico hecho a máquina Santiagote 9.**

Desempeño acreditado:

Índice de Reducción Acústica Aparente Ponderado	R'w = 48 [dB]
	R'w + C = 47 [dB]
	R'w + Ctr = 46 [dB]

Esto indica que los muros existentes ya poseen un aislamiento adecuado para la naturaleza del recinto y no requieren intervención adicional.

Justificación técnica

- Su masa superficial cumple la Ley de Masa.
- No constituyen la principal vía de fuga sonora.
- Permiten concentrar recursos en cielo y portón.

Detalles

- Muro de albañilería. Estructura: Ladrillos cerámicos hechos a máquina Santiagote 9 de dimensiones 320x154x94 [mm] (largo x ancho x alto), construido con metodología tradicional, es decir, el mortero que cae en las perforaciones es solo el resultado de la presión ejercida por el ladrillo de la hilada superior. El mortero de pega usado tiene dosificación en volumen 1:3 (cemento: arena) con un espesor entre ladrillos de 15±3 [mm]. Revestimiento cara emisora: sin revestimiento. Revestimiento cara receptora: sin revestimiento.

2.3.2: CIELO SUSPENDIDO – (SOLUCIÓN “D.M.M.01.02. DIVISORIO 33X61MM”)

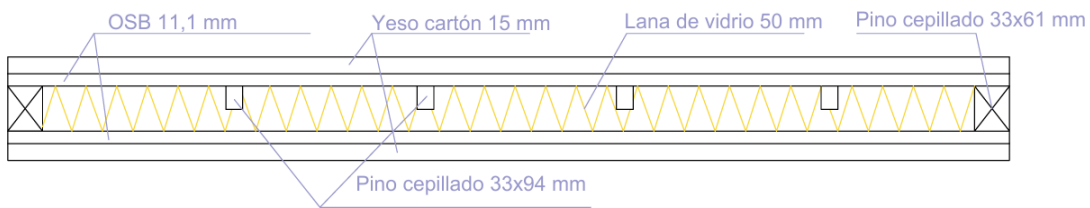


Ilustración 8: Solución “D.M.M.01.02.”
Fuente: Elaboración propia

Actualmente, el taller **no posee cielo**, lo que reduce el aislamiento global y permite la transmisión hacia la cubierta de asbesto.

La solución seleccionada es **D.M.M.01.02 - Divisorio 33×61 mm**, cuyo desempeño es:

Índice de Reducción	$R'w$	= 50 [dB]
Acústica Aparente	$R'w + C$	= 49 [dB]
Ponderado	$R'w + Ctr$	= 47 [dB]

Características:

- Estructura masa-resorte-masa
- Cavidad con lana de vidrio de densidad 11 kg/m³
- Revestimiento doble con yeso y OSB

Justificación técnica

- Atenúa frecuencias emitidas por martillo (96 dB) y lijadora (92 dB).
- Reduce la transmisión hacia exteriores superiores.
- Es la intervención más significativa en el aislamiento global.

Detalles

- Muro de entramado ligero de madera de pino cepillado con soleras de 33x94 [mm] y pies derechos de 33x61 [mm]. Estructura: Estructura de pino cepillado con soleras de 33x94 [mm] y pies derechos de 33x61 [mm] instalados en trebolillo cada 40 [cm]. Revestimiento cara emisora: placa de yeso cartón ER de 15 [mm] sobre placa de OSB de 11,1 [mm]. Revestimiento cara receptora: placa de yeso cartón ER de 15 [mm] sobre placa de OSB de 11,1 [mm]. Cavity interior: de espesor 94 [mm], rellena con lana de vidrio en rollo de densidad 11 [kg/m³] y espesor 50 [mm], de forma continua rodeando las piezas estructurales.

La solución constructiva **D.M.M.01.02 – Divisorio 33×61 mm**, originalmente diseñada para muros divisores, se utiliza en el presente proyecto como **referencia técnica adaptada para su aplicación en cielo**, bajo un criterio de analogía constructiva y acústica. Esta adaptación se justifica en que el comportamiento frente a la transmisión de ruido aéreo depende principalmente de la **masa, estratigrafía y presencia de material absorbente**, y no exclusivamente de la orientación del elemento.

El sistema está constituido por un **entramado ligero de madera de pino cepillado**, con soleras de **33×94 mm** y pies derechos de **33×61 mm**, dispuestos en trebolillo cada **40 cm**. Considera revestimientos en ambas caras mediante **placa de yeso cartón ER de 15 mm sobre placa OSB de 11,1 mm**, y una **cavidad interior de 94 mm** rellena con **lana de vidrio** de densidad **11 kg/m³** y espesor **50 mm**, instalada de forma continua.

2.4: PUERTA ACÚSTICA ABATIBLE DE DOS HOJAS TIPO SÁNDWICH (ZINC + LANA MINERAL + ZINC) CON VISOR CENTRAL DE TERMOPANEL ACÚSTICO 3+3 / 12 / 6 mm.

Se propone diseñar un **portón acústico abatible de dos hojas**, destinado a cerrar un vano de gran tamaño (12 m²). La solución se plantea como un sistema **tipo sándwich** de alta estanqueidad, combinando **masa + resorte + masa**, con el objetivo de mejorar el aislamiento acústico global del cerramiento y reducir fugas sonoras por juntas.

Cada hoja incorpora un **visor central con vidrio termopanel acústico 3+3 / aire 12 mm / float 6 mm**, que permite la entrada de luz natural al recinto sin comprometer la eficiencia acústica de la solución.

Detalle de la ventana termopanel:

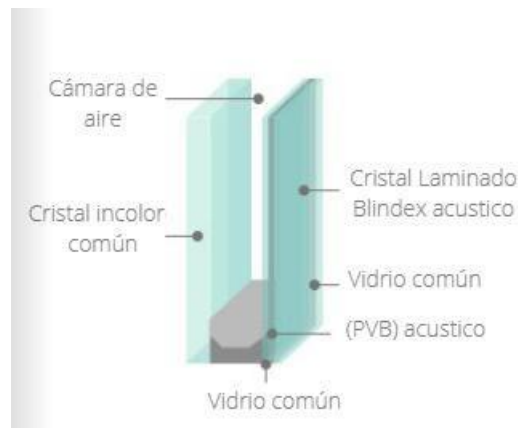


Ilustración 9: Detalle ventana termopanel 3+3/12/6 mm

Cristal 1: Blindex acústico 3+3 mm

Espacio: Cámara de aire de 12 mm

Cristal 2: Float 6 mm

Detalle de la puerta:

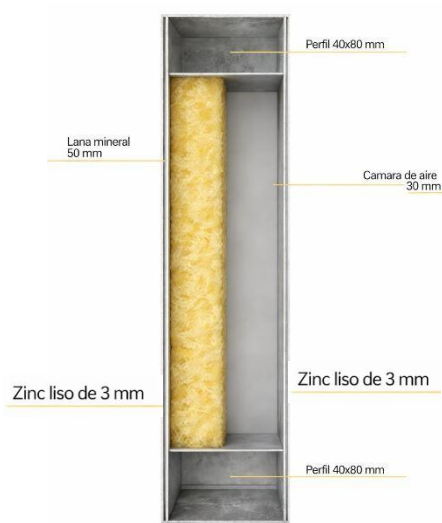


Ilustración 10: Detalle puerta

Revestimiento exterior: Zinc liso 3mm

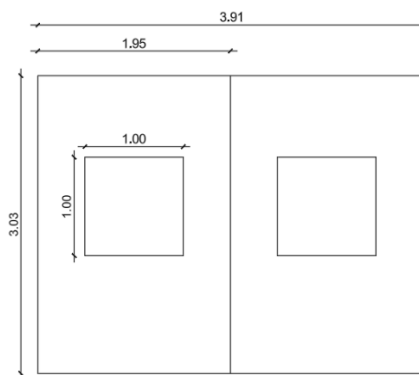
Aislación: Lana mineral de 50 mm

Espacio: cámara de aire de 30 mm

Revestimiento interior: Zinc liso 3mm

Estructura: Perfiles de 40x80 mm

Detalle de la solución:



Plano 11: Detalle puerta con visor

Fuente: Elaboración propia

Visualización de la solución:

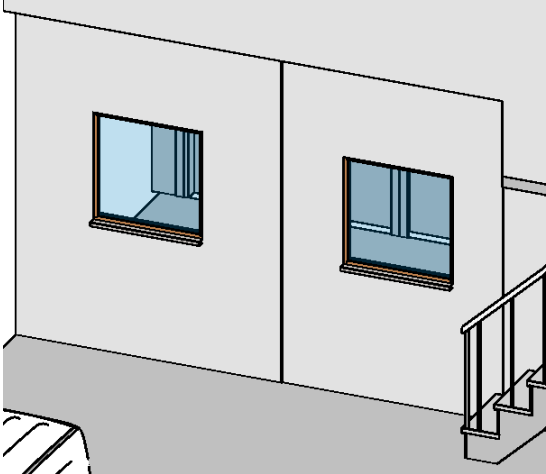


Imagen 19: Puerta cerrada

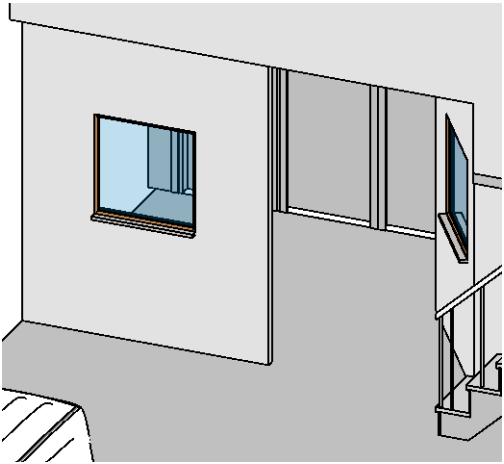


Imagen 20: Puerta semi abierta
Fuente: Elaboración propia

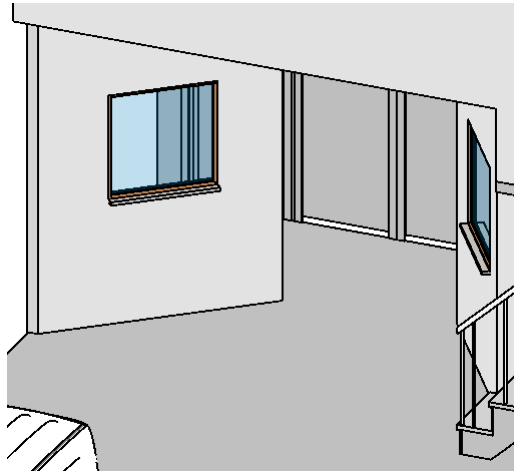


Imagen 21: Puerta abierta
Fuente: Elaboración propia

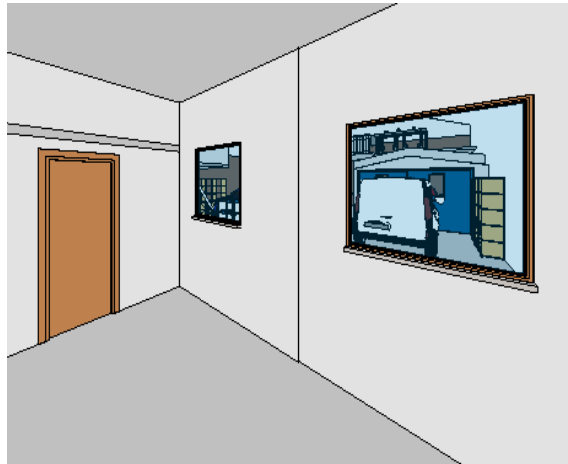
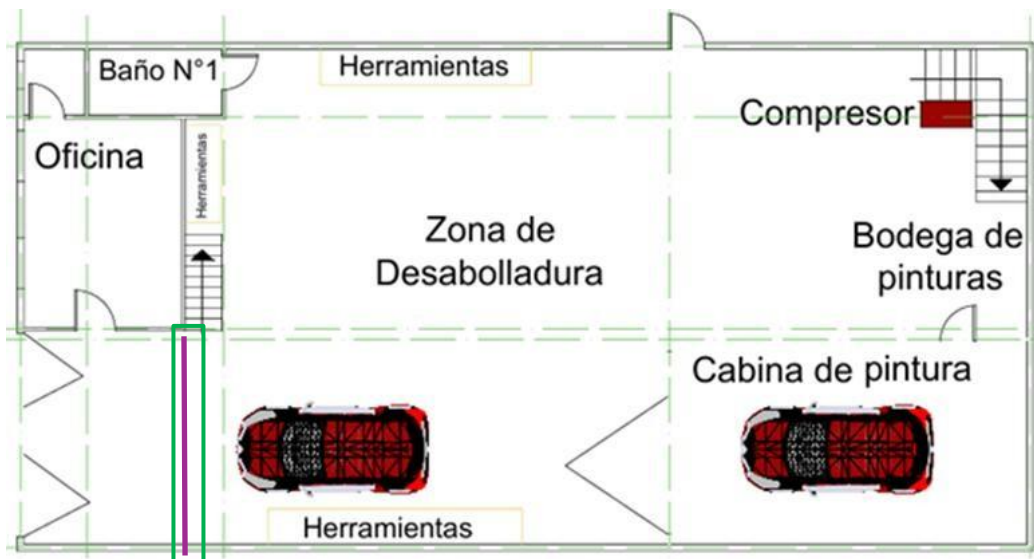


Imagen 22: Puerta cerrada vista desde zona de administración
Fuente: Elaboración propia



Imagen 23: Solución puerta
Fuente: Elaboración propia



Plano 12: Referencia donde se ubicará la solución de puerta
Fuente: Elaboración propia

2.4.1 : LEY DE MASA

Según Estellés Díaz, R., & Fernández Rodeiro, A. (2005–2010). *Aislación Acústica*, La ley de masa establece que el aislamiento acústico R de un elemento homogéneo y continuo depende principalmente de su masa superficial m y de la frecuencia f del sonido incidente. Para el caso del vidrio, al tratarse de un material rígido, homogéneo y sin poros, es perfectamente válido aplicar la ley de masa.

$$R = 20 \log_{10}(f \cdot \delta) - 48 \quad [\text{dB}]$$

donde:

- f = frecuencia (Hz)
- δ = masa superficial del elemento (kg/m^2)

Esta expresión muestra que el aislamiento aumenta 6 dB cada vez que se duplica la masa o la frecuencia.

2.4.1.1 : AISLAMIENTO DE LA PUERTA ZINC+LANA MINERAL+ZINC (LEY DE MASA)

ZINC-LANA MINERAL-ZINC			
Datos		Formula	
F	500 Hz	$R=20\log_{10}(m \cdot f)-48$	
Densidad acero	7850 Kg/m^3		
Densidad lana mineral	70 Kg/m^3		
Densidad acero	7850 Kg/m^3		
Espesor acero	0,003 m		
Espesor EPS	0,05 m		
Espesor acero	0,003 m		
m(acero)	23,55 Kg/m^2		
m(EPS)	3,5 Kg/m^2		
m(OSB)	23,55 Kg/m^2		
			R(Zinc)= 33,42 dB
			R(EPS)= 16,86 dB
			R(OSB)= 33,42 dB

Tabla 14: Ley de masa puerta Zinc-Lana.Zinc
Fuente: Elaboración propia

Con la Ley de Masa se estimó el índice de reducción sonora (R) de cada hoja por separado, usando la expresión $R = 20 \log_{10}(m \cdot f) - 48$ a $f = 500 \text{ Hz}$, donde m es la masa superficial [kg/m^2] obtenida a partir de la densidad y el espesor de cada

material.

Los resultados muestran que los elementos **más pesados por m²** aportan mayor atenuación: las **planchas de zinc/acero de 3 mm** ($m \approx 23,55 \text{ kg/m}^2$) alcanzan **R \approx 33,4 dB**, mientras que la **lana mineral de 50 mm** ($m \approx 3,5 \text{ kg/m}^2$) entrega un valor menor (**R \approx 16,9 dB**) por su **baja masa**, aun cuando cumple un rol clave como **absorbente** dentro de la cámara.

Cabe destacar que estos valores corresponden a un **comportamiento ideal de panel simple**; el desempeño real del sistema **tipo sándwich (zinc–lana–zinc)** se evalúa considerando el **conjunto completo**, incluyendo efectos de **doble hoja, cámara y frecuencia de resonancia**.

2.4.1.2 : AISLAMIENTO DE LA VENTANA TERMOPANEL 3+3/12/6 MM (LEY DE MASA)

Vidrio-Espacio-Vidrio			
Datos			Formula
F	500	Hz	R=20log10(m*f)-48
Densidad Vidrio	2500	Kg/m ³	
Densidad Vidrio	2500	Kg/m ³	R(vidrio)= 29,50 dB
Espesor Vidrio	0,006	m	
Espesor vidrio	0,006	m	R(vidrio)= 29,50 dB
m(vidrio)	15	Kg/m ²	
m(vidrio)	15	Kg/m ²	

Tabla 15: Ley de masa ventana termopanel
Fuente: Elaboración propia

A partir de la **Ley de Masa** se estimó el índice de reducción sonora **R** para **cada hoja de vidrio** del sistema “**vidrio–espacio–vidrio**”, utilizando una frecuencia de referencia **f = 500 Hz**. La masa superficial de cada cristal se calculó en función de su densidad y espesor, obteniéndose **m \approx 15 kg/m²** para cada vidrio de **6 mm**, lo que entrega un valor aproximado de **R \approx 29,5 dB** por hoja.

Estos resultados permiten evidenciar que el aislamiento acústico del vidrio, en primera aproximación, depende principalmente de su **masa por unidad de superficie**. Sin

embargo, al tratarse de un **sistema doble (termopanel)**, el desempeño real no se define solo por la ley de masa individual, sino que debe complementarse con el análisis de **doble hoja**, considerando la **cámara de aire**, la **frecuencia de resonancia** y el comportamiento conjunto del termopanel.

2.4.2 : FRECUENCIA DE RESONANCIA DE LA SOLUCION DE DISEÑO

Cuando un cerramiento está compuesto por **dos hojas separadas por una cámara** (aire o material absorbente), el sistema no se comporta como una placa única, sino como un conjunto **masa–resorte–masa**. En este tipo de soluciones aparece una **frecuencia característica**, llamada **frecuencia de resonancia (f_0)**, en la cual ambas hojas tienden a vibrar de forma acoplada y, como consecuencia, el **aislamiento acústico disminuye** de manera temporal en esa zona de frecuencias.

En este trabajo, el concepto se aplicará a dos elementos del diseño:

1. el **vidrio termopanel**, donde las dos hojas de vidrio están separadas por una **cámara de aire**, y
2. el **panel tipo sándwich zinc–lana mineral–zinc**, donde dos planchas metálicas están separadas por una **capa de lana mineral** (que actúa como separador y amortiguador).

El cálculo de f_0 permitirá **verificar** que la resonancia del sistema quede **fuera de las bandas más críticas** del ruido a controlar (por ejemplo, voz, herramientas y maquinaria), y además servirá como base para justificar que la incorporación de cámara/absorbente mejora el desempeño del cerramiento al **reducir el acoplamiento** entre hojas y amortiguar vibraciones internas.

2.4.2.1 : FRECUENCIA DE RESONANCIA DE LA VENTANA TERMOPANEL DE 3+3/12/6 MM

Para el caso del vidrio termopanel (ventana/visor), la frecuencia de resonancia f_0 se determinará considerando el sistema como **dos cristales separados por una cámara de aire**, el cual se comporta como un conjunto **masa–resorte–masa**. En este escenario, la **separación entre vidrios (L)** actúa como el “resorte” del sistema, mientras que los **espesores de cada vidrio (d_1 y d_2)** representan las “masas” que vibran. Con el fin de evaluar el desempeño del termopanel en el rango de frecuencias de interés, se utilizará la siguiente expresión, que permite estimar f_0 y verificar que dicho valor no coincida con la banda de ruido que se desea atenuar.

$$f_0 \cong 1150 \sqrt{\frac{d_1 + d_2}{L \cdot d_1 \cdot d_2}}$$

(donde d_1 y d_2 son los espesores de los cristales, y L la separación entre ellos, todos en mm) no esté en la banda de frecuencia que se quiere aislar. Por ejemplo, si se quiere aislar la voz, debería ser $f_0 < 80$ Hz.

Calculo frecuencia de resonancia del visor:

<i>Datos</i>		
Espesor Vidrio	6	mm
Espesor vidrio	6	mm
L	12	mm
F0=	192	Hz

Tabla 16: Frecuencia de resonancia ventana termopanel (visor)
Fuente: Elaboración propia

Aplicando la expresión para sistemas vidrio–espacio–vidrio, se obtuvo una frecuencia de resonancia aproximada de $f_0 = 192$ Hz, valor que identifica la zona de menor aislamiento acústico del sistema, asociada al acoplamiento dinámico entre ambos vidrios a través de la cámara de aire.

2.4.2.2 : FRECUENCIA DE RESONANCIA DE LA PUERTA ZINC-LANA-ZINC

Para determinar la **frecuencia de resonancia (f_0)** de la puerta **zinc-lana mineral-zinc**, se considerará que el cerramiento funciona como un sistema **de doble hoja** (dos planchas de zinc) separadas por un “resorte” equivalente, dado por el **espesor de la capa intermedia** (lana mineral y/o la cámara asociada). En este tipo de configuración, existe una frecuencia característica en la que ambas hojas tienden a vibrar de manera acoplada, provocando una **disminución del aislamiento acústico** alrededor de ese rango.

Por lo anterior, se utilizará la siguiente expresión para estimar f_0 a partir de la **separación entre hojas (L)** y de las **masas superficiales (δ_1 y δ_2)** de cada plancha de zinc. Con este resultado se verificará que la resonancia quede **fuera de las bandas de mayor interés** del ruido a controlar y se justificará el aporte de la lana mineral como elemento que **amortigua** la vibración y mejora el comportamiento del sistema en frecuencias medias y altas.

$$f_0 = 84 \sqrt{\frac{\delta_1 + \delta_2}{L \delta_1 \delta_2}}$$

donde

L : distancia entre ambas paredes [m]

δ_1 : densidad superficial de la pared 1 [kg/m^2]

δ_2 : densidad superficial de la pared 2 [kg/m^2]

Calculo frecuencia de resonancia de la puerta:

Puerta Zinc-Lana-Zinc		
Datos		
Densidad acero	7850	Kg/m ³
Densidad lana mineral	70	Kg/m ³
Densidad acero	7850	Kg/m ³
Espesor acero	0,003	m
Espesor Lana	0,05	m
Espesor acero	0,003	m
masa(acero)	23,55	Kg/m ²
masa(Lana)	3,5	Kg/m ²
masa(acero)	23,55	Kg/m ²
L	0,05	m

F0= 10G Hz

Tabla 17: Frecuencia de resonancia puerta
Fuente: Elaboración propia

Aplicando la expresión para sistemas Zinc–Lana–Zinc, se obtuvo una frecuencia de resonancia aproximada de $f_0 = 109\text{Hz}$, valor que identifica la zona de menor aislamiento acústico del sistema.

2.4.3: AISLAMIENTO ACUSTICO TOTAL DE LA PUERTA ACÚSTICA ABATIBLE DE DOS HOJAS TIPO SÁNDWICH (ZINC + LANA MINERAL + ZINC) CON VISOR CENTRAL DE TERMOPANEL ACÚSTICO 3+3 / 12 / 6 MM.

Para estimar el **aislamiento acústico total (R)** de la puerta propuesta, se considerará el comportamiento del cerramiento como un **sistema de doble hoja** (dos masas) separado por una **cámara** equivalente, correspondiente al espesor del núcleo **lana mineral / separación**. En este tipo de configuración, el aislamiento global no se obtiene sumando directamente los valores individuales, ya que depende del **acoplamiento entre hojas** y del régimen de frecuencia en que se evalúe el sistema.

Por ello, el cálculo se realizará combinando los índices de reducción sonora de cada hoja (R_1 y R_2 , obtenidos previamente por ley de masa para las planchas de zinc y el termopanel, según corresponda), incorporando una corrección asociada a la **separación L** y a la **frecuencia de análisis f**. La expresión distingue dos casos: **frecuencias bajas**, donde la separación influye de forma más significativa, y **frecuencias medias–altas**, donde el sistema tiende a comportarse como doble hoja desacoplada y se agrega una mejora aproximada constante. Esta metodología permitirá obtener una aproximación del **R total** de la puerta acústica, considerando tanto el **panel sándwich** como el efecto del **visor central de termopanel acústico**.

2.4.3.1 : AISLAMIENTO DEL SISTEMA DOBLE DE LA PUERTA ZINC-LANA-ZINC

$$R \cong \begin{cases} R_1 + R_2 + 20 \log \frac{4\pi f L}{c} & \text{si } f < \frac{c}{2\pi L} \\ R_1 + R_2 + 6 \text{ dB} & \text{si } f > \frac{c}{2\pi L} \end{cases}$$

Utilizaremos la primera expresión, ya que, nuestra frecuencia es de 109 Hz la más desfavorable y es menor a 1092.

ZINC-LANA-ZINC		
Datos		
F	109	Hz
R1(Zinc)	33,42	dB
R1(Zinc)	33,42	dB
c	343	m/s
L	0,05	m

Si $F < 10G2$

$$R = 53 \text{ dB}$$

Tabla 18: Aislamiento del sistema doble Zinc-Lana.Zinc
Fuente: Elaboración propia

El cálculo del **aislamiento acústico total** para el sistema **zinc-lana mineral-zinc** arrojó un valor de **R = 53 dB**. Este resultado indica que, bajo las condiciones de análisis consideradas, el panel tipo sándwich posee una **alta capacidad de atenuación sonora**, ya que la combinación de **dos hojas metálicas** con una **capa intermedia absorbente** permite aumentar significativamente el desempeño respecto a una hoja simple.

En términos prácticos, un **R = 53 dB** significa que el cerramiento es capaz de **reducir de forma importante** la transmisión de ruido hacia el exterior/interior, siendo un valor coherente con soluciones de doble hoja donde la **desacoplación entre capas** y la **amortiguación interna** de la lana mineral contribuyen a mejorar el aislamiento global del sistema.

2.4.3.2 : AISLAMIENTO DEL SISTEMA DOBLE DE LA VENTANA TERMOPANEL

También utilizaremos la primera expresión ya que la frecuencia es de 192 dB, lo que es menor a 4551.

VIDRIO TERMOPANEL		
<i>Datos</i>		
F	192	Hz
R1(vidrio)	29,5	dB
R2(Vidrio)	29,5	dB
c	343	m/s
L	0,012	m

Si F < 4551

R=	38	dB
-----------	-----------	-----------

Tabla 19: Aislamiento del sistema doble ventana termopanel
Fuente: Elaboración propia

El cálculo del **aislamiento acústico total** del **vidrio termopanel acústico (3+3 / 12 / 6 mm)** entregó un valor de **R = 38 dB**. Este resultado indica que el termopanel proporciona una **atenuación moderada-alta** del ruido, superior a la que se obtendría con un vidrio simple, debido a la combinación de **dos hojas de vidrio** separadas por

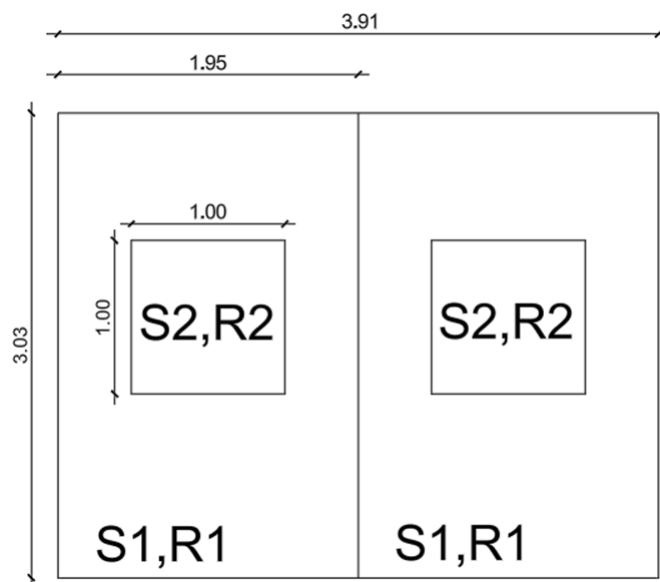
una **cámara de aire**, lo que genera un efecto de **doble hoja** que mejora el desempeño acústico del conjunto.

El valor de aislamiento acústico obtenido mediante el modelo teórico ($R = 38$ dB) se encuentra en concordancia con los antecedentes proporcionados por el fabricante. Según la ficha técnica de Digosa para termopaneles de configuración similar, el sistema presenta una reducción acústica del mismo orden de magnitud, lo cual permite validar el resultado del cálculo. Cabe señalar que el desempeño acústico final dependerá de la correcta ejecución del sistema de puerta, especialmente en lo relativo a sellos perimetrales y control de filtraciones sonoras. En la Figura XX se presenta la ficha técnica proporcionada por el proveedor Digosa, donde se indican las prestaciones acústicas del termopanel considerado.

Termopanel compuesto por	ATENUACIÓN (DB)	
	Espesor (mm)	Ruidos generales (STC)
Termopanel común 6 / 12 / 6	24mm	31
Blindex Acústico 3+3 / Aire 12 / Float 6mm	24,8	38

Figura 5: Extracto de ficha técnica
Fuente: Digosa

2.4.4: PERDIDA DE TRANSMICION COMPUESTA PARA LA PUERTA ACÚSTICA ABATIBLE DE DOS HOJAS TIPO SÁNDWICH (ZINC + LANA MINERAL + ZINC) CON VISOR CENTRAL DE TERMOPANEL ACÚSTICO 3+3 / 12 / 6 MM.



Plano 13: Perdida de transmisión compuesta de la puerta con visor
Fuente: Elaboración propia

Es necesario en estos casos encontrar el índice de reducción equivalente (Req) que: con el área total del cerramiento produzca una reducción acústica igual a la que tendrán en forma combinada los materiales utilizados.

El Req se determina conociendo los (Ri) de los elementos componentes, así como las áreas (Si) de los mismos.

El Req se puede determinar en forma analítica según la ecuación siguiente:

$$\text{Req} = 10 \log_{10} \frac{S_{\text{total}}}{S_1 \cdot 10^{-R_1/10} + \dots + S_n \cdot 10^{-R_n/10}}$$

donde:

S₁: Área del elemento 1

S_n: Área del elemento n

S_{total}: Área total de la partición

R₁: Pérdida de transmisión del elemento 1

R_n: Pérdida de transmisión del elemento n

En nuestro caso nos quedaría así el cálculo:

Elemento	R	unid	Ancho(m)	Alto(m)	Total m2	Si
Vidrio	38	dB	1	1	1	1
Puerta	53	dB	1,95	3,03	5,91	4,91

Req= 45 dB

Tabla 20: Req de la puerta compuesta
Fuente: Elaboración propia

Debido a que la puerta propuesta no es un elemento homogéneo, sino que está compuesta por **dos tipos de cerramiento** (panel sándwich **zinc-lana-zinc** y un **visor central de termopanel acústico 3+3/12/6 mm**), el aislamiento global no puede evaluarse únicamente con el valor de R de un solo material. En estos casos se debe determinar el **índice de reducción equivalente (Req)**, el cual representa la **pérdida de transmisión compuesta** del conjunto, es decir, el **aislamiento único equivalente** que tendría un cerramiento uniforme de igual área total que entregue la misma reducción acústica que la combinación real de elementos.

Para obtener **Req**, se consideran:

- los **índices de reducción sonora (Ri)** de cada componente (panel principal y visor), y
- sus **áreas respectivas (Si)** dentro del total del vano.

El cálculo se realiza mediante una expresión analítica que combina el aporte de cada elemento, donde el componente con **menor R** (en este caso, generalmente el **termopanel**) tiende a condicionar el resultado final, especialmente si su superficie no es despreciable.

En el caso evaluado, al aplicar la ecuación de transmisión compuesta a las áreas y valores R definidos para cada material, se obtuvo un **Req = 45 dB**, valor que representa la capacidad de aislamiento acústico global de la puerta completa (panel + visor) y que será el parámetro utilizado para comparar el desempeño de la solución y su contribución al cumplimiento del criterio acústico del proyecto.

CAPITULO III: VALORIZAR LA PROPUESTA DE MEJORA ACÚSTICA DISEÑADA PARA EL TALLER DE DESABOLLADURA Y PINTURA AUTOMOTRIZ, CON EL PROPÓSITO DE DETERMINAR SU VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA, EN RELACIÓN CON LOS BENEFICIOS ACÚSTICOS OBTENIDOS Y EL CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPREMO N°38 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.

CONTENIDO DEL CAPITULO

En este capítulo se presenta la **valorización de la propuesta de mejora acústica** definida para el taller, con el fin de determinar su **viabilidad técnica y económica** en relación con la **reducción de ruido esperada** y el **cumplimiento del DS N°38**. Para ello, se desarrollan los **metrajes/cubicaciones** de cada intervención, se elaboran los **Análisis de Precios Unitarios (APU)** por solución y se consolida un **presupuesto total** que integra materiales, mano de obra, equipos y partidas complementarias necesarias para una correcta instalación.

Además, se incluye una síntesis de los **beneficios acústicos estimados** asociados a las soluciones propuestas y se vinculan con la **brecha normativa** identificada en la evaluación del taller, estableciendo un criterio de verificación orientado al cumplimiento. Finalmente, se analiza la **factibilidad constructiva** (instalación, sellos, compatibilidad con operación y mantenimiento) y se evalúa la **conveniencia económica** del proyecto a partir del costo total y su relación con el desempeño acústico requerido.

3.1: ANTECEDENTES Y CONDICIONES DE EVALUACION PARA LA VALORIZACION

3.1.1: CRITERIO NORMATIVO APLICADO Y PARAMETROS DE EVALUACION

Para evaluar la pertinencia de la propuesta de mejora acústica, el criterio de referencia corresponde al **Decreto Supremo N°38/2011**, el cual regula las **emisiones de ruido hacia la comunidad** mediante la determinación del **Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC)**. En el informe se establece que el taller se evalúa bajo condición de

Zona III y, para el período diurno (**07:00–21:00 h**), el **límite normativo** a comparar es de **65 dB(A)**.

En coherencia con la metodología desarrollada en el estudio, el **NPC** se obtiene a partir de los registros entregados por el software del sonómetro (**NPSeq**, **NPSmáx** y **NPSmín**), aplicando el criterio definido en el DS38 (selección del mayor entre **NPSeq** y **NPSmáx – 5**). Para las mediciones exteriores, el informe señala que **no se aplican correcciones adicionales**, por lo que el NPC final corresponde directamente al valor calculado en exterior.

3.1.2: LINEA BASE ACUSTICA EXTERIOR Y BRECHA DE CUMPLIMIENTO (DS38)

La línea base del informe identifica y cuantifica el aporte hacia el exterior de las principales fuentes del taller mediante mediciones en el punto exterior (M4). Los resultados externos obtenidos fueron:

- **Compresor de aire: NPC = 54 dB(A)**
- **Lijadora circular: NPC = 74 dB(A)**
- **Martillo desabollador: NPC = 80 dB(A)**
- **Sistema de calefacción cabina de pinturas: NPC = 59 dB(A)**

Al comparar con el límite diurno **65 dB(A)**, se concluye que **solo dos fuentes generan incumplimiento ambiental**:

- **Lijadora: 74 dB(A) → excede en +9 dB**
- **Martillo: 80 dB(A) → excede en +15 dB**

En cambio, **compresor (54 dB(A))** y el **sistema de calefacción (59 dB(A))** se mantienen bajo el límite, por lo que no representan la condición crítica para el cumplimiento DS38.

3.1.3: IMPLICANCIAS TECNICAS DE LA LINEA BASE PARA LA VALORIZACION

La información anterior define el foco de la propuesta: las intervenciones deben concentrarse en los elementos del cerramiento y/o control de transmisión que permitan **reducir la salida de ruido** asociada principalmente a **martillo y lijadora**, ya que son las fuentes que dominan la brecha normativa en exterior.

Adicionalmente, el informe sostiene que:

- El **taller actualmente no posee cielo**, lo que disminuye el aislamiento global y favorece la transmisión hacia la cubierta, razón por la cual el cielo suspendido se considera una intervención relevante.
- Los **muros existentes** corresponden a albañilería con desempeño acreditado, por lo que **no constituyen la vía principal de fuga sonora** y no se priorizan dentro de las partidas a valorizar.
- El **portón/puerta** se considera un punto sensible por ser un elemento de cerramiento con potenciales **fugas** y menor capacidad de aislamiento si no se diseña/ejecuta correctamente, justificando su diseño acústico y su consideración en el presupuesto.

3.1.4: SOLUCIONES CONSIDERADAS EN EL PRESUPUESTO Y SU DESEMPEÑO DE REFERENCIA

En función del diagnóstico del informe, la valorización del Capítulo 3 se concentrará en las soluciones propuestas que aportan directamente al cumplimiento DS38:

a) Muro existente (no se valoriza adicional), Se identifica que el recinto ya cuenta con muros coincidentes con la solución **D.M.L.02.01**, con **índice de reducción**

indicado en el informe de **47 dB**. En consecuencia, se justifica que los muros **no requieren intervención**, permitiendo concentrar recursos en cielo y portón.

b) cielo suspendido (si se valoriza), Se selecciona la solución **D.M.M.01.02**, con reducción indicada en el informe de **49 dB**, destacando su configuración tipo **masa–resorte–masa**, cavidad con **lana de vidrio (11 kg/m³)** y revestimiento doble (**yeso + OSB**). En el informe se justifica como una de las intervenciones más significativas del aislamiento global, al actuar sobre la transmisión superior del recinto y aportar a la atenuación asociada a las herramientas críticas.

c) Puerta acústica abatible de dos hojas (si se valoriza), Se propone diseñar un cerramiento tipo sándwich (**zinc + lana mineral + zinc**) con **visor central de termopanel acústico 3+3 / 12 / 6 mm**. En el informe se desarrolla su evaluación teórica (ley de masa, resonancia y transmisión compuesta) y se incluyen valores de referencia para la valorización:

- Panel sándwich: desempeño estimado del orden de **R ≈ 53 dB**.
- Visor termopanel: desempeño estimado del orden de **R ≈ 38 dB**. Dado que es un elemento compuesto, se establece la necesidad de considerar el **aporte combinado (Req)** según áreas de cada componente, además de incorporar partidas de **sellos/estanqueidad y herrajes**, ya que las fugas por juntas pueden reducir significativamente el desempeño real.
- Y en conjunto un desempeño de **R ≈ 45 dB**.

3.1.5: CRITERIO DE “BENEFICIO ACÚSTICO” PARA LA EVALUACIÓN DE VIABILIDAD

Para vincular costos con resultados (viabilidad económica), el beneficio acústico se expresará como la **reducción requerida de NPC exterior** respecto del límite de **65 dB(A)**. En base a la línea base:

- La propuesta debe ser capaz de cubrir una brecha mínima de **9 dB** (lijadora) y **15 dB** (martillo) en condición exterior, ya sea mediante mayor aislamiento del cerramiento intervenido y/o control de fugas.

Con esto, el capítulo queda preparado para pasar a la cubicación, APU y presupuesto, orientados a medir si la inversión es coherente con el nivel de reducción exigido por DS38.

3.2: METODOLOGIA DE VALORIZACION DE LA PROPUESTA

La valorización económica de la propuesta se desarrolla mediante un procedimiento ordenado que permite transformar el diseño acústico (soluciones constructivas definidas en el capítulo anterior) en un **presupuesto total de inversión**, considerando tanto los **costos directos** como los **costos indirectos** necesarios para su correcta ejecución. La metodología aplicada se estructura en los siguientes apartados:

3.2.1: ALCANCE DE LA VALORIZACION Y CRITERIO “INSTALABLE”

La valorización considera las soluciones que inciden directamente en la reducción de la transmisión sonora hacia el exterior y, por lo tanto, en el cumplimiento del **DS N°38**. Para asegurar coherencia técnica, se valorizan partidas con enfoque “instalable”, es decir, incluyendo no solo el material principal, sino también los elementos indispensables para que el sistema funcione acústicamente.

Este alcance permite que el costo final represente una intervención ejecutable y no solo una suma de materiales.

3.2.2: ELABORACION DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)

En este apartado se construyen los **APU** de las soluciones que forman parte de la propuesta, con el fin de obtener el **costo directo unitario** (por m²,) y luego consolidarlo en el presupuesto del capítulo. La valorización se centra en las intervenciones priorizadas en tu propuesta: **cielo suspendido** (por ausencia de cielo actual) y **puerta acústica abatible de dos hojas** con visor de termopanel acústico.

3.2.2.1 : APUS DEL CIELO

Se valoriza la ejecución de un **cielo suspendido** basado en la solución **D.M.M.01.02 – Divisorio 33×61 mm**, seleccionada por su comportamiento tipo **masa–resorte–masa**, con **lana de vidrio (11 kg/m³)** y **revestimiento doble (yeso + OSB)**. La memoria justifica esta partida porque actualmente el taller **no posee cielo**, lo que disminuye el aislamiento global y favorece la transmisión hacia la cubierta; además, se indica que es una de las intervenciones más significativas para atenuar ruido asociado a martillo y lijadora.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
A.P.U	Entramado de Cielo	Unidad	m2
Proyecto	Aislación taller Jm Smash Repairs	Cantidad:	1

A MATERIALES					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Madera pino cepillado 33x61 mm x 3,2 m Pie derecho	pieza	1,00	\$ 2.130	\$ 2.130
2	Madera pino cepillado 33x94 mm Solera	pieza	0,66	\$ 2.580	\$ 1.703
3	Clavo corriente 4", balde de 15 kg	Balde	0,006	\$ 26.945	\$ 162
4	Perdidas	%	5		\$ 200
Total A					\$ 4.1G4

B MAQUINAS Y EQUIPOS					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Desgaste de Herramientas	%	5		\$ 210
Total B					\$ 210

C MANO DE OBRA					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	1 MAESTRO + 1 AYUDANTE	Dia	0,04	\$ 50.000	\$ 2.000
Sub Total C					\$ 2.000

30% Leyes Sociales \$ 600
Total C \$ 2.600

D.- Total costo directo (A+B+C)	\$ 7.004
--	-----------------

Tabla 21: Análisis de precio unitario- entramado de cielo
Fuente: Elaboración propia

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
A.P.U	<i>Aislación - Lana de vidrio</i>	Unidad	<i>m2</i>
Proyecto	<i>Aislación taller Jm Smash Repairs</i>	Cantidad:	<i>1</i>

A MATERIALES					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Lana de vidrio 94 mm densidad 11 Kg/m3	rollo	0,035	\$ 49.990	\$ 1.736
2	Perdidas	%	5		\$ 87
Total A					\$ 1.823

B MAQUINAS Y EQUIPOS					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Desgaste de Herramientas	%	5		\$ 91
Total B					\$ G1

C MANO DE OBRA					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	1 Jornalero	Dia	0,01	\$ 20.000	\$ 200
Sub Total C					\$ 200

30% Leyes Sociales \$ 60
Total C \$ 260

D.- Total costo directo (A+B+C)	\$ 2.174
--	-----------------

Tabla 22: Análisis de precio unitario- lana de vidrio
Fuente: Elaboración propia

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
A.P.U	<i>Revestimiento cielo ambas caras OSB 11 mm</i>	Unidad	m2
Proyecto	<i>Aislación taller Jm Smash Repairs</i>	Cantidad:	1

A MATERIALES					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Placa OSB 11,1 mm	Placa	1,34	\$ 12.915	\$ 17.354
2	Tornillos1" 5/8 (100 unid)	caja	0,4	\$ 2.716	\$ 1.086
3	Perdidas	%	5		\$ 922
Total A					\$ 1G.363

B MAQUINAS Y EQUIPOS					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Desgaste de Herramientas	%	5		\$ 968
Total B					\$ G68

C MANO DE OBRA					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	1 MAESTRO + 1 AYUDANTE	Dia	0,1	\$ 50.000	\$ 5.000
Sub Total C					\$ 5.000

30% Leyes Sociales \$ 1.500
Total C \$ 6.500

D.- Total costo directo (A+B+C)	\$ 26.831
--	------------------

Tabla 23: Análisis de precio unitario- Revestimiento OSB
Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2 : APU DE PUERTA CON VISOR

Se valoriza el diseño y construcción de un **portón/puerta abatible de dos hojas** para cerrar un vano aproximado de **12 m²**, compuesto por un sistema tipo sándwich (**zinc + lana mineral + zinc**) y un **visor central** con termopanel acústico **3+3 / aire 12 mm / float 6 mm**, priorizando alta estanqueidad para reducir fugas.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
A.P.U	Ventana termopanel 3+3/12/6 mm	Unidad	m2
Proyecto	Aislación taller Jm Smash Repairs	Cantidad:	1

A MATERIALES					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Laminado acustico 6 mm	vidrio	1,00	\$ 48.000	\$ 48.000
2	Bronce 12 mm	pieza	1,25	\$ 5.200	\$ 6.500
3	Incoloro 6 mm	vidrio	1,00	\$ 25.000	\$ 25.000
4	Perfil Tubular Negro Aluminio 40x80x1,2 mm 6 m	pieza	0,66	\$ 58.990	\$ 38.933
5	Silicona neutra transparente 280 ml	tubo	0,80	\$ 6.590	\$ 5.272
7	Tornillo autoperforante 25 mm (caja 50 u)	caja	0,16	\$ 19.990	\$ 3.198
8	Perdidas	%	5		\$ 6.345
Total A					\$ 133.24G

B MAQUINAS Y EQUIPOS					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Desgaste de Herramientas	%	5		\$ 6.662
Total B					\$ 6.662

C MANO DE OBRA					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	1 MAESTRO + 1 AYUDANTE	Dia	0,09	\$ 56.667	\$ 5.100
Sub Total C					\$ 5.100

30% Leyes Sociales \$ 1.530
 Total C \$ 6.630

D.- Total costo directo (A+B+C)	\$ 146.541
--	-------------------

Tabla 25: Análisis de precio unitario- ventana termopanel
 Fuente: Elaboración propia

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
A.P.U	Puerta Zinc-Lana mineral-Zinc	Unidad	m2
Proyecto	Aislación taller Jm Smash Repairs	Cantidad:	1

A MATERIALES					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Perfil Tubular Negro Aluminio 40x80x1,2 mm 6 m	pieza	0,94	\$ 58.990	\$ 55.451
2	Lana mineral de 50 mm 12 m2	Pack	0,08	\$ 51.990	\$ 4.159
3	Zinc liso galvanizado 3X3000 mm	Plancha	0,66	\$ 15.990	\$ 10.553
4	Bisagra L65 Doble Accion 4" Acero Inox 1 un	unidad	1,00	\$ 14.990	\$ 14.990
5	Tornillo 12 x 1" autoperforante hexagonal x100 unidades	caja	0,08	\$ 8.490	\$ 679
6	Perdidas	%	5		\$ 4.292
Total A					\$ G0.124

B MAQUINAS Y EQUIPOS					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Desgaste de Herramientas	%	5		\$ 4.506
Total B					\$ 4.506

C MANO DE OBRA					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	1 MAESTRO + 1 AYUDANTE	Dia	0,16	\$ 50.000	\$ 8.000
Sub Total C					\$ 8.000

30% Leyes Sociales \$ 2.400
Total C \$ 10.400

D.- Total costo directo (A+B+C)	\$ 105.030
---------------------------------	------------

Tabla 26: Análisis de precio unitario- puerta zinc-lana-zinc
Fuente: Elaboración propia

3.2.3 : PRESUPUESTO FINAL DE IMPLEMENTACION

El presupuesto final de implementación de la propuesta de mejora acústica para el taller **JM Smash Repairs** se presenta en la Tabla 27, y consolida los **costos directos obtenidos a partir del análisis de precios unitarios**, incorporando los **gastos generales, la utilidad y el Impuesto al Valor Agregado (IVA)**, con el fin de representar un escenario realista de ejecución del proyecto.

Los porcentajes aplicados para gastos generales y utilidad corresponden a **valores referenciales utilizados habitualmente en proyectos de construcción de pequeña escala**, mientras que el IVA se incorpora de acuerdo con la normativa tributaria vigente.

Con el fin de facilitar la comprensión del presupuesto final de implementación, a continuación, se definen los principales conceptos económicos considerados en su elaboración:

- **Costos directos:** corresponden a los costos directamente asociados a la ejecución de las partidas constructivas, incluyendo materiales, mano de obra y uso de máquinas y equipos necesarios para la implementación de las soluciones acústicas.
- **Gastos generales:** corresponden a los costos indirectos necesarios para la correcta ejecución del proyecto, tales como administración, supervisión, coordinación de obra y otros gastos operacionales no atribuibles a una partida específica, este sería el (15%) del costo directo.
- **Utilidades:** corresponde al margen económico asociado al contratista o ejecutor de la obra, considerado como retribución por la gestión, responsabilidad y riesgos asumidos durante la ejecución del proyecto, utilizaremos el (12%) del costo directo.
- **Total neto:** corresponde a la suma de los costos directos, gastos generales y utilidad, representando el costo total del proyecto antes de la aplicación de impuestos.

- **Impuesto al valor agregado (IVA):** corresponde al impuesto aplicado según la normativa tributaria vigente, equivalente al 19 % del total neto.
- **Total bruto:** corresponde al costo final del proyecto, incluyendo el total neto más el Impuesto al Valor Agregado, representando el monto total a pagar para la implementación completa de la propuesta de mejora acústica.

PRESUPUESTO SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA EL TALLER JM SMASH REPAIRS					
Item	Descripción	Unid.	Cantid.	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
1	Entramado de cielo	m2	100	\$ 7.004	\$ 700.390
2	Aislación - Lana de vidrio	m2	100	\$ 2.174	\$ 217.368
3	Revestimiento cielo ambas caras OSB 11 mm	m2	100	\$ 26.831	\$ 2.683.077
4	Revestimiento cielo ambas caras Yeso carton 15 mm	m2	100	\$ 24.311	\$ 2.431.062
6	Puerta con visor 1,95X3,03 m	m2	9,85	\$ 105.030	\$ 1.034.548
7	Ventana termopanel 1x1 m (3+3/12/6 mm)	m2	2	\$ 146.541	\$ 293.083
Costo Directo					\$ 7.359.528
G. Generales 15%					\$ 1.103.929
Utilidades 12%					\$ 883.143
Total Neto					\$ 9.346.600
IVA 1G%					\$ 1.775.854
Total Bruto					\$ 11.122.454

Tabla 27: Presupuesto total de las soluciones
Fuente: Elaboración propia

El presupuesto considera las **soluciones constructivas aplicadas al taller**, expresando los costos en función de las cantidades reales de ejecución y los valores unitarios definidos previamente. De esta manera, se obtiene un **costo total bruto de \$11.122.454**, correspondiente al monto estimado para la implementación completa de la propuesta de mejora acústica.

El presupuesto presentado permite evaluar la viabilidad económica de la propuesta de mejora acústica, considerando un escenario realista de ejecución.

3.3: VIABILIDAD TECNICA

La viabilidad técnica se evalúa considerando que las soluciones propuestas deben ser **constructivamente ejecutables**, mantener un **desempeño acústico coherente con el objetivo del proyecto** y asegurar **durabilidad y operación adecuada** en condiciones reales del taller. Dado que la intervención se concentra en **cielo suspendido** (por ausencia actual de cielo) y en un **portón acústico abatible de dos hojas** (por tratarse de un punto sensible de fuga), el análisis se desarrolla para ambos elementos y sus condicionantes de instalación.

3.3.1: CRITERIOS TECNICOS PARA DECLARAR “VIABLE” LA SOLUCION

Se considera que la propuesta es técnicamente viable cuando:

- Puede ejecutarse con técnicas constructivas habituales y materiales disponibles para la solución definida (estructura, revestimientos, absorbente, fijaciones).
- Mantiene continuidad y control de juntas para evitar **filtraciones acústicas**, especialmente en elementos móviles.
- El desempeño global estimado (por ejemplo, aislamiento del panel y de la puerta compuesta) se sostiene en obra mediante una correcta ejecución, particularmente en sellos.

3.3.2: VIABILIDAD CONSTRUCTIVA DEL CIELO SUSPENDIDO PROPUESTO

El informe justifica el cielo suspendido debido a que **el taller actualmente no posee cielo**, lo que reduce el aislamiento y favorece la transmisión hacia la cubierta.

La solución seleccionada (referencia D.M.M.01.02) es técnicamente viable por su configuración **masa–resorte–masa**, incorporando absorbente y doble revestimiento, lo cual es coherente con un elemento destinado a mejorar el aislamiento del recinto.

Aspectos constructivos que respaldan la viabilidad:

- **Estructura y modulación:** entramado de pino cepillado con soleras 33×94 mm y pies derechos 33×61 mm en trebolillo cada 40 cm.
- **Revestimiento doble:** placa de yeso-cartón ER 15 mm sobre OSB 11,1 mm (en ambas caras del sistema).
- **Absorbente:** cavidad interior de 94 mm con lana de vidrio (11 kg/m³) de 50 mm instalada de forma continua.

Además, el documento respalda su uso como referencia adaptada a cielo bajo un criterio de **analogía constructiva y acústica**, indicando que el comportamiento frente a ruido aéreo depende principalmente de la masa, estratigrafía y absorbente.

Condicionantes de ejecución (para mantener desempeño):

- Continuidad del absorbente (sin discontinuidades).
- Tratamiento de juntas y encuentros perimetrales (sellos elásticos) para evitar vías de fuga.

3.3.3: VIABILIDAD CONSTRUCTIVA DE LA PUERTA ACUSTICA ABATIBLE DE DOS HOJAS

Se propone diseñar un **portón acústico abatible de dos hojas** para un vano de gran tamaño ($\approx 12 \text{ m}^2$), planteándolo como un sistema tipo sándwich de **alta estanqueidad** (masa + resorte + masa) con el objetivo de mejorar el aislamiento global y reducir fugas por juntas.

Cada hoja incorpora un **visor central** con termopanel acústico **3+3 / 12 / 6 mm**, de ($\approx 1 \text{ m}^2 \text{ c/u}$), permitiendo iluminación natural sin comprometer el objetivo acústico del cerramiento.

Aspectos que sustentan la viabilidad de fabricación e instalación:

- La solución es modular (dos hojas), facilitando fabricación, transporte y montaje por partes.
- El desempeño del panel sándwich se estima alto (**R = 53 dB**), lo cual refuerza su pertinencia como cerramiento principal del portón.
- El visor termopanel posee un desempeño estimado (**R = 38 dB**) que es consistente con el modelo doble hoja y con antecedentes del proveedor, pero exige especial cuidado en montaje y sellos perimetrales.
-

3.3.4: COMPATIBILIDAD CON LA OPERACION DEL TALLER Y ESTRATEGIA DE EJECUCION

Dado que las fuentes críticas se asocian a la actividad de desabolladura/lijado, la implementación debe planificarse para minimizar interferencias operativas. En términos técnicos, la propuesta permite una ejecución por etapas:

- Fabricación del portón y preparación de componentes fuera del área de operación principal.
- Instalación y sellos finales en ventana de trabajo acotada, priorizando continuidad del cerramiento.

Este enfoque es coherente con el objetivo de mantener funcionalidad del taller mientras se implementan soluciones de alto impacto en el aislamiento.

3.3.5 : DURABILIDAD, MANTENCION Y SEGURIDAD

- **Cielo suspendido:** al ser un sistema con capas y absorbente, su desempeño se mantiene en el tiempo si se evita deterioro por humedad y se conservan sus juntas selladas.
- **Puerta acústica con visor:** el mantenimiento técnico se concentra en la revisión de **sellos**, ajuste de cierre y correcto estado del montaje del termopanel (por ser el componente más sensible para el Req global).

3.4 : VIABILIDAD ECONOMICA

La viabilidad económica de la propuesta se analiza a partir del **presupuesto final de implementación**, el cual consolida los **costos directos** obtenidos mediante los APU e incorpora **costos indirectos (gastos generales y utilidad)** más **IVA**, con el fin de representar un escenario realista de ejecución de la mejora acústica en el taller.

3.4.1 : RELACION COSTO-BENEFICIO EN FUNCION DEL CUMPLIMIENTO (DS38)

El criterio económico se vincula con el objetivo de reducir la brecha normativa identificada en la línea base exterior. En el informe se establece que la propuesta debe cubrir, como mínimo, una reducción equivalente a **9 dB para la lijadora** y **15 dB para el martillo**, respecto del límite diurno de **65 dB(A)**, a fin de orientar la inversión hacia el cumplimiento ambiental exigido por el DS N°38.

En este sentido, el presupuesto total se interpreta como la inversión destinada a implementar soluciones que apuntan a controlar las principales vías de transmisión (cielo y puerta), especialmente considerando que el portón es un punto sensible por potenciales fugas y que el desempeño real depende de la ejecución y sellos (condición ya incorporada en el enfoque del capítulo).

3.5: BENEFICIOS ACUSTICOS OBTENIDOS Y VERIFICACION DE CUMPLIMIENTO DEL DS N°38

3.5.1: BENEFICIO ACUSTICO REQUERIDO SEGUN LINEA BASE (CONDICION EXTERIOR)

De acuerdo con la evaluación normativa realizada en el informe, el taller se emplaza en **Zona III** y el **límite máximo diurno** para emisiones hacia la comunidad es **65 dB(A) (NPC)** en el período **07:00–21:00 h**. Para verificar el cumplimiento, se analizaron las mediciones externas (**M4**) por fuente emisora, obteniéndose los siguientes resultados: **compresor 54 dB(A)**, **lijadora 74 dB(A)**, **martillo desabollador 80 dB(A)** y **calefacción cabina 59 dB(A)**. Al comparar con 65 dB(A), se concluye que **la lijadora excede en +9 dB(A)** y el **martillo excede en +15 dB(A)**, constituyéndose como las fuentes críticas para el cumplimiento del DS38.

En consecuencia, el beneficio acústico mínimo que debe aportar la propuesta se define como la capacidad de cubrir una **brecha mínima de 9 dB (lijadora)** y **15 dB (martillo)** en condición exterior, ya sea mediante mayor aislamiento del cerramiento intervenido y/o control efectivo de fugas.

3.5.2: BENEFICIOS ACUSTICOS ESPERADOS DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS

La propuesta se enfoca en controlar las vías de transmisión más sensibles del recinto, priorizando soluciones que aumenten el aislamiento global y reduzcan filtraciones:

1) Puerta acústica abatible de dos hojas (vano aprox. 12 m²)

Se propone diseñar un portón acústico de dos hojas tipo sándwich para un vano de **gran tamaño (12 m²)**, incorporando un núcleo absorbente

(lana mineral) y un **visor central** con termopanel acústico **3+3 / 12 / 6 mm**, manteniendo funcionalidad e iluminación sin perder el objetivo acústico.

3.5.3: DESEMPEÑO ESTIMADO DEL CERRAMIENTO Y APORTE AL CUMPLIMIENTO (R Y REQ)

Para respaldar el beneficio acústico, el informe estima el desempeño de los componentes principales del portón:

- Para el sistema sándwich **zinc-lana mineral-zinc**, se obtuvo un aislamiento total de **R = 53 dB**, indicando una alta capacidad de atenuación del panel principal en condiciones teóricas de análisis.
- Para el **termopanel acústico 3+3 / 12 / 6 mm**, se obtuvo **R = 38 dB**, valor que el documento señala como coherente con antecedentes del proveedor, destacando nuevamente que el desempeño final depende de la correcta ejecución (sellos y filtraciones).

Dado que la puerta no es homogénea (panel + visor), el informe establece que corresponde determinar el **índice de reducción equivalente (Req)**, el cual representa la **pérdida de transmisión compuesta** del conjunto considerando los índices de reducción (R_i) y las áreas (S_i) de cada componente. Se indica además que el elemento con menor R (generalmente el termopanel) tiende a condicionar el resultado final si su superficie es relevante. Finalmente, al aplicar la ecuación de transmisión compuesta se obtuvo **Req = 45 dB**, valor adoptado como desempeño global de la puerta completa (panel + visor) y como parámetro de referencia para su contribución al criterio acústico del proyecto.

Implicancia para el cumplimiento DS38: el beneficio acústico de la solución se sustenta en incrementar el aislamiento del cerramiento crítico (portón) y reducir fugas. En términos de evaluación del proyecto, el aporte esperado se interpreta como una

mejora que permite aproximarse a cubrir la brecha exterior definida (+9 dB y +15 dB), siempre que se garantice la estanqueidad del sistema y su ejecución conforme al diseño.

3.5.4: BENEFICIOS COMPLEMENTARIOS ASOCIADOS A LA INTERVENCION

Si bien el objetivo principal de la propuesta se orienta al cumplimiento ambiental exterior (DS38), el informe también evidencia que las herramientas de desabolladura constituyen un riesgo de **sobreexposición al interior**, reforzando la pertinencia de implementar medidas de mitigación. En ese sentido, la intervención aporta además como beneficio complementario la mejora de condiciones acústicas internas y la reducción del riesgo ocupacional asociado al ruido.

CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN CAPÍTULO 1

El diagnóstico acústico permitió **caracterizar la problemática del taller** mediante mediciones representativas en condiciones habituales de operación. En consecuencia, se constató un escenario crítico con registros que alcanzan **96 dB**, evidenciando un potencial conflicto con el entorno y la necesidad de medidas de control.

Por consiguiente, al evaluar la condición ambiental según el **DS N°38** (Zona III), se determinó un límite diurno de **65 dB(A) (NPC)** y se verificó que las fuentes que generan incumplimiento en exterior corresponden principalmente al **martillo desabollador (NPC=80 dB)** y la **lijadora (NPC=74 dB)**, superando el límite en **15 dB(A)** y **9 dB(A)** respectivamente, mientras que el compresor (54 dB) y la calefacción (59 dB) se mantienen bajo el umbral.

Finalmente, la evaluación interior bajo criterios de **DS N°594** y **PREXOR** refuerza la relevancia del problema, ya que se evidencian condiciones de exposición que superan

valores de referencia asociados a riesgo ocupacional, especialmente vinculadas a martillo y lijadora. De esta forma, el capítulo deja establecida una **línea base técnica** que fundamenta la necesidad de diseñar e implementar soluciones correctivas tanto por cumplimiento ambiental como por mejora de condiciones internas.

CONCLUSIÓN CAPÍTULO 2

La propuesta de mejora acústica se desarrolló a partir de la brecha identificada en la línea base, definiendo como requisito principal **reducir las emisiones hacia el exterior** para aproximarse al cumplimiento del DS N°38. En consecuencia, se estableció que la intervención debe ser capaz de cubrir, como mínimo, una brecha de **9 dB** para la lijadora y **15 dB** para el martillo desabollador.

Por consiguiente, la estrategia se concentró en reforzar los elementos con mayor incidencia en la transmisión sonora, priorizando (1) la incorporación de un **cielo suspendido** debido a la ausencia de cielo actual y su aporte al aislamiento global, y (2) el diseño de una **puerta acústica abatible de dos hojas** como punto crítico de fuga, incorporando un sistema tipo sándwich y un visor con termopanel acústico, resguardando simultáneamente la funcionalidad del recinto.

Finalmente, los cálculos teóricos y el análisis de sistema compuesto permitieron respaldar el desempeño de los componentes principales, destacando que el resultado global depende no solo de la estratigrafía y materiales, sino también de la **correcta ejecución y estanqueidad** (sellos, juntas y encuentros), condición que se incorpora como criterio esencial de diseño para asegurar que el beneficio acústico proyectado pueda reflejarse en condiciones reales.

CONCLUSIÓN CAPÍTULO 3

La valorización de la propuesta permitió convertir el diseño acústico en un escenario real de implementación, cuantificando costos mediante **APU por partida** y

consolidando un presupuesto total que incluye costos directos e indirectos. En consecuencia, se estructuró el presupuesto considerando **gastos generales (15%)**, **utilidad (12%)** e **IVA (19%)**, obteniéndose un **costo total bruto de \$10.887.930**, representativo para ejecutar la solución completa.

Por consiguiente, desde el punto de vista técnico–constructivo, la propuesta es viable al estar basada en sistemas ejecutables con materiales disponibles y criterios constructivos habituales, siempre que se respete la continuidad del cerramiento y se controlen los puntos críticos de fuga.

Finalmente, el capítulo confirma que la propuesta cuenta con una **base económica cuantificada y defendible** y con condiciones técnicas claras para su correcta materialización, permitiendo evaluar su conveniencia en relación con el beneficio acústico requerido y el objetivo de cumplimiento ambiental.

CONCLUSION DEL OBJETIVO GENERAL

A partir del diagnóstico acústico realizado, se estableció una línea base representativa del funcionamiento habitual del taller JM Smash Repairs, evidenciando un escenario crítico con niveles de hasta 96 dB y un incumplimiento del DS N°38 (Zona III) en período diurno, asociado principalmente al martillo desabollador (NPC=80 dB) y la lijadora (NPC=74 dB), además de una condición interior relevante desde el enfoque ocupacional (DS N°594 y PREXOR). En consecuencia, la propuesta de mejora acústica se diseñó directamente desde esa brecha, definiendo como meta mínima de control una reducción de 9 dB para la lijadora y 15 dB para el martillo, priorizando los elementos más determinantes en la transmisión sonora: la incorporación de un cielo suspendido y el diseño de una puerta acústica abatible de dos hojas tipo sándwich con visor de termopanel acústico, incorporando como criterio esencial la correcta ejecución y estanqueidad para asegurar el desempeño real. Por consiguiente, la valorización permitió llevar el diseño a un escenario implementable, cuantificando un presupuesto total bruto de \$10.887.930 (incluyendo gastos generales, utilidad e IVA) y confirmando

su viabilidad técnica-constructiva con materiales y soluciones disponibles, siempre que se controle la continuidad del cerramiento y los puntos críticos de fuga. Finalmente, en relación con el objetivo general, el estudio demuestra que es posible desarrollar una propuesta de mejora acústica fundamentada en mediciones, análisis de fuentes y selección de materiales, que reduce la emisión sonora y entrega una alternativa técnica y económicamente defendible para avanzar hacia el cumplimiento del DS N°38 y mejorar simultáneamente las condiciones acústicas del recinto.

BIBLIOGRAFIA

1. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). (s. f.). *Decreto Supremo N° 38 (MMA, 2011): Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes Fijas*. LeyChile.
2. Estellés Díaz, R., & Fernández Rodeiro, A. (2005–2010). *Aislación Acústica*. Curso de Acondicionamiento Acústico, Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, Uruguay.
3. Ilustre Municipalidad de Concepción. (2019). *Plan Regulador Comunal de Concepción (PRCC): Zonificación (Lámina PRCC 13)* [PDF]. Concepción, Chile: Municipalidad de Concepción.
4. Ilustre Municipalidad de Concepción. (s. f.). *Plan Regulador Comunal de Concepción (PRCC)* [PDF]. Concepción, Chile: Municipalidad de Concepción.
5. Instituto de Salud Pública de Chile. (2015). *Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido (PREXOR)*. Departamento de Salud Ocupacional.
6. Ministerio de Salud. (1999). *Decreto Supremo N° 594: Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo*. Santiago, Chile.
7. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2022). *Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)*. Santiago, Chile.
8. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2024, junio). *Listado oficial vigente de Soluciones Constructivas Acreditadas (LOSCAA) 2024* [PDF].
9. Quezada B., R. (2013, 25 de octubre). *DS 146/97 & DS 38/11: Consideraciones en el SEIA* [Presentación PowerPoint]. Taller SEREMI Medio Ambiente La Araucanía, Ministerio del Medio Ambiente (División de Calidad del Aire).

LINKOGRAFIA

1. Ilustre Municipalidad de Concepción. (2019). *Plan Regulador Comunal de Concepción (PRCC): Zonificación (Lámina PRCC 13)* [PDF]. Recuperado de: https://concepcion.cl/documentos-web/PlanRegulador/prcc_13_zonificacion_2019.pdf
2. Ilustre Municipalidad de Concepción. (s. f.). *Plan Regulador Comunal de Concepción (PRCC)* [PDF]. Recuperado de: <https://www.concepcion.cl/Obras/instru-plan-regulador/prcc.pdf>
3. Instituto de Salud Pública de Chile. *Protocolo PREXOR*. Recuperado de: <https://www.ispch.gob.cl/wp-content/uploads/2025/09/PROTOCOLO-EVALUACION-EXPOSICION-A-RUIDO-V4-2025.pdf>
4. Ministerio del Medio Ambiente. (2023). *Norma de Emisión de Ruidos DS N°38/2011*. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1040928>
5. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2024, junio). *Listado oficial vigente de Soluciones Constructivas Acreditadas (LOSCAA) 2024* [PDF]. <https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2024/06/LISTADO-OFICIAL-VIGENTE-LOSCAA-2024.pdf>