



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DISEÑO DE PANELES ABSORBENTES DE RUIDO UTILIZANDO MATERIAL
RECICLABLE PARA IMPLEMENTARSE EN UN TALLER INDUSTRIAL
METALMECÁNICO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: MORAN LADINES JULIO STEVEN
TUTOR: ING. MARCELO BERRONES RIVERA, M. I. A.

GUAYAQUIL-ECUADOR
2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Julio Steven Moran Ladines con documento de identificación N° 0930670682
manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 23 de agosto del 2024

Atentamente,



Julio Steven Moran Ladines

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Julio Steven Moran Ladines con cédula de ciudadanía No. 0930670682 expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo experimental: Diseño de paneles absorbentes de ruido utilizando material reciclable para implementarse en un taller industrial metalmecánico, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 23 de agosto del 2024

Atentamente,



Julio Steven Moran Ladines
0930670682

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Néstor Marcelo Berrones Rivera con documento de identificación No. 0914078290 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación **DISEÑO DE PANELES ABSORBENTES DE RUIDO UTILIZANDO MATERIAL RECICLABLE PARA IMPLEMENTARSE EN UN TALLER INDUSTRIAL METALMECÁNICO**, realizado por Julio Steven Moran Ladines con documento de identificación No. 0930670682, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de agosto del 2024

Atentamente,



Ing. Néstor Marcelo Berrones Rivera, M. I. A.
CI: 0914078290

DEDICATORIA

A mis dos madres, quienes han sido un apoyo incondicional y siempre me han brindado los mejores consejos para salir adelante. A mi abuelita, que está en el cielo, y sé que está muy orgullosa de la persona en la que me he convertido. A mi papá, por darme la vida y estar a mi lado en los momentos difíciles. A mis hermanos, especialmente a mi hermana mayor, quien ha sido otra madre para mí, dándome su amor y guía en todo momento. A mi tío, por llevarme siempre a los lugares que necesitaba ir, y a mis dos hermanos de otra madre, por su apoyo constante. Y, finalmente, a mis compañeros de la universidad, con quienes compartí muchos momentos inolvidables durante estos años de aprendizaje.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para alcanzar este logro. Quiero dedicar un agradecimiento especial a mi abuelita, que está allá arriba cuidándome desde el cielo. Sé que su amor y su espíritu me han acompañado en cada paso, brindándome consuelo y motivación para seguir adelante. Abuelita, aunque ya no estés físicamente con nosotros, tu recuerdo y tu ejemplo de vida siguen siendo una inspiración para mí todos los días. Estoy seguro de que estarías orgullosa de ver hasta dónde he llegado, y siempre llevaré tu amor en mi corazón.

A mis padres, quienes han sido mi mayor apoyo a lo largo de este proceso. Gracias por su amor incondicional, por enseñarme a ser fuerte y perseverante, y por estar siempre a mi lado, brindándome ánimo y apoyo en cada momento. Su dedicación y sacrificio han sido fundamentales para que hoy pueda celebrar este logro.

A mis hermanos, especialmente a mi hermana mayor, por ser una guía y un apoyo constante. Gracias por tu cariño, tu comprensión y por siempre estar dispuesta a ayudarme en todo lo que necesitaba. A mis amigos y compañeros de universidad, quienes han sido una fuente de alegría y apoyo durante estos años

Finalmente, quiero agradecer a mis profesores y mentores por su dedicación y compromiso con mi educación. Gracias por compartir sus conocimientos y por ser una fuente constante de inspiración. Agradezco especialmente al Ing. Marcelo Berrones, a la Ing. Carmen Palacios y al Ing. Virgilio Ordóñez por su valiosa orientación y apoyo durante la realización de esta tesis. Su guía ha sido fundamental para alcanzar este logro.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por haber formado parte de este viaje. Este logro es tanto mío como de ustedes.

Resumen

Las complicaciones ambientales en zonas industriales se agravan por la exposición continua a altos niveles de ruido generados principalmente por maquinarias y actividades propias de estos entornos. Este estudio se enfoca en la evaluación y mitigación de la contaminación acústica dentro de un taller industrial metalmecánico, un problema que afecta tanto la salud de los trabajadores como la calidad de vida de las comunidades cercanas. Para evaluar los niveles de presión sonora, se realizaron mediciones en diferentes puntos del taller usando un sonómetro de alta precisión (Elicrom 308). El proceso se dividió en dos fases: antes y después de la implementación de paneles acústicos diseñados con materiales reciclables seleccionados por su capacidad de absorción sonora. Tras la instalación de los paneles, se observó una reducción significativa en los niveles de ruido, especialmente en áreas internas del taller, donde los niveles disminuyeron hasta en un 20% en promedio. Los resultados subrayan la efectividad de las medidas implementadas, mejorando el ambiente laboral y reduciendo el impacto acústico en las comunidades cercanas. Este estudio resalta la importancia de aplicar medidas sostenibles para mitigar el ruido industrial, promoviendo un entorno más saludable y alineándose con prácticas de responsabilidad ambiental.

Palabras claves: Contaminación acústica, niveles de presión sonora, paneles acústicos, reducción de ruido

Abstract

Environmental complications in industrial areas are aggravated by continuous exposure to high noise levels generated mainly by machinery and activities typical of these environments. This study focuses on the evaluation and mitigation of noise pollution in an industrial metal-mechanical workshop, a problem that affects both the health of workers and the quality of life of nearby communities. To evaluate sound pressure levels, measurements were taken at different points in the workshop using a high-precision sound level meter (Elicrom 308). The process was divided into two phases: before and after the implementation of acoustic panels designed with recyclable materials selected for their sound absorption capacity. After the installation of the panels, a significant reduction in noise levels was observed, especially in internal areas of the workshop, where levels decreased by up to 20% on average. The results underline the effectiveness of the measures implemented, improving the work environment and reducing the acoustic impact on the surrounding communities. This study highlights the importance of applying sustainable measures to mitigate industrial noise, promoting a healthier environment and aligning with environmentally responsible practices.

Keywords: Noise pollution, sound pressure levels, acoustic panels, noise abatement

Índice

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
1. Capítulo I: Introducción	1
1.1 Situación problemática.....	2
1.2 Definición problema	3
1.3 Justificación	4
1.4 Importancia y alcances.....	5
1.5 Delimitación geográfica.....	6
1.5.1 Delimitación temporal	6
1.5.2 Delimitación sectorial.....	6
1.5.3 División política	6
1.5.4 Coordenadas:	7
1.6 Objetivos.....	7
1.6.1 Objetivo general	7
1.6.2 Objetivos específicos.....	7
1.7 Marco hipotético	8
1.7.1 Hipótesis general	8
1.7.2 Hipótesis específicas.....	8
2. Capítulo II: Marco teórico referencial.....	9
2.1 Antecedentes teóricos	9

2.2	Fundamentos teóricos	10
2.2.1	Ruido	10
2.2.2	Ruido industrial	10
2.2.3	La edad y el ruido	11
2.2.4	Efectos auditivos.....	11
2.2.5	Efectos no auditivos.....	11
2.2.6	Nivel de presión sonora	12
2.2.7	Medición de ruido.....	12
2.2.8	Evaluación de la presión sonora	12
2.2.9	Sonómetro.....	13
2.2.10	Tipo de sonómetro (Elicrom 308)	14
2.2.11	Software para el mapeo de ruido: ArcGIS.....	16
2.2.12	Calibración.....	17
2.3	Marco Legal	18
2.3.1	Normativa nacional.....	18
2.4	Normativa internacional.....	25
2.4.1	UNEN ISO 1996:2020.....	26
2.4.2	ISO 362-1:2022	26
2.4.3	IEC 61672-1:2015	26
3.	Capítulo III - Metodología	28
3.1	Tipo de investigación.....	28
3.2	Enfoque de la investigación	28
3.2.1	Enfoque cuantitativo.....	28
3.3	Población, muestra y muestreo	30
3.3.1	Población	30

3.3.2	Muestra	30
3.3.3	Muestreo	30
3.3.4	Variables dependientes	31
3.3.5	Variables independientes	31
3.4	Materiales disponibles para atenuación de ruido	32
3.5	Materiales para realizar la experimentación	33
3.5.1	Fórmula para el cálculo total de decibelios	37
3.6	Identificación de equipos que generan más ruido	37
3.6.1	Observación directa	37
3.6.2	Equipos utilizados (sonómetro)	38
3.7	Elaboración de paneles acústicos	39
3.7.1	Materiales disponibles	39
3.8	Métodos de experimentación	40
3.9	Implementación de paneles absorbentes acústicos en el taller metalmecánico	41
3.10	Metodología para monitoreo	41
3.10.1	Ubicación del Sonómetro	41
3.10.2	Ruido Residual en el Momento de la Medición	42
3.11	<i>Metodología para determinar los niveles del ruido específico y el L_{keq}</i>	42
3.11.1	Métodos para la toma de muestras de ruido y determinación de $L_{K_{eq}}$...	42
3.11.2	Método de 15 segundos (L_{eq} 15s)	42
3.11.3	Método de 5 segundos (L_{eq} 5s)	42
3.12	Banco de pruebas	42
3.13	Banco de pruebas propuesto para la tesis	43
3.13.1	Estudio	43
3.13.2	Diseño del banco de pruebas	44

4. Capitulo IV - Resultados	45
4.1 Resultados y análisis de las mediciones de la presión sonora en el taller industrial metalmecánico	45
4.1 Resultados de mediciones en el lugar de estudio interna / externa del taller industrial metalmecánico	45
4.1.1 Evaluación de los niveles de presión sonora realizados conforme al decreto ejecutivo 2393 y Acuerdo Ministerial 097-A antes de realizar la implementación	45
4.1.2 Análisis de la influencia del ruido en el taller metalmecánico utilizando ArcGIS	49
4.2 Resultados de muestras en el banco de pruebas.....	51
4.3 Elaboración de los paneles fonoabsorbentes de ruido	56
4.4 Resultados luego de la implementación de los paneles fonoabsorbentes de ruido	58
4.4.1 Análisis de la influencia del ruido en el Taller Metalmecánico Utilizando ArcGIS luego de la implementación	62
4.5 Comparación de los resultados obtenidos.....	65
5. Conclusiones	70
6. Recomendaciones.....	71
7. Referencias bibliográficas	72
8. Anexos.....	77

Índice de tablas:

Tabla 1: <i>Coordenadas del área de estudio</i>	7
Tabla 2: <i>Ruidos según el tiempo de exposición</i>	24
Tabla 3: <i>Relación entre Número de Impulsos y Nivel Máximo de Presión Sonora Permitida</i>	25
Tabla 4: <i>Distribución de la población del taller industrial</i>	30
Tabla 5: <i>Materiales disponibles</i>	32
Tabla 6: <i>Materiales seleccionados para realizar la experimentación</i>	34
Tabla 7: <i>Materiales para la fabricación según el impacto ambiental</i>	35
Tabla 10: <i>Análisis de la contaminación acústica en ArcGIS</i>	49
Tabla 11: <i>Banco de pruebas</i>	51
Tabla 10: <i>Fabricación de paneles fonoabsorbentes de ruido</i>	57
Tabla 13: <i>Resultados luego de la implementación</i>	58
Tabla 14: <i>Influencia de ruido luego de la implementación</i>	63
Tabla 16: <i>Comparación de los resultados</i>	65

Índice de ilustraciones:

<i>Ilustración 1</i> Área de estudio _____	6
<i>Ilustración 2</i> Sonómetro ELICROM 308 _____	14
<i>Ilustración 3</i> Niveles máximos emisión de ruido para FFR _____	22
<i>Ilustración 4</i> Simulador de banco de pruebas _____	43
<i>Ilustración 5</i> Resultado de muestreo en el punto No. 1 _____	46
<i>Ilustración 6</i> Resultado de muestreo en el punto No. 2 _____	47
<i>Ilustración 7</i> Resultado de muestreo en el punto No. 3 _____	47
<i>Ilustración 8</i> Resultado de muestreo en el punto No. 4 _____	48
<i>Ilustración 9</i> Resultado de muestreo en el punto No. 5 _____	48
<i>Ilustración 10</i> Resultados de la muestra nula en el banco de pruebas _____	53
<i>Ilustración 11</i> Resultados de la muestra No. 2 en el banco de pruebas _____	53
<i>Ilustración 12</i> Resultados de la muestra No.3 en el banco de pruebas _____	54
<i>Ilustración 13</i> Resultados de la muestra No. 4 en el banco de pruebas _____	54
<i>Ilustración 14</i> Resultados de la muestra No.5 en el banco de pruebas _____	55
<i>Ilustración 15</i> Resultados de la muestra No.6 en el banco de pruebas _____	55
<i>Ilustración 16</i> Resultados de la implementación del punto No.1 en el taller industrial metalmecánico _____	60
<i>Ilustración 17</i> Resultados de la implementación del punto No.2 en el taller industrial metalmecánico _____	60
<i>Ilustración 18</i> Resultados de la implementación del punto No.3 en el taller industrial metalmecánico. _____	60
<i>Ilustración 19</i> Resultados de la implementación del punto No.4 en el taller industrial metalmecánico. _____	61

<i>Ilustración 20</i> Resultados de la implementación del punto No.5 en el taller industrial metalmecánico.	61
<i>Ilustración 21</i> Resultados del antes y después de la implementación del punto No.1 en el taller industrial metalmecánico.	66
<i>Ilustración 22</i> Resultados de la implementación del punto No.2 en el taller industrial metalmecánico.	66
<i>Ilustración 23</i> Resultados de la implementación del punto No.3 en el taller industrial metalmecánico	67
<i>Ilustración 24</i> Resultados de la implementación del punto No.4 en el taller industrial metalmecánico	68
<i>Ilustración 25</i> Resultados de la implementación del punto No.5 en el taller industrial metalmecánico	69
<i>Ilustración 26</i> Reconocimiento del área en donde se va a realizar el estudio	77
<i>Ilustración 27</i> Primer muestreo para medir los niveles de decibeles generados por las actividades del taller	77
<i>Ilustración 28</i> Determinación en donde serán ubicados los paneles fonoabsorbentes	79
<i>Ilustración 29</i> Elaboración de banco de pruebas	80
<i>Ilustración 30</i> Muestras realizadas en el banco de pruebas	81
<i>Ilustración 31</i> Realización de paneles fonoabsorbentes	82
<i>Ilustración 32</i> Elaboración de la caja acústica	85
<i>Ilustración 33</i> Implementación de los paneles fonoabsorbentes en la caja acústica	86
<i>Ilustración 34</i> Instalación de la caja acústica con los paneles fonoabsorbentes	87
<i>Ilustración 35</i> Muestreo después de la implementación de los paneles fonoabsorbentes	89

1. Capítulo I: Introducción

El ruido ambiental es un problema común y difícil de gestionar en los ambientes industriales, y se sabe que tiene efectos adversos significativos en la salud y el bienestar de los empleados. De acuerdo con la OMS (2020), estar expuesto durante mucho tiempo a ruidos intensos puede resultar en pérdida de audición, estrés, dificultades para dormir y diversos problemas de salud, incluyendo afecciones cardíacas y desórdenes nerviosos. En el contexto industrial, el ruido perjudica no solo la salud de los trabajadores, sino que también puede reducir la eficiencia, elevar las probabilidades de accidentes laborales y dificultar la comunicación efectiva entre el personal.

En los talleres metalmecánicos, el ruido producido tanto por las máquinas como por distintos procesos constituye una preocupación permanente. Las regulaciones a nivel local e internacional determinan límites máximos para los niveles de ruido con el fin de proteger a los empleados; sin embargo, con frecuencia, estos niveles son superados. Este estudio se centra en crear paneles para absorber ruido usando materiales reciclados, con el objetivo no solo de mitigar el ruido ambiental, sino también de fomentar la sostenibilidad y el uso responsable de recursos.

El propósito de este estudio es analizar la efectividad de los paneles acústicos hechos de materiales reciclados para disminuir el ruido en el taller. A través de la implementación de los paneles y mediciones detalladas antes y después de su instalación, se espera lograr una mejora significativa en las condiciones laborales, reducir los riesgos asociados al ruido y promover prácticas sostenibles en la industria. Este análisis busca contribuir al bienestar de los trabajadores y al desarrollo de

entornos industriales más seguros y saludables, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y responsabilidad ambiental.

1.1 Situación problemática

Globalmente, los talleres metalmecánicos son una fuente importante de ruido, el cual es un factor clave en la pérdida auditiva, considerada un problema de salud pública. De acuerdo con un estudio de la OMS, cerca de 1.300 millones de personas sufren de pérdida auditiva, siendo este uno de los factores más significativos en los años de vida ajustados por discapacidad (YLD, por sus siglas en inglés). En los adultos, la pérdida auditiva no relacionada con enfermedades específicas constituye el 79 por ciento de los casos. En Europa y los Estados Unidos, el 26% de los adultos tiene un trastorno auditivo en ambos oídos que dificulta la audición en entornos ruidosos, mientras que un 2% adicional experimenta problemas auditivos graves en un solo oído. La prevalencia ajustada por edad es similar en Asia. La OMS estima que el 10% de la población mundial está expuesta a niveles de ruido que pueden provocar pérdida auditiva inducida por el ruido, y en aproximadamente la mitad de estos casos, el daño auditivo se debe a la exposición a ruido intenso. (Ruiz, 2021)

En Ecuador, las instalaciones industriales del sector metalmecánico representan una fuente relevante de contaminación sonora, preocupando tanto a las zonas urbanas como a las comunidades vecinas a áreas industriales. El ruido persistente de estas instalaciones ha provocado un notable incremento en la polución acústica, afectando la calma y el bienestar de los habitantes locales.

El ruido ambiental impacta no solo el entorno acústico, sino que también repercute directamente en la salud de las personas. Se ha detectado que la exposición constante al ruido industrial eleva la presión arterial, incrementando así el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. Además, el estrés crónico, exagerado por el constante

estruendo, contribuye a desequilibrios fisiológicos que pueden tener consecuencias adversas para la salud a largo plazo. (Dina Barberán, 2023)

La precisión en la evaluación de la contaminación acústica es esencial para comprender la magnitud del problema y diseñar soluciones efectivas. Por lo tanto, es crucial contar con equipos debidamente calibrados y llevar a cabo un registro detallado de las mediciones, considerando factores ambientales y parámetros de medición relevantes.

A pesar de los esfuerzos actuales para abordar la contaminación acústica mediante la aplicación de medidas como el asfalto aislante y los paneles fonoabsorbentes, sigue siendo necesario encontrar soluciones más sostenibles y efectivas. En el taller donde se llevará a cabo esta investigación, se ha determinado mediante muestreos que los niveles de ruido exceden los máximos permisibles, creando un ambiente laboral perjudicial para los trabajadores y afectando su salud. En este contexto, la implementación de paneles fonoabsorbentes fabricados con materiales reciclados surge como una alternativa prometedora para mitigar la contaminación acústica en entornos industriales, al mismo tiempo que se promueve la sostenibilidad ambiental.

1.2 Definición problema

El problema de investigación ambiental radica en el exceso de ruido en un taller industrial metalmecánico dedicado a la fabricación de remolques y equipos industriales. Un análisis preliminar de los niveles de presión sonora reveló que dentro del área laboral los niveles alcanzan aproximadamente 100 dB. Esta situación afecta a la comunidad circundante, donde se evaluaron los niveles de presión sonora ambiental en los exteriores de las instalaciones, obteniéndose valores entre 80 y 90 dB (A) durante las actividades operativas y con la mayoría de las máquinas en funcionamiento. De la evaluación se concluye que estos niveles superan los límites máximos permisibles establecidos en el

Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A, el cual fija un límite de 55 dB para la Coop. Juan Montalvo que adopta el tipo de suelo residencial mixta. Por lo tanto, es imperativo encontrar soluciones innovadoras y sostenibles que no solo reduzcan el impacto acústico en el taller, sino que también protejan la salud de los trabajadores y la calidad de vida de la comunidad circundante.

1.3 Justificación

En la actualidad, el exceso de ruido en el entorno laboral ha emergido como un desafío considerable con consecuencias directas en la salud y seguridad de los empleados. Además de la pérdida auditiva temporal, que puede variar desde breves episodios hasta afectaciones más prolongadas, el ruido tiene un gran impacto en la capacidad de coordinación y concentración de las personas, lo que incrementa la posibilidad de que ocurran accidentes en el trabajo. Este fenómeno no solo incide en lo físico, sino que también desencadena un aumento del estrés, lo que, a su vez, puede desencadenar una serie de trastornos de salud graves, incluidos aquellos de índole cardíaca, gastrointestinal y nerviosa.

Este estudio se centra en disminuir el ruido producido en el taller industrial de metalmecánica que se encuentra en la cooperativa Juan Montalvo, donde se propone identificar las maquinarias que emiten niveles de ruido más elevados y evaluar la frecuencia con la que reciben el mantenimiento adecuado, aspecto que podría estar influyendo en su rendimiento y, por ende, contribuyendo al problema del ruido. *“Este análisis completo permitirá aclarar la causa oculta del fenómeno, lo cual es fundamental para diseñar soluciones efectivas.”* (Carlos Gallego, 2021)

La finalidad de esta investigación es reducir los niveles de presión sonora en el área del taller mediante la implementación de paneles fonoabsorbentes de ruido fabricados con materiales reciclados. Esta iniciativa no solo busca mitigar la

contaminación acústica y fomentar el uso responsable de recursos, sino también preservar la salud auditiva de los trabajadores, quienes se ven particularmente afectados por este problema. Este enfoque integral no solo beneficiará a los empleados directamente involucrados, sino que también sentará un precedente importante en la búsqueda de entornos laborales más seguros y saludables en el contexto industrial ecuatoriano.

1.4 Importancia y alcances

La presente experimentación sobre el diseño de paneles absorbentes de ruido utilizando material reciclable para implementarse en un taller industrial metalmecánico tiene una relevancia significativa tanto en el ámbito de la salud ocupacional como en el contexto ambiental. Los talleres industriales metalmecánicos representan una fuente considerable de contaminación acústica, la cual afecta no solo a los trabajadores directamente expuestos, sino también a las comunidades cercanas.

El propósito principal es disminuir los niveles de ruido en el interior del taller industrial, lo que ayudará a mejorar las condiciones de trabajo y promoverá el bienestar de los empleados. Esta investigación tiene implicaciones importantes para la sostenibilidad ambiental, ya que promueve el uso de materiales reciclados, reduciendo así el impacto ambiental asociado con la producción de nuevos materiales. La metodología empleada, que incluye la identificación de las fuentes principales de ruido y la comparación de los niveles de presión sonora antes y después de la instalación de los paneles, ofrece una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en diferentes entornos industriales.

Los resultados obtenidos de este estudio no solo beneficiarán a los trabajadores del taller industrial metalmecánico específico de estudio, sino que también ofrecerán un modelo replicable para otros sectores industriales en Guayaquil y a nivel nacional. Además, estos resultados pueden servir como referencia para la creación de políticas y

normativas que regulen la contaminación acústica en entornos laborales, mejorando así la calidad de vida de muchas personas.

1.5 Delimitación geográfica

Ilustración 1 Área de estudio



Elaborado por: Steven Morán

1.5.1 Delimitación temporal

El trabajo experimental se realizará desde los meses de abril hasta septiembre de 2024, tiempo suficiente para poder hacer las mediciones de ruido y la implementación del trabajo experimental.

1.5.2 Delimitación sectorial

El trabajo experimental se realizará en el taller industrial metalmecánico ubicado en la Cooperativa Juan Montalvo.

1.5.3 División política

La jurisdicción política donde se encuentra el taller metalmecánico en donde se realizará el estudio corresponde a los límites de la Organización Territorial del Estado a nivel parroquial, establecidos y actualizados hasta marzo de 2022 por el Comité Nacional de Límites Internos (CONALI):

Provincia: Guayas

Cantón: Guayaquil

Parroquia: Tarqui

Dirección Zonal: Guayas 15

1.5.4 Coordenadas:

Las coordenadas del punto de muestreo son las siguientes:

Tabla 1: Coordenadas del área de estudio

X	Y
620038.49 m E	9764441.85 m S
620043.43 m E	9764437.66 m S
620043.43 m E	9764437.66 m S
620043.16 m E	9764432.42 m S
620044.66 m E	9764446.75 m S

Elaborado por: *Steven Morán*

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Construir un panel absorbente de ruido utilizando material reciclable fonoabsorbente para minimizar la contaminación acústica generada en un taller industrial metalmecánico.

1.6.2 Objetivos específicos

- Identificar los equipos con mayor emisión de ruido utilizando un sonómetro, para comparar la emisión de ruido de fuente fija con la normativa ambiental vigente.
- Experimentar con materiales reciclados la elaboración de paneles absorbentes acústicos para aislar los equipos que generen mayores niveles de presión sonora.

- Determinar el nivel de presión sonora luego de la implementación de los paneles absorbentes acústicos en el taller metalmecánico y compararlos los valores iniciales de presión sonora para evaluar su eficiencia.

1.7 Marco hipotético

1.7.1 Hipótesis general

La construcción de un panel absorbente de ruido utilizando materiales reciclables y fonoabsorbentes reducirá significativamente la contaminación acústica en un taller industrial metalmecánico, logrando niveles de presión sonora compatibles con las normativas ambientales vigentes.

1.7.2 Hipótesis específicas

- La identificación de los equipos con mayor emisión de ruido en un taller industrial metalmecánico mediante el uso de un sonómetro permitirá comparar estas emisiones con la normativa ambiental vigente y determinar cuáles equipos superan los límites permisibles, facilitando la implementación de medidas correctivas específicas para reducir la contaminación acústica.
- La elaboración de paneles absorbentes acústicos con materiales reciclados será efectiva para aislar los equipos que generan los mayores niveles de presión sonora en un taller industrial, reduciendo significativamente la contaminación acústica y cumpliendo con las normativas ambientales vigentes.
- La implementación de paneles absorbentes acústicos en el taller metalmecánico reducirá significativamente los niveles de presión sonora en comparación con los valores iniciales, demostrando así su eficiencia en la mitigación de la contaminación acústica.

2. Capítulo II: Marco teórico referencial

2.1 Antecedentes teóricos

La contaminación acústica constituye un problema que impacta negativamente la convivencia y la salud de los habitantes en las grandes ciudades. Según la Agencia Europea del Medio Ambiente, este tipo de contaminación es responsable de aproximadamente 12000 muertes prematuras anuales en Europa, además de contribuir a numerosas enfermedades crónicas como la cardiopatía isquémica. (Peris, 2020)

En España, se ha determinado que el nivel de confort acústico es de 55 dB (A). Niveles que superen este umbral pueden ser dañinos para el descanso y la comunicación. Investigaciones de la Unión Europea señalan que 80 millones de personas están expuestas diariamente a niveles de ruido ambiental que superan los 65 dB, mientras que otros 170 millones están expuestas a niveles que oscilan entre 55 y 65 dB. (Rosero, 2020)

El estudio sobre la protección auditiva y la prevención de problemas de salud en trabajadores expuestos a ruido en las áreas de equipos pesados y turbinas de la Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador, ubicada en el cantón Shushufindi, muestra que, de los 22 empleados expuestos a altos niveles de ruido, 9 están en el área de equipos pesados y 13 en el área de turbinas. Se identificaron varios síntomas en el lugar de trabajo, como malestar general, dolores de cabeza, dificultad para concentrarse, mareos y vértigos. Además, los trabajadores se ven obligados a elevar la voz durante su jornada laboral de ocho horas debido al ruido excesivo producido por generadores y compresores. Mediante sonometrías, se constató que los niveles de ruido en estas áreas superan el límite permitido de 85 dB(A) en promedio diario.

Por otro lado, en un estudio sobre la calidad ambiental en el hangar del CEMA, relacionado con el mantenimiento de aeronaves en el cantón Latacunga, se establece que, para gestionar adecuadamente el ruido, los equipos y maquinarias que generan sonido

elevado y se utilizan de forma constante dentro de las áreas de proceso deben ser sometidos a un mantenimiento continuo. Esto es fundamental para minimizar emisiones y ruidos innecesarios. Cuando sea posible, se sugiere el uso de silenciadores y otros dispositivos de control del ruido. Asimismo, es crucial que el personal que trabaja en procesos ruidosos disponga de equipos de protección adecuados que cumplan con las normas de seguridad y que se les exija su uso para prevenir problemas auditivos en el futuro. (Esteban, 2020)

2.2 Fundamentos teóricos

2.2.1 *Ruido*

El ruido, considerado el contaminante más frecuente, se define como cualquier sonido que el receptor percibe como molesto, indeseado, inoportuno o desagradable. Por ejemplo, una melodía puede ser apreciada como música por una persona, mientras que para otra puede ser interpretada como ruido. En términos más generales, se entiende por ruido a cualquier sonido no deseado por quien lo percibe, y el sonido se describe como cualquier agente físico que estimula el sentido del oído. ((CEAV), 2023)

2.2.2 *Ruido industrial*

El ruido es un factor general en todas las industrias debido al uso de diversas máquinas, especialmente aquellas que carecen de tecnología avanzada, estos factores generan niveles de ruido significativamente más altos y dañinos para el oído humano. Este tipo de ruido deteriora las condiciones de trabajo de los empleados expuestos durante su jornada laboral. El ruido puede clasificarse de la siguiente manera:

- De 20 a 50 dB: permite mantener una conversación sin interrupciones.
- De 50 a 80 dB: dificulta la comunicación debido a diversas barreras.
- De 80 a 110 dB: alcanza el umbral de audición permitido para una jornada laboral, siendo necesarias medidas para mitigar su impacto.

- Por encima de 110 dB: no se recomienda la exposición por tiempos prolongados.

(M. S. Carrillo, 2021)

2.2.3 La edad y el ruido

Los trabajadores mayores de 50 años son más vulnerables a sufrir daños en la cóclea debido a la edad. No obstante, no hay diferencias en cuanto a la prevención de la exposición al ruido entre los jóvenes de 16 a 18 años y los adultos.

2.2.4 Efectos auditivos

La exposición prolongada a altos niveles de ruido puede causar pérdida de audición. Al principio, esta pérdida auditiva puede ser reversible cuando se elimina el ruido, pero con el tiempo puede volverse permanente, provocando sordera. Según (Briones Ortiz, 2023) la exposición constante a niveles elevados de ruido no solo puede dañar la audición, sino también afectar la salud física y mental de las personas, además de disminuir su productividad y calidad de vida. Incluso una intensidad de ruido moderada durante largos periodos puede tener efectos similares, causando cambios temporales o permanentes en el umbral auditivo. Para evaluar estos efectos, se utilizan métodos como análisis audio métricos u otoscopios. (Lagos, 2020) menciona que la audiometría de alta frecuencia es útil para monitorear la audición de las personas y confirmar que su umbral auditivo de alta frecuencia se encuentra dentro del rango normal, teniendo en cuenta sus valores de sensibilidad, valor predictivo negativo, índice de probabilidad negativa y probabilidad posterior a la prueba.

2.2.5 Efectos no auditivos

Además de los perjuicios que el ruido puede ocasionar en el oído, también afecta negativamente a otras partes del cuerpo. Se ha comprobado que niveles de sonido entre 50 y 60 dB son capaces de provocar enfermedades asociadas al estímulo acústico. Según (Quispe Mamani, 2021) Los niveles de ruido que superan los límites permitidos pueden

provocar problemas de salud tanto psicológicos como fisiológicos, confirmando así que la contaminación acústica tiene un impacto negativo en la salud de las personas. Cuando se expone al ruido, el cuerpo adopta una postura defensiva y activa sus mecanismos de protección. Entre los efectos vegetativos que se observan se encuentran la alteración del ritmo cardíaco y la constricción de los vasos en el sistema periférico.

2.2.6 Nivel de presión sonora

La variación entre la presión instantánea generada por el sonido y la presión atmosférica se debe a la propagación del sonido. Así, el nivel de presión sonora refleja la intensidad del sonido, es decir, la cantidad de presión sonora producida. Este sonido, que una persona percibe en un momento específico, se mide en decibelios(dB) (Cristina Linares, 2019)

2.2.7 Medición de ruido

De acuerdo con el Laboratorio Ambiental INDUANALISIS de Colombia (2019), se pueden medir los niveles de ruido o sonido con varios equipos que cuantifican la presión sonora. La presión varía en un punto determinado cuando una onda sonora se propaga, y esta magnitud se mide en decibelios (dB). El dispositivo más comúnmente empleado para estas mediciones es el sonómetro, que está diseñado para detectar el sonido de manera similar al oído humano. (Arteaga, 2020)

2.2.8 Evaluación de la presión sonora

Es crucial resaltar las medidas preventivas que se pueden tomar para reducir el ruido, pero esto solo es posible después de realizar una evaluación que identifique las principales fuentes de ruido. Durante la etapa de modelado, se crea un mapa que clasifica las áreas según sus niveles de decibelios, ofreciendo una visión actualizada en el campo de la ingeniería acústica. Un hallazgo importante es que solo el 10% de los estudios de medición de ruido se enfocan en evaluar áreas residenciales, comerciales e industriales,

mientras que el 90% se dedica a monitorear la contaminación acústica ambiental de diversas fuentes. En los casos en que se requiere medir el ruido en toda el área afectada o en maquinaria específica, los monitoreos permiten generar modelos bidimensionales que ofrecen una vista aérea, así como tridimensionales que muestran los niveles de presión sonora en los ejes X, Y y Z. (Carlos Andrés Parrales Anchundia, 2023)

2.2.9 Sonómetro

Es un dispositivo que mide directamente el nivel total de presión sonora. Los resultados se expresan en decibelios y proporcionan una indicación del nivel acústico de las ondas sonoras que llegan al micrófono. El nivel de sonido se presenta en una escala graduada, ya sea mediante un indicador de aguja móvil o un indicador general. (Leon, 2019)

En términos de su estructura interna, un sonómetro consta de cinco componentes principales:

- Micrófono.
- Atenuador calibrado.
- Amplificador.
- Instrumento de medición.
- Una o varias redes compensadoras.

El micrófono debe ser omnidireccional y relativamente pequeño para reducir la alteración del campo sonoro. También debe ser poco sensible a cambios en la temperatura, humedad, y a campos magnéticos y eléctricos. Junto con el atenuador calibrado y el amplificador, debe tener la sensibilidad adecuada para medir niveles de presión sonora entre 20 y 130 dB y cubrir un rango de frecuencia de 20 a 20,000 Hz. Para tener en cuenta las diferentes sensibilidades del oído humano a los sonidos según su frecuencia, los sonómetros están equipados con filtros. (Cardona, 2019)

2.2.10 Tipo de sonómetro (Elicrom 308)

El Elicrom 308 es un sonómetro sofisticado y versátil, creado para proporcionar datos precisos y confiables sobre los niveles de presión sonora en diferentes situaciones. Su diseño ergonómico y sencillo de usar lo hace ideal para diversas aplicaciones, como la evaluación del ruido ambiental y la medición de la exposición al ruido en el entorno laboral.

Ilustración 2 Sonómetro ELICROM 308



Fuente: Elicrom

El sonómetro ELICROM 308 se caracteriza por varias cualidades importantes:

- **Respuesta en frecuencia:** Proporciona una respuesta uniforme a lo largo de un amplio rango de frecuencias, lo que lo hace adecuado para medir tanto sonidos de baja como de alta frecuencia.
- **Pantalla digital:** Incluye una pantalla digital que facilita la lectura al mostrar los valores del nivel de sonido en tiempo real.
- **Registro de datos:** Permite almacenar y registrar los datos de las mediciones para análisis e investigación futura.

Pasos generales para usar el sonómetro ELICROM 308:

✓ **Ajuste del sonómetro:**

Antes de realizar las mediciones, calibra el sonómetro utilizando un calibrador acústico certificado para asegurar la precisión y exactitud de los resultados.

✓ **Posición del sonómetro:**

Coloca el sonómetro en un trípode o soporte estable, a la altura del oído humano, y asegúrate de que esté libre de obstáculos que puedan afectar las mediciones.

✓ **Realizar la medición:**

Para obtener datos representativos de los niveles de ruido, realiza mediciones en diferentes ubicaciones y momentos.

✓ **Registrar y analizar datos:**

Registra las mediciones, elabora informes con los resultados obtenidos y guarda los datos para su análisis posterior.

Aplicaciones del sonómetro ELICROM 308:

- **Monitoreo del ruido ambiental:** Utilizado en áreas urbanas y en destinos turísticos.
- **Evaluación de la exposición al ruido en el trabajo:** Medición del ruido en el entorno laboral para proteger la salud auditiva de los empleados.
- **Análisis de ruido en industrias, proyectos de construcción:** Evaluación del impacto acústico en estos entornos.
- **Evaluación del ruido en instalaciones comerciales e industriales:** Control y monitoreo del ruido en diversas instalaciones.

El sonómetro ELICROM 308 es una herramienta vital para medir y evaluar los niveles de presión sonora en múltiples contextos. Su precisión, facilidad de uso y características avanzadas lo convierten en un recurso fiable para investigadores, técnicos y profesionales que necesitan obtener mediciones exactas de la contaminación acústica.

Al utilizar correctamente el ELICROM 308 y seguir los procedimientos recomendados, se pueden obtener datos objetivos y valiosos sobre el ruido ambiental y la exposición ocupacional, lo que facilita la comprensión de la contaminación acústica y la implementación de estrategias efectivas para su reducción.

2.2.11 Software para el mapeo de ruido: ArcGIS

ArcGIS, un software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) desarrollado por Esri, presenta varias funcionalidades clave para el mapeo de ruido:

➤ Procesamiento de datos geospaciales:

ArcGIS es capaz de manejar grandes cantidades de datos geospaciales, incluyendo información sobre niveles de ruido, lo que facilita la realización de análisis detallados y la creación de representaciones gráficas precisas.

➤ Herramientas de interpolación:

El software ofrece herramientas avanzadas de interpolación que permiten generar mapas de ruido suavizados, ayudando a visualizar patrones en áreas donde no se han realizado mediciones directas.

➤ Visualización cartográfica:

ArcGIS proporciona una amplia gama de estilos y simbologías para mostrar los niveles de ruido en mapas temáticos, lo que facilita la interpretación de los datos.

➤ **Análisis espacial:**

La plataforma permite realizar análisis espaciales detallados, identificando zonas con altos niveles de ruido, evaluando su relación con otras características geográficas y generando informes detallados.

2.2.12 Calibración

La calibración es el proceso de verificar la sensibilidad del instrumento a una frecuencia y nivel de sonido específicos, comúnmente 1 kHz y 94 dB. Aunque algunos pueden considerar que esta práctica no siempre es necesaria, ya que los micrófonos y la instrumentación moderna suelen ser menos afectados por cambios en temperatura, presión del aire o humedad, esta afirmación solo es válida para equipos de alta calidad. Es crucial registrar los datos de calibración en cualquier informe por tres razones principales:

- La calibración ayuda a detectar de inmediato fallos en el transductor o el instrumento, evitando posibles pérdidas de tiempo de trabajo.
- Las normas y regulaciones requieren que se incluya la información de calibración.
- Las condiciones ambientales extremas pueden afectar los resultados.

Para los profesionales, el sonómetro y el calibrador son herramientas complementarias imprescindibles. Sin embargo, para asegurar una precisión constante y mantener la validez legal, se deben realizar verificaciones y calibraciones externas detalladas. (Chaquina Torres, 2023)

2.3 Marco Legal

2.3.1 Normativa nacional

2.3.1.1 Constitución del Ecuador

Registro Oficial 449 de 20-oct-2008 - Última modificación: 13-jul-2011

La Constitución del Ecuador establece que los ciudadanos tienen el derecho fundamental al buen vivir. De acuerdo con esto, se espera que todas las personas habiten en ambientes ecológicamente saludables y libres de contaminación, preservando el entorno natural según lo indicado en el Artículo 14.

“Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.”

2.3.1.2 Ley Orgánica de la Salud

Registro Oficial Suplemento 423 de 22-dic.-2006 - Última modificación: 18-dic.-2015

La Autoridad Nacional, junto con la Autoridad Ambiental Nacional y otros organismos relevantes en el ámbito de la salud, tiene la responsabilidad de prevenir, analizar y controlar todas las fuentes de ruido que podrían tener un impacto negativo en la salud de las personas. Por su parte, los municipios deben implementar diversos programas dentro de sus competencias para evitar el exceso de ruido y disminuir los niveles de ruido generados por actividades humanas.

2.3.1.3 Código Orgánico del Ambiente

Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017

El Código Orgánico del Ambiente establece que todas las personas tienen el derecho a vivir en un entorno saludable, promoviendo así la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente a través de su conservación, protección y restauración. Este compromiso se cumple sin afectar lo establecido en otras leyes pertinentes, con el fin de asegurar el cumplimiento de estos principios.

“Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

7. La obligación de toda obra, proyecto o actividad, en todas sus fases, de sujetarse

al procedimiento de evaluación de impacto ambiental” (Código orgánico del Ambiente, 2017, pág. 12)

“Art. 8.- Responsabilidades del Estado. Sin perjuicio de otras establecidas por la Constitución y la ley, las responsabilidades ambientales del Estado son:

7. Garantizar la participación de las personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades en la formulación, ejecución, evaluación y control de las políticas públicas, normas y de la gestión ambiental, de conformidad con la Constitución y la ley” (Código Orgánico del Ambiente, 2017, pág. 13)

“Art. 194.- Del ruido y vibraciones. La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con la Autoridad Nacional de Salud, expedirá normas técnicas para el control de la contaminación por ruido, de conformidad con la ley y las reglas establecidas en este Código. Estas normas establecerán niveles

máximos permisibles de ruido, según el uso del suelo y la fuente, e indicarán los métodos y los procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido en el ambiente, así como las disposiciones para la prevención y control de ruidos y los lineamientos para la evaluación de vibraciones en edificaciones. Se difundirá al público toda la información relacionada con la contaminación acústica y los parámetros o criterios de la calidad acústica permisibles, según los instrumentos necesarios que se establezcan en cada territorio. Los criterios de calidad de ruido y vibraciones se realizarán de conformidad con los planes de ordenamiento territorial” (Código Orgánico del Ambiente, 2017, pág. 55)

2.3.1.4 Acuerdo Ministerial 061 libro VI de Calidad Ambiental del (TULSMA)

Registro Oficial Edición Especial 316 - lunes 4 de mayo de 2015

El propósito de este acuerdo es monitorear los niveles de ruido producidos por diversas fuentes de contaminación acústica durante los últimos quince años. Sus artículos detallan lo siguiente:

“Art. 224 De la evaluación, control y seguimiento. - La Autoridad Ambiental Competente, en cualquier momento podrá evaluar o disponer al Sujeto de Control la evaluación de la calidad ambiental por medio de muestreos del ruido ambiente y/o de fuentes de emisión de ruido que se establezcan en los mecanismos de evaluación y control ambiental (...);” (Acuerdo no. 061 reforma del libro vi del texto unificado de legislación secundaria, 2015, pág. 48)

“Art. 225 De las normas técnicas. - - La Autoridad Ambiental Nacional será quien expida las normas técnicas para el control de la contaminación ambiental por ruido, estipuladas en el Anexo V (...);” (Acuerdo no. 061

reforma del libro vi del texto unificado de legislación secundaria, 2015, pág. 48)

“Art. 226 De la emisión de ruido. - Los Sujetos de Control que generen ruido deberán contemplar todas las alternativas metodológicas y tecnológicas con la finalidad de prevenir, minimizar y mitigar la generación de ruido.”

(Reforma texto unificado legislación secundaria , 2015, pág. 48)

2.3.1.5 Acuerdo Ministerial 097-A “Anexo 5”

Registro Oficial -- Edición Especial N.º 387 - miércoles 4 de noviembre de 2015

Este acuerdo establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido para diversas actividades y usos del suelo en el país. A continuación, se detallan los niveles máximos de emisión de ruido para fuentes fijas reguladas (FFR), ajustados según el tipo de uso del suelo.

NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR Y FMR

Niveles máximos de emisión de ruido para FFR

El nivel de presión sonora continua equivalente corregido, $L_{K_{eq}}$ en decibeles, obtenido de la evaluación de ruido emitido por una FFR, no podrá exceder los niveles que se fijan en la siguiente Tabla 1, de acuerdo al uso del suelo en que se encuentre (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, págs. 61-63)

Ilustración 3 Niveles máximos emisión de ruido para FFR

Tabla 1: NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO (L_{Keq}) PARA FUENTES FIJAS DE RUIDO

NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR		
Uso de suelo	L_{Keq} (dB)	
	Periodo Diurno 07:01 hasta 21:00 horas	Periodo Nocturno 21:01 hasta 07:00 horas
Residencial (R1)	55	45
Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1)	55	45
Equipamiento de Servicios Públicos (EQ2)	60	50
Comercial (CM)	60	50
Agrícola Residencial (AR)	65	45
Industrial (ID1/ID2)	65	55
Industrial (ID3/ID4)	70	65
Uso Múltiple	Cuando existan usos de suelo múltiple o combinados se utilizará el L _{Keq} más bajo de cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación. Ejemplo: Uso de suelo: Residencial + ID2 L _{Keq} para este caso = Diurno 55 dB y Nocturno 45dB.	
Protección Ecológica (PE) Recursos Naturales (RN)	La determinación del L _{Keq} para estos casos se lo llevara a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo 4.	

Fuente: Acuerdo ministerial 097-A

ANEXO 1

Título: Usos del suelo

“Uso de suelo se define como el destino asignado a los predios en relación con las actividades a ser desarrolladas en ellos. Estos deben acatarse a lo que disponga el instrumento de planificación territorial pertinente, el cual

debe fijar los parámetros, regulaciones y normas específicas para el uso, ocupación, edificación y habilitación del suelo en el territorio en el que este rige.

Este anexo define los usos de suelo que son utilizados en esta norma como referencia para establecer los niveles máximos de emisión de ruido (L_{Keq}) para FFR. Las Autoridades ambientales competentes deben utilizar estas definiciones en conjunto con la Tabla 1 como guías para determinar los niveles L_{Keq} en cada uno de los usos de suelo existentes en su territorio.”

El suelo industrial, clasificado como ID3/ID4, se caracteriza por su uso predominantemente destinado a actividades industriales y manufactura. Este tipo de suelo alberga instalaciones y plantas donde se desarrollan procesos de producción, transformación y ensamblaje de productos, lo que generalmente conlleva la generación de niveles significativos de ruido. Por lo tanto, el estudio del ruido en suelos industriales resulta esencial para garantizar un equilibrio entre el desarrollo industrial y la calidad de vida de la población.

Industrial 3 (ID3). - Comprende los establecimientos industriales y las actividades cuyos impactos ambientales, o los niveles de contaminación generados al medio ambiente, son considerados de mediano impacto.

Industrial 4 (ID4). - Comprende los establecimientos industriales y las actividades cuyos impactos ambientales, o los niveles de contaminación generados al medio ambiente, son consideradas de alto impacto y/o riesgo ambiental.

2.3.1.6 Normativa: Decreto Ejecutivo 2393

Registro Oficial 565 de 17 nov-1986 - Última modificación: 21-feb-2003

Art. 55.- Ruidos y Vibraciones

El anclaje de máquinas y aparatos que produzcan ruidos o vibraciones se efectuará con las técnicas que permitan lograr su óptimo equilibrio estático y dinámico, aislamiento de la estructura o empleo de soportes anti vibratorios. Las máquinas que produzcan ruidos o vibraciones se ubicarán en recintos aislados si el proceso de fabricación lo permite, y serán objeto de un programa de mantenimiento adecuado que aminore en lo posible la emisión de tales contaminantes físicos. Se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos (sic) en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuó con 8 horas de trabajo. No obstante, los puestos de trabajo que demanden

fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido. 7. Para el caso de ruido continuó, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla:

Tabla 2: Ruidos según el tiempo de exposición

Nivel sonoro	Tiempo de exposición
/dB (A-lento)	Por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	0.125

Fuente: Decreto Ejecutivo 2393

Los distintos niveles sonoros y sus correspondientes tiempos de exposición permitidos señalados, corresponden a exposiciones continuas equivalentes en que la dosis de ruido diaria (D) es igual a 1.

En situaciones de exposición intermitente a ruido constante, se debe tener en cuenta el efecto combinado de los niveles sonoros que sean iguales o superiores a 85 dB (A). Para ello, la Dosis de Ruido Diaria (D) se calcula usando la siguiente fórmula y no debe exceder de 1:

$$D = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \dots + \frac{Cn}{Tn}$$

donde:

C representa el tiempo total de exposición a un nivel sonoro específico.

T es el tiempo total permitido a ese nivel.

En ningún caso se permitirá que el nivel supere los 115 dB (A), independientemente del tipo de trabajo.

Ruido de impacto: Se define como ruido de impacto aquel que no excede de un impacto por segundo. Si la frecuencia de impulso es mayor, se considera como ruido continuo. Los niveles máximos de presión sonora permitidos durante una jornada laboral de 8 horas dependerán del número total de impactos en dicho período, conforme a la siguiente tabla:

Tabla 3: Relación entre Número de Impulsos y Nivel Máximo de Presión Sonora Permitida

Número de impulsos o impacto por jornada de 8 horas	Nivel de presión sonora máxima (dB)
100	140
500	135
1000	130
5000	125
10000	120

Fuente: Decreto Ejecutivo 2393

2.4 Normativa internacional

Desde 1980, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reconocido plenamente la cuestión de la contaminación acústica generada por el ruido urbano y su impacto en la salud. En 1992, se convocó una asamblea a través de la Oficina Regional de la OMS con el propósito de desarrollar pautas para controlar el ruido urbano.

2.4.1 UNEN ISO 1996:2020

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha desarrollado la norma ISO 1996-1:2016 como una guía para el ruido, que sirve de referencia para la elaboración de leyes, protocolos de prueba, acreditaciones y evaluaciones acústicas, especialmente en el área de la acústica ambiental. Por su parte, la Asociación Española de Normalización (UNE) ha revisado la Norma UNE-ISO 1996-1:2020, la cual define descriptores del ruido y examina las molestias generadas por distintas fuentes de contaminación acústica. La segunda parte de esta normativa, la UNE-ISO 1996-2:2020, se enfoca en la descripción de los equipos de medición, el monitoreo de las mediciones realizadas, la calibración de los instrumentos, las condiciones meteorológicas adecuadas para los procedimientos, y la evaluación de los resultados obtenidos en diferentes puntos de muestreo, con el fin de establecer medidas tanto a corto como a largo plazo.

2.4.2 ISO 362-1:2022

La norma ISO 362-1:2022 define el método para medir el ruido producido por vehículos de las categorías M6 y N7, detallando las condiciones correspondientes al tráfico urbano y las variaciones en sus dimensiones. Este método está diseñado para cumplir con los requisitos necesarios en la medida de lo posible, permitiendo la aplicación de los procedimientos bajo diversas condiciones de funcionamiento del vehículo. Se necesita un espacio amplio para realizar las mediciones y estimar puntos conflictivos seleccionados aleatoriamente, lo cual rara vez se lleva a cabo en un entorno acústico ideal.

2.4.3 IEC 61672-1:2015

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), a través de la norma IEC 61672-1-2015, establece todas las especificaciones para diferentes tipos de equipos de medición de sonido, como:

- Medidores de nivel de sonido con ponderación temporal

➤ Sonómetros integradores-promediadores

Los medidores de nivel de sonido cubiertos por esta norma están diseñados para captar sonidos que suelen estar dentro del rango de audición del oído humano. La norma define dos categorías de rendimiento: el sonómetro Tipo 1 y el sonómetro Tipo 2.

3. Capítulo III - Metodología

3.1 Tipo de investigación

Dado el tipo de problema tratado, se empleó una metodología de investigación cuantitativa experimental, apropiada para medir con precisión y objetividad las variables relacionadas con el efecto de los paneles absorbentes de ruido elaborados con materiales reciclados en un entorno industrial. El análisis se centró en un taller industrial metalmecánico, donde se realizaron mediciones acústicas para identificar las máquinas que producían los niveles más altos de ruido. Estas mediciones permitieron evaluar cuántos decibelios superaban los límites establecidos por el Acuerdo Ministerial 097-A y examinar la eficacia de los paneles en la reducción del ruido ambiental. (Rodríguez Sánchez, 2023)

3.2 Enfoque de la investigación

3.2.1 Enfoque cuantitativo

La investigación cuantitativa se caracterizó por utilizar datos numéricos y análisis estadísticos para verificar hipótesis y determinar relaciones de causa y efecto. En este estudio, se evaluaron los niveles de ruido antes y después de instalar los paneles fonoabsorbentes, lo que permitió medir con precisión la efectividad de los materiales reciclados en la disminución de la contaminación acústica.

Por otro lado, la investigación experimental se basó en la manipulación intencionada de una o más variables independientes (en este caso, la utilización de distintos materiales reciclados como absorbentes de ruido) para observar y medir su impacto en la variable dependiente (los niveles de presión sonora en el taller). Este enfoque experimental permitió establecer relaciones de causa y efecto, aportando evidencia sólida sobre la eficiencia de los paneles.

- Selección de la Muestra: Para asegurar que los resultados fueran representativos y generalizables, se identificaron y seleccionaron puntos de muestreo específicos dentro del taller. Estos puntos fueron elegidos en función de su exposición al ruido y su relevancia para las operaciones industriales, garantizando que las mediciones reflejaran adecuadamente la variabilidad de los niveles de ruido en el entorno laboral.
- Medición de variables: Se utilizaron equipos de medición calibrados y de alta precisión para registrar los niveles de presión sonora en distintos puntos del taller, tanto antes como después de instalar los paneles absorbentes. Estas mediciones se llevaron a cabo en condiciones controladas para garantizar la consistencia y la confiabilidad de los datos obtenidos.

El enfoque cuantitativo experimental fue ideal para su capacidad de proporcionar datos objetivos y cuantificables sobre la efectividad de los materiales reciclables como paneles fonoabsorbentes. Este tipo de investigación permitió un control riguroso de las variables y facilita la replicabilidad del estudio, lo que fue fundamental para validar los hallazgos y garantizar su aplicabilidad en diferentes contextos industriales.

La investigación no solo constituyó a la literatura existente sobre control de ruido industrial, sino que también ofreció soluciones prácticas y sostenibles para la reducción de la contaminación acústica en talleres metalmecánicos. Al abordar un problema crítico de salud y seguridad ocupacional, esta tesis buscó promover entornos laborales más seguros y mejorar la calidad de vida de los trabajadores expuestos a niveles elevados de ruido.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Para el desarrollo de la investigación, se consideró como población a las personas que habitualmente laboran en el taller industrial metalmecánico, ubicado en la cooperativa Juan Montalvo, en el norte de Guayaquil.

Tabla 4: Distribución de la población del taller industrial

Muestra	Frecuencia	%
Gerente	1	9
Secretaria	1	9
Operadores de pulido	3	27
Operadores de pintado	4	37
Operador de prensado	2	18
Total	11	100

Elaborado por: Steven Morán

Criterios para selección de puntos de muestreo a evaluar:

- Percepción de ruido por puesto trabajo (medición)
- Tiempo que labora en el área y en la empresa (Romero-Villacrés, 2024)

3.3.2 Muestra

Cuando se trata de una muestra de investigación, se seleccionó a toda la población. Según (Navarrete, 2020) afirma que la muestra en cualquier estudio siempre debió determinar el número exacto de participantes que se incluyeron para lograr la meta planteada al inicio, a este número se le llama tamaño de muestra.

3.3.3 Muestreo

El estudio aplicó un muestreo no probabilístico de conveniencia, eligiendo a 11 trabajadores del taller industrial que estaban fácilmente disponibles para

formar parte de la muestra, siguiendo lo indicado por (Navarrete, 2020), Este método se describe como la elección de una muestra no aleatoria que comparte características con la población de interés. En este estudio, se llevarán a cabo tanto muestreos internos como externos. El muestreo interno se centrará en los empleados del taller industrial metalmecánico para examinar aspectos específicos del ambiente laboral. Por otro lado, el muestreo externo involucrará a personas ajenas al taller que puedan aportar una perspectiva adicional, facilitando una comprensión más completa y contextual de las condiciones de trabajo.

3.3.4 Variables dependientes

- **Nivel de presión sonora (dB):** Esta fue la principal variable dependiente del estudio, ya que se midió antes y después de la implementación de los paneles absorbentes. La reducción en los niveles de presión sonora indicó la efectividad de los paneles.
- **Eficiencia de los paneles absorbentes:** Se evaluó en función del porcentaje de reducción del ruido en el entorno industrial después de la instalación de los paneles.

3.3.5 Variables independientes

- **Material utilizado en los paneles:** La variedad de residuos recolectados (por ejemplo, cubeta de huevo, papel reciclado, llanta, tapas de colas, lana, cartón) empleados para la construcción de los paneles absorbentes. La composición y características físicas de estos materiales influyeron en la capacidad de absorción de ruido.
- **Maquinarias que generan ruido:** Las maquinarias que usualmente generaron una cantidad excesiva de ruido fueron: pulidora, compresor, taladro industrial.

- **Diseño del panel:** Incluye el grosor, densidad y estructura del panel absorbente.

Variaciones en el diseño se probaron para determinar cuál fue el más efectivo en términos de absorción acústica.

3.4 Materiales disponibles para atenuación de ruido

Los materiales aislantes fueron esenciales para reducir, absorber o atenuar la propagación del sonido entre espacios, ya que actuaron absorbiendo el ruido o reflejándolo hacia su origen, impidiendo su transmisión de un área a otra o desde el exterior hacia el interior de un edificio. Estos materiales contribuyeron a mejorar la comodidad y privacidad en residencias, oficinas, hoteles y otros edificios; ayudaron a controlar el ruido en entornos industriales, protegiendo la salud auditiva de los trabajadores; y optimizaron la calidad del sonido en espacios de entretenimiento como salas de conciertos, cines y teatros, asegurando una experiencia auditiva de alta calidad. Además, en estudios de grabación y otros lugares donde la insonorización es esencial, fueron indispensables. Finalmente, ayudaron a cumplir con normativas y regulaciones sobre el nivel de ruido permitido en entornos residenciales y comerciales, asegurando el cumplimiento de estos requisitos y evitando posibles sanciones. (Cubero, 2020)

Tabla 5: *Materiales disponibles*

No.	Material
1	Fibra de vidrio
2	Lana de roca
3	Insoplast: espuma aislante
4	Poliuretano inyectado
5	Corcho
6	Lana de fibra de poliéster
7	Algodón

8	Yeso acústico (Pladur)
9	Láminas de caucho
10	Lana de madera
11	Masilla acústica
12	Espuma de polietileno
13	Láminas de PVC
14	Fibra de coco
15	Cáscara de arroz

Fuente: *Cubero 2020*

3.5 Materiales para realizar la experimentación

En este estudio, se experimentó con diferentes materiales para fabricar paneles fonoabsorbentes, con el propósito de reducir la contaminación acústica en áreas residenciales mixtas. Los materiales seleccionados para esta investigación incluyen una cubeta, cartón, papel reciclado triturado, papel reciclado triturado combinado con goma, tela jean y esponja de colchón/espuma de poliuretano. Es importante destacar que no se han realizado previamente experimentaciones con estos materiales específicos para la reducción del ruido en contextos industriales, lo que confiere a este estudio un carácter pionero. Esta investigación tiene como objetivo identificar opciones efectivas y sostenibles que ayuden a mejorar la calidad acústica en entornos industriales, promoviendo un equilibrio entre el avance industrial y el bienestar de la comunidad circundante.

Tabla 6: *Materiales seleccionados para realizar la experimentación*

No.	Material
1	Cubeta
2	Cartón
3	Papel reciclado triturado
4	Papel reciclado triturado + goma
5	Tela jean
6	Esponja de colchón/Espuma de poliuretano

Elaborado por: *Steven Morán*

La diversidad de materiales disponibles ofreció múltiples ventajas y desafíos. Desde las cubetas de cartón utilizadas para el transporte y almacenamiento de huevos, hasta el papel reciclado y la tela jean, cada opción presentó características específicas que influyeron en su idoneidad para diferentes usos. A través del análisis de estos materiales, se buscó identificar no solo su eficiencia en aplicaciones prácticas, sino también su huella ecológica.

Fue esencial considerar el impacto ambiental que cada material pudo tener una vez finalizado su ciclo de vida útil. La biodegradabilidad, las emisiones de CO₂ durante su producción y la dificultad para reciclar ciertos componentes fueron factores determinantes en la evaluación de su sostenibilidad. Por ejemplo, mientras que algunos materiales como el cartón y el papel reciclado pudieron descomponerse relativamente rápido y ser reciclados con facilidad, otros, como la espuma de poliuretano, presentaron mayores desafíos ambientales debido a su persistencia y potencial para liberar sustancias tóxicas.

Tabla 7: *Materiales para la fabricación según el impacto ambiental*

No.	Tipos	Fabricación	Impacto ambiental
1	Cubeta	Se utiliza habitualmente para el almacenamiento y transporte de huevos.	Las cubetas de cartón son biodegradables y reciclables. Si no se reciclan, pueden descomponerse en unos 2 meses. Su producción genera aproximadamente 1.46 kg de CO ₂ por kg de cartón.
2	Cartón	Se utiliza comúnmente para embalajes, cajas, y materiales de embalaje.	Aunque es biodegradable en aproximadamente 2 meses, la producción de cartón consume recursos naturales (árboles) y energía, generando alrededor de 2.5 kg de CO ₂ por kg de cartón. Un mal manejo puede resultar en desechos sólidos voluminosos.
3	Papel reciclado triturado	Se utiliza para la fabricación de papel nuevo, productos de embalaje y aislamiento.	La producción de papel reciclado emite alrededor de 1.5 kg de CO ₂ por kg de papel reciclado. El reciclaje de papel reduce significativamente el uso de recursos y energía, pero si no se gestiona adecuadamente, puede generar lixiviados en vertederos.

4	Papel reciclado triturado + goma	Se utiliza en la fabricación de productos como almohadillas y aislamientos con mayor cohesión.	La combinación con goma puede dificultar el reciclaje, y su eliminación puede liberar toxinas. Además, el proceso de reciclado puede generar emisiones adicionales de CO ₂ y otros contaminantes
5	Tela jean	Se utiliza en la confección de ropa, accesorios, y tapicería.	La producción de jeans puede utilizar hasta 7500 litros de agua por par y liberar hasta 33.4 kg de CO ₂ . Además, los tintes y productos químicos utilizados en su fabricación pueden contaminar el agua y el suelo. La tela jean de algodón es biodegradable, pero si contiene mezclas sintéticas, su degradación es más lenta.
6	Esponja de colchón/Espuma de poliuretano	Se utiliza en la fabricación de colchones, cojines, y tapicería.	La espuma de poliuretano no es biodegradable y puede liberar compuestos orgánicos volátiles (COV) durante su uso y descomposición. La producción de 1 kg de espuma puede generar hasta 3.1 kg de CO ₂ , y su eliminación inadecuada puede liberar sustancias químicas tóxicas en el medio ambiente.

Elaborado por: *Steven Morán*

3.5.1 *Fórmula para el cálculo total de decibelios*

Los niveles de presión sonora se expresaron en decibelios, una unidad basada en una escala logarítmica. Debido a esta naturaleza logarítmica, no fue posible sumar los niveles directamente de manera aritmética; primero se debieron convertir a una escala lineal. Por ejemplo, si hay dos fuentes de sonido, cada una con un nivel de 50 dB, la presión sonora combinada no sería de 100 dB, sino aproximadamente 53 dB. El nivel de presión sonora resultante de múltiples fuentes incoherentes se pudo determinar utilizando la fórmula siguiente:

$$dB\ total = 10 \cdot \log_{10} \cdot \left(10^{\frac{dB_1}{10}} + 10^{\frac{dB_2}{10}} + \dots \dots \dots + 10^{\frac{dB_n}{10}} \right)$$
$$\overline{Lp} = 10 \log \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n 10^{Lp_i/10} \right)$$

Las ecuaciones mencionadas fueron aplicadas en donde las fuentes de sonido tenían diferentes frecuencias y fases aleatorias, conocidas como fuentes incoherentes. Sin embargo, si el sonido provenía de fuentes con la misma frecuencia (fuentes coherentes), esta ecuación no fue adecuada, ya que fue necesario considerar la fase de cada fuente. (Castro, 2021)

3.6 Identificación de equipos que generan más ruido

3.6.1 *Observación directa*

Durante la observación directa en el taller industrial metalmecánico, se identificaron las maquinarias que generaron los niveles más altos de ruido. Se realizó un recorrido exhaustivo por las instalaciones, prestando especial atención a las máquinas que operaban a alta velocidad o que implicaban procesos de corte, soldadura, prensado y perforación de metales. Para ello, se utilizó un sonómetro con el fin de medir los niveles de decibelios emitidos por los equipos, enfocándose en identificar aquellas máquinas.

Esta observación detallada permitió determinar las fuentes principales de ruido y planificar de manera efectiva la instalación de paneles fonoabsorbentes para mitigar su impacto en el ambiente laboral. Además, los datos obtenidos proporcionaron una base sólida para implementar medidas correctivas y preventivas que optimizaron la seguridad y el bienestar de los trabajadores, asegurando el cumplimiento de las normativas de salud ocupacional.

3.6.2 Equipos utilizados (sonómetro)

Como parte del proceso para determinar los niveles de presión sonora en el taller industrial metalmecánico del norte de Guayaquil, este documento presentó un análisis detallado de la exposición al ruido mediante el uso del sonómetro Marca Elicrom 308. Estos instrumentos se utilizaron frecuentemente para medir los niveles de ruido ambiental en diversos lugares y momentos. La información obtenida con el sonómetro fue esencial para entender el impacto del ruido en la comunidad y para tomar decisiones informadas sobre cómo reducir la contaminación acústica en la zona.

El presente estudio tuvo como propósito emplear un sonómetro para medir y analizar los niveles de ruido en distintos puntos estratégicos, tanto dentro como fuera del taller metalmecánico, con el objetivo de obtener datos precisos y confiables sobre la intensidad y variabilidad del ruido ambiental. Para ello, se implementó una metodología estandarizada que incluyó una serie de pasos detallados para la medición y evaluación de la exposición al ruido:

- Se seleccionaron ubicaciones clave dentro del taller metalmecánico para representar diferentes escenarios de ruido, incluyendo áreas cercanas a las zonas de pulido, pintado y doblado, así como otras secciones del taller.
- La calibración del sonómetro se realizó antes de iniciar las mediciones para asegurar que los datos sobre los niveles de presión sonora fueran precisos.

- Para capturar la variabilidad en los niveles de ruido, se llevaron a cabo mediciones en varios puntos de muestreo durante periodos representativos de tiempo.
- Los niveles de ruido en decibelios (dB) se registraron en cada ubicación durante las mediciones, junto con las condiciones ambientales y cualquier evento relevante que pudiera afectar los niveles de ruido.
- Los datos recopilados se analizaron para identificar patrones, tendencias y las principales fuentes de ruido en el taller industrial metalmecánico, comparando los resultados con los estándares de calidad acústica y las regulaciones ambientales correspondientes. (Garcia, 2023)

3.7 Elaboración de paneles acústicos

La elaboración de paneles acústicos fue una técnica esencial para la reducción y el control de la contaminación sonora. Los paneles acústicos se utilizaron en diversos entornos para mejorar la calidad del sonido y proporcionar un ambiente más agradable y saludable. A continuación, se presentan los materiales disponibles para la creación de estos paneles, destacando sus características y beneficios específicos en la atenuación del ruido.

3.7.1 Materiales disponibles

➤ *Cubeta de huevo*

Las cubetas de huevos se emplearon como acondicionadores acústicos debido a su similitud con los aislantes acústicos tradicionales. Estas cubetas distribuyeron el sonido de manera uniforme en todas las direcciones, logrando un campo sonoro difuso ideal, como el que se observó en salas de conciertos, auditorios, teatros, palacios de congresos y edificios públicos. (Julian Andrés Alarcón Neme, 2020)

➤ ***Papel reciclado y cartón***

El papel y el cartón se identificaron como materiales adecuados para la recuperación debido a su capacidad para prolongar su vida útil. Estos materiales se emplearon para disminuir el volumen de desechos reciclables en los vertederos y para ayudar a reducir la contaminación acústica. (Gámir, 2021)

➤ ***Vaqueros reciclados***

Una opción ecológica y prometedora fueron los materiales porosos no tejidos, fabricados a partir de fibras naturales o recicladas. Estas fibras, que no representan riesgos para la salud, están disponibles en grandes cantidades, a menudo como subproductos de otros procesos de fabricación. Un ejemplo de esto es el material poroso creado a partir de fibras extraídas del deshilachado de ropa reciclada de algodón, lo que contribuye a reducir los residuos textiles en los vertederos. Algunas empresas y organizaciones han utilizado esta técnica para transformar las fibras en productos como mantas y trapos para la industria automotriz. (Saturio, 2021)

➤ ***Cuartones de plywood usados***

Madera de pino usada para formar estructuras como cómodas, modulares, etc.

3.8 Métodos de experimentación

Para evaluar la efectividad de los paneles fonoabsorbentes y la cabina insonorizada en el taller industrial metalmecánico, se emplearon varios métodos de experimentación. Inicialmente, se realizó una medición del nivel de ruido ambiental en diferentes puntos del taller antes de la instalación de los paneles, utilizando un sonómetro

calibrado. Posteriormente, se procedió a instalar los paneles fonoabsorbentes alrededor de la máquina y dentro de la cabina, previamente establecido. Después de la instalación, se realizaron nuevas mediciones de ruido en los mismos puntos y condiciones que las mediciones iniciales para comparar los niveles de ruido antes y después de la implementación. Estos métodos permitieron obtener datos cuantitativos y cualitativos sobre la reducción del ruido y la efectividad de las soluciones implementadas.

3.9 Implementación de paneles absorbentes acústicos en el taller metalmecánico

Para la instalación de los paneles fonoabsorbentes en el taller industrial metalmecánico, se procedió a colocarlos estratégicamente alrededor de la máquina principal generadora de ruido. Estos paneles se instalaron en las paredes y el techo circundante para maximizar la absorción de las ondas sonoras y minimizar la reflexión del ruido en el ambiente. La razón para esta disposición fue lograr una reducción significativa del ruido ambiental, mejorando así las condiciones de trabajo y la salud auditiva de los empleados. Además, con la construcción de la cabina insonorizada en una zona cercana, con paneles fonoabsorbentes en su interior, se pudieron realizar actividades específicas sin que el ruido se propagara hacia el resto del taller, proporcionando un espacio de trabajo más tranquilo y concentrado.

3.10 Metodología para monitoreo

3.10.1 Ubicación del Sonómetro

El sonómetro debía estar colocado sobre un trípode y ubicado a una altura igual o superior a 1,5 m de altura desde el suelo, direccionando el micrófono hacia la fuente con una inclinación de 45 a 90 grados, sobre su plano horizontal. Durante la medición el operador debió estar alejado del equipo, al menos 1 metro.

3.10.2 Ruido Residual en el Momento de la Medición

Durante la medición, el ruido residual debió ser tal que influyera de manera mínima en el ruido total, es decir que la contribución del ruido específico de la FFR en el ruido total fuera máxima.

3.11 Metodología para determinar los niveles del ruido específico y el L_{keq}

3.11.1 Métodos para la toma de muestras de ruido y determinación de L_{keq}

Para la medición de ruido total y residual, esta norma contempló el uso de dos métodos que pudieron ser usados según el caso lo requiriera.

3.11.2 Método de 15 segundos (L_{eq} 15s)

En este método se tomaron y se reportaron un mínimo de 5 muestras, de 15 segundos cada una.

3.11.3 Método de 5 segundos (L_{eq} 5s)

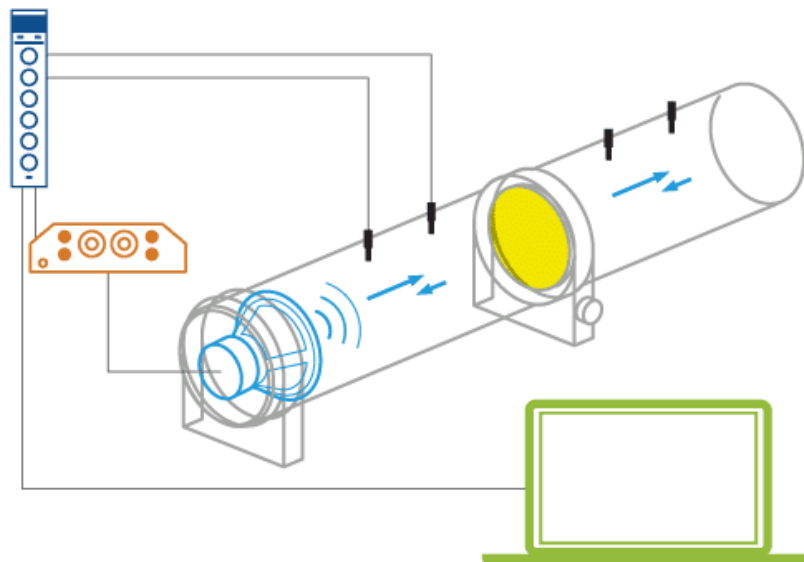
En este método se tomaron y se reportaron un mínimo de 10 muestras, de 5 segundos cada una. (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

3.12 Banco de pruebas

El banco de pruebas diseñado para la verificación de materiales de atenuación de ruido se constituye como un sistema organizado de selección y recopilación de materiales, cuyo propósito es evaluar sus propiedades acústicas mediante pruebas controladas. Este banco permite la obtención de mediciones precisas de parámetros críticos, tales como la absorción sonora y la transmisión acústica. Los datos recolectados son analizados exhaustivamente para determinar la eficacia de cada material en diferentes rangos de frecuencia, lo cual es esencial para seleccionar el material más adecuado para aplicaciones específicas en la mitigación del ruido. La documentación y comparación de estos datos fue crucial para identificar las soluciones más efectivas en la reducción de ruido,

especialmente en entornos industriales donde la contaminación acústica representó un desafío significativo. (Ordoñez, 2020)

Ilustración 4 *Simulador de banco de pruebas*



Fuente: *Tecnalia (ensayos acústicos) (2021)*

3.13 Banco de pruebas propuesto para la tesis

En el desarrollo de esta tesis, se diseñó un prototipo para evaluar la eficacia de un material particular en la reducción del ruido en ambientes industriales. El propósito principal es analizar cómo la implementación de paneles acústicos fabricados con materiales accesibles puede ayudar a disminuir la contaminación acústica y, de este modo, mejorar la calidad del entorno laboral.

3.13.1 Estudio

El material seleccionado para la construcción del prototipo fue el plywood de 12 mm de espesor, debido a sus propiedades óptimas para la absorción y control del ruido en entornos industriales. El plywood de este espesor ofrece una combinación ideal de rigidez y densidad, lo que lo hace eficaz en la reducción de la transmisión de ruido sin comprometer la integridad estructural del panel. La elección de 12 mm específicamente se debe a que este grosor proporciona una consistencia y estabilidad adecuadas,

permitiendo una absorción efectiva de las ondas sonoras y evitando resonancias que pudieran reducir la eficiencia del material como atenuador de ruido. Durante la fase de estudio, se evaluó el uso de otros materiales; sin embargo, se concluyó que materiales menos densos o más flexibles podrían no ofrecer la atenuación necesaria, comprometiendo los resultados del monitoreo acústico en el banco de pruebas. De esta manera, el plywood de 12 mm es una opción ideal para asegurar un rendimiento efectivo en la fabricación de paneles de absorción de sonido.

3.13.2 Diseño del banco de pruebas

El proyecto se enfocó en la creación de un banco de pruebas especialmente diseñado para medir la eficacia de diversos materiales fonoabsorbentes en la reducción del ruido dentro de un taller electromecánico. Este banco de pruebas, elaborado con plywood de 12 mm de grosor, cuenta con dimensiones de 25 cm de ancho, 25 cm de alto y 90 cm de largo. Estas medidas fueron seleccionadas meticulosamente para ofrecer un espacio adecuado donde diferentes paneles acústicos pudieran ser insertados y evaluados en condiciones controladas.

El diseño modular del banco de pruebas permite la fácil inserción y reemplazo de diferentes materiales, facilitando la comparación directa de su capacidad para reducir los niveles de ruido. Esta estructura también fue concebida para replicar las condiciones acústicas típicas de un taller electromecánico, permitiendo así obtener datos precisos y relevantes para seleccionar los materiales más efectivos.

4. Capítulo IV - Resultados

4.1 Resultados y análisis de las mediciones de la presión sonora en el taller industrial metalmecánico

La evaluación y medición de los niveles de presión sonora, también conocidos como niveles de ruido, son fundamentales para comprender la exposición al ruido en un taller industrial metalmecánico. Este conocimiento es esencial para tomar decisiones informadas sobre normativas, controles y estrategias de mitigación. A continuación, se detalla el proceso utilizado para obtener y analizar los resultados de estas mediciones.

4.1 Resultados de mediciones en el lugar de estudio interna / externa del taller industrial metalmecánico

4.1.1 Evaluación de los niveles de presión sonora realizados conforme al decreto ejecutivo 2393 y Acuerdo Ministerial 097-A antes de realizar la implementación

Tabla 8: Resultados del área de estudio antes de la implementación

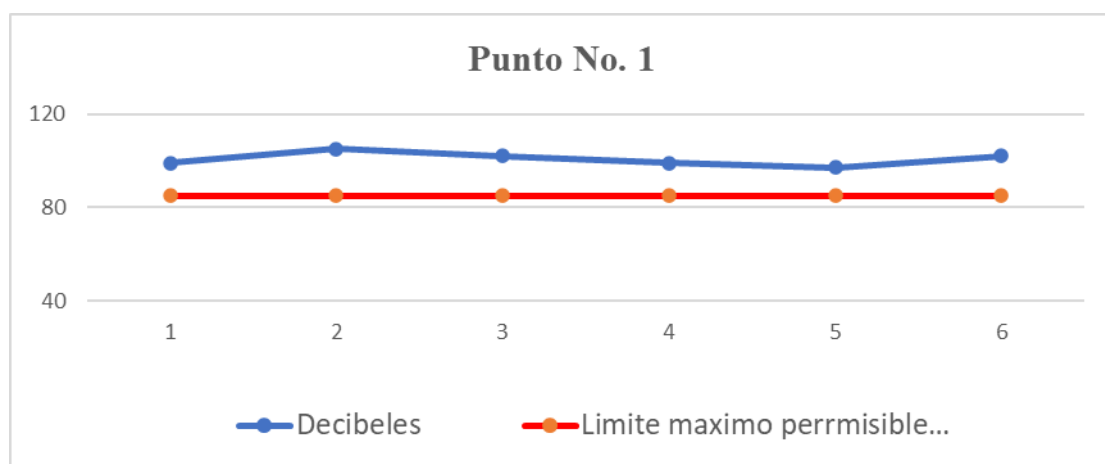
				N	6		
	Zona	E	S	Muestras	Decibeles	Promedio	Límite máximo permisible (dB)
Punto No. 1	17 M	620038.49 m	9764441.85 m	1	99	101,47	85
				2	105		85
				3	102		85
				4	99		85
				5	97		85
				6	102		85
Punto No. 2	17 M	620043.43 m	9764437.66 m	1	91	92,08	55
				2	92		55
				3	91		55
				4	93		55
				5	92		55
				6	93		55
Punto No. 3	17 M	620043.43 m	9764437.66 m	1	84	84,94	55

				2	85		55
				3	88		55
				4	82		55
				5	83		55
				6	85		55
Punto No. 4	17 M	620043.16 m	9764432.42 m	1	80	79,34	55
				2	78		55
				3	81		55
				4	78		55
				5	80		55
				6	78		55
Punto No. 5	17 M	620044.66 m	9764446.75 m	1	79	78,46	55
				2	79		55
				3	80		55
				4	79		55
				5	78		55
				6	73		55
Simbología		N	Cantidad de muestras a realizar en el monitoreo				
		6	Números de muestras del monitoreo				

Elaborado por: Steven Morán.

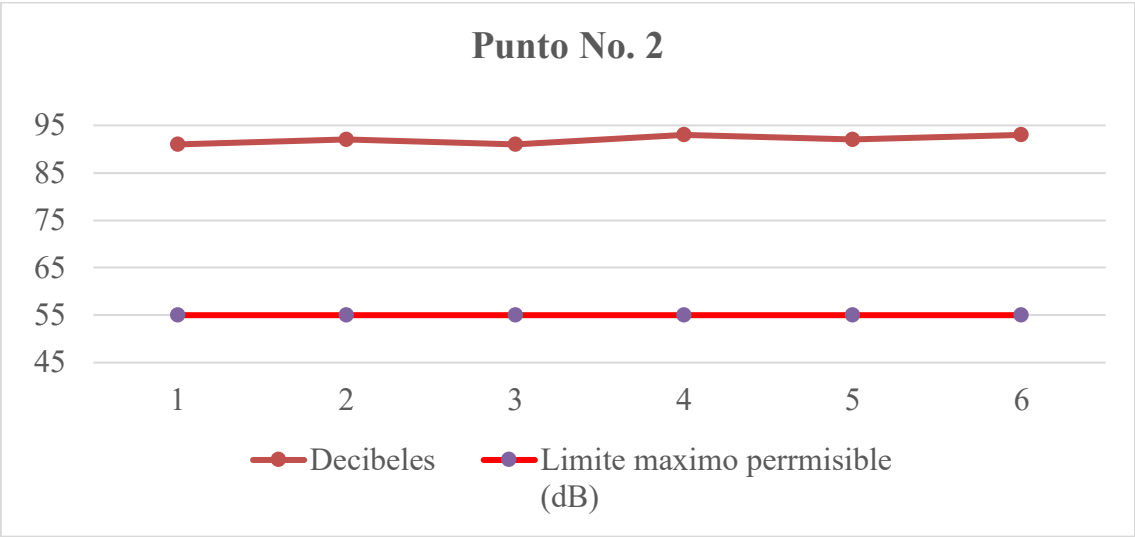
Nota: Los niveles de presión sonora en el Punto No. 1 se evaluaron de acuerdo con el Decreto Ejecutivo 2393, el cual establece el límite máximo permisible para el ruido laboral

Ilustración 5 Resultado de muestreo en el punto No. 1



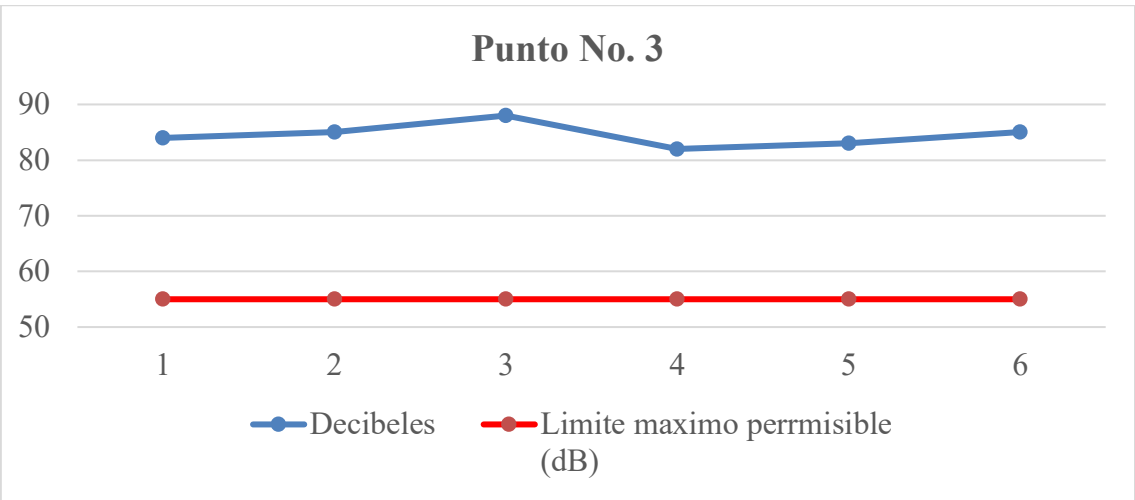
Elaborado por: Steven Morán

Ilustración 6 Resultado de muestreo en el punto No. 2



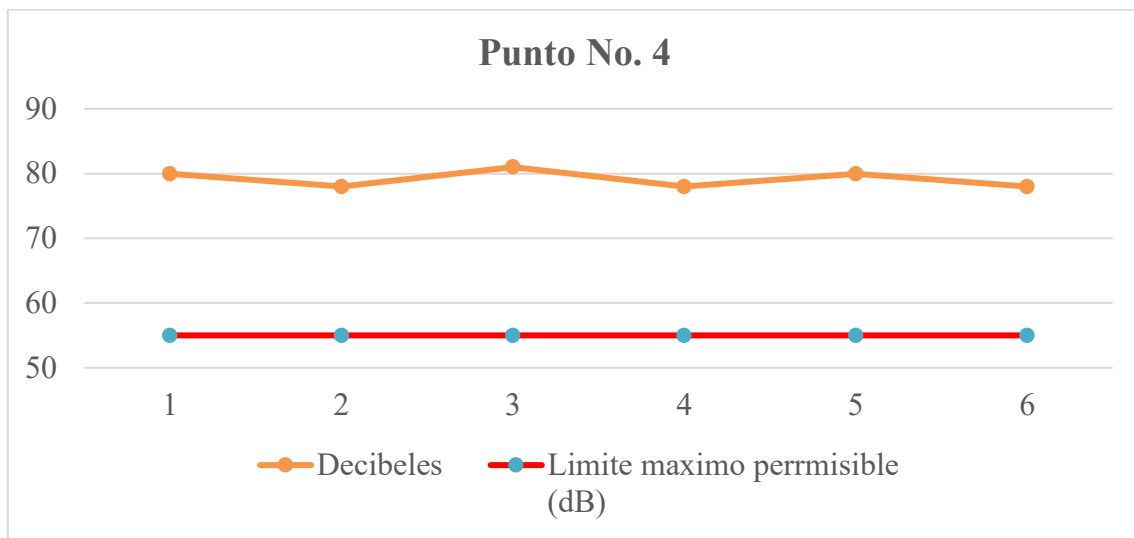
Elaborado por: Steven Morán

Ilustración 7 Resultado de muestreo en el punto No. 3



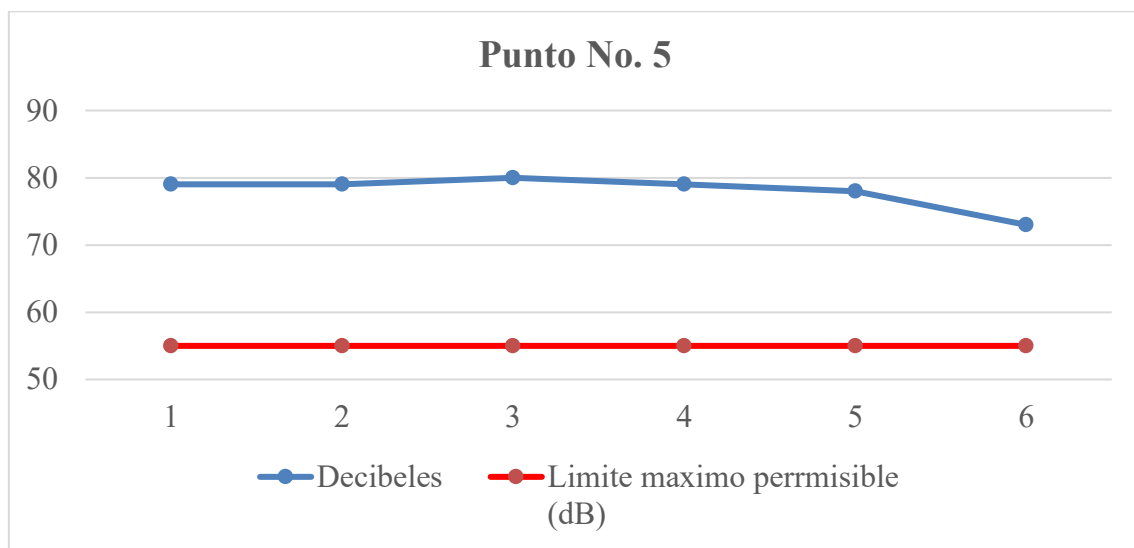
Elaborado por: Steven Morán

Ilustración 8 Resultado de muestreo en el punto No. 4



Elaborado por: Steven Morán

Ilustración 9 Resultado de muestreo en el punto No. 5



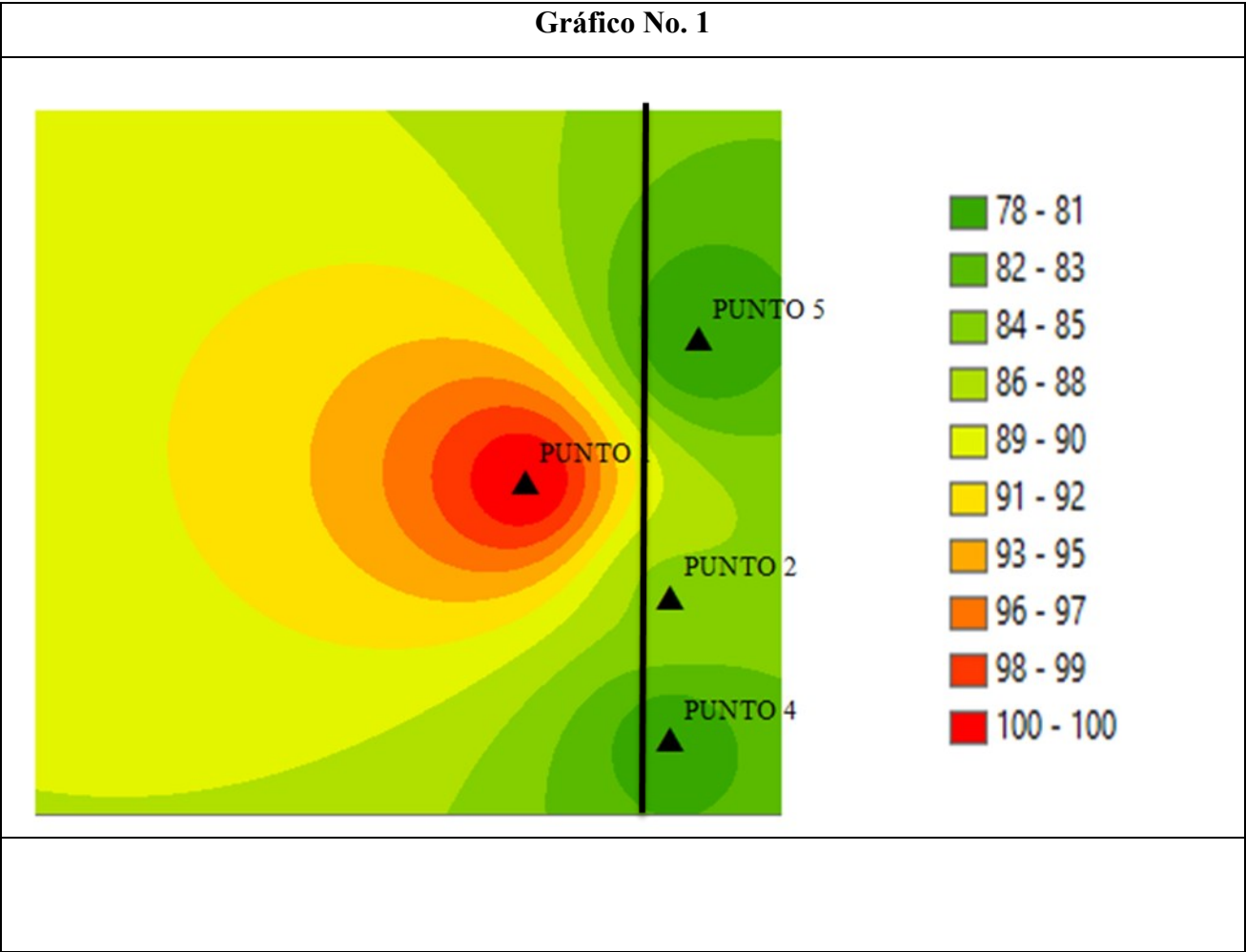
Elaborado por: Steven Morán

Los datos presentados muestran que las mediciones de presión sonora del taller industrial metalmecánico en el Punto No. 1 indican niveles de ruido que, en su mayoría, superan los 85 dB, excediendo el límite máximo permisible establecido por el Decreto Ejecutivo 2393. Además, en los Puntos No. 2 al No. 5, los niveles de ruido sobrepasan los 55 dB, lo cual excede lo estipulado en el Acuerdo Ministerial 097-A. Este ruido es particularmente elevado durante actividades como el pintado, donde el compresor es la

principal fuente de sonido, así como durante procesos de pulido, corte, y uso de taladros. Los niveles de ruido pueden afectar negativamente la salud y el bienestar del personal que trabaja en un taller industrial metalmecánico. Por ello, es crucial adoptar estrategias y medidas correctivas para reducir el ruido y garantizar la protección de los trabajadores. Además, la reducción del ruido no solo contribuirá a un entorno de trabajo más seguro, sino que también mejorará la capacidad de concentración y el rendimiento de los estudiantes, minimizando la fatiga auditiva y otros efectos adversos relacionados con la exposición prolongada a niveles elevados de ruido.

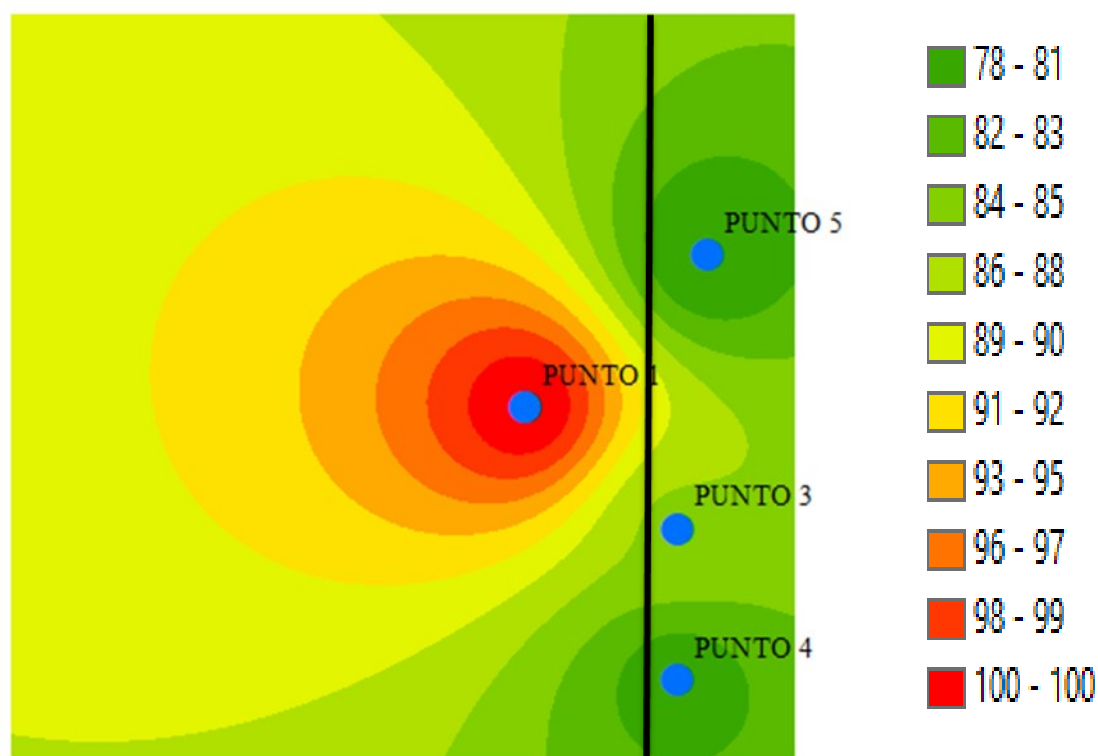
4.1.2 *Análisis de la influencia del ruido en el taller metalmecánico utilizando ArcGIS*

Tabla 8: *Análisis de la contaminación acústica en ArcGIS*



En el gráfico No. 1 se consideraron 4 de los 5 puntos de muestreo. Solo se utilizaron estos puntos porque existe un mismo punto en el que se evaluó el ruido ambiental cuando la puerta del taller metalmecánico se encuentra abierta.

Gráfico No. 2



En el gráfico No. 2 se consideraron 4 puntos de muestreo, en los cuales se evaluó el ruido ambiental con la puerta del taller metalmecánico cerrada. Como resultado, se observó una menor influencia de ruido en comparación con el grafico anterior.

Elaborado por: Steven Morán

Los gráficos presentados proporcionan una representación visual detallada de la dispersión del ruido en el taller metalmecánico bajo dos condiciones diferentes: con la puerta abierta y cerrada. Esta comparación permite identificar cómo la apertura de la puerta influye en los niveles de ruido ambiental, destacando áreas de mayor y menor exposición. La información obtenida de los mapas de ruido es esencial para implementar medidas de control acústico, mejorar la salud ocupacional en el taller y reducir el impacto

del ruido en las áreas circundantes. Además, el uso de ArcGIS facilita el análisis espacial, lo que permite una planificación más efectiva y decisiones informadas basadas en datos precisos y con referencia geográfica.

4.2 Resultados de muestras en el banco de pruebas

Después de completar el estudio en el taller industrial metalmecánico, se procedió a establecer un banco de pruebas con diversos materiales que podrían ser reutilizados en lugar de descartarse. Estos materiales, al no contar con un uso alternativo para la reducción de la contaminación acústica, generan residuos que afectan de manera adversa al medio ambiente. Por lo tanto, se exploraron diferentes opciones para su reutilización, buscando no solo reducir la contaminación, sino también encontrar soluciones sostenibles que otorguen un valor añadido a los materiales considerados como desechos.

El principal objetivo de este banco de pruebas es evaluar la viabilidad de estos materiales en la reducción de la contaminación acústica. A través de pruebas controladas, se medirá la capacidad de cada material para disminuir los niveles de ruido en el taller, lo que permitirá identificar cuál de ellos es más eficaz para mitigar el impacto sonoro. Esta evaluación es fundamental no solo para elegir el material más adecuado, sino también para crear un ambiente de trabajo más seguro y cómodo, disminuyendo la exposición al ruido tanto para los estudiantes como para el personal.

Tabla 9: Banco de pruebas

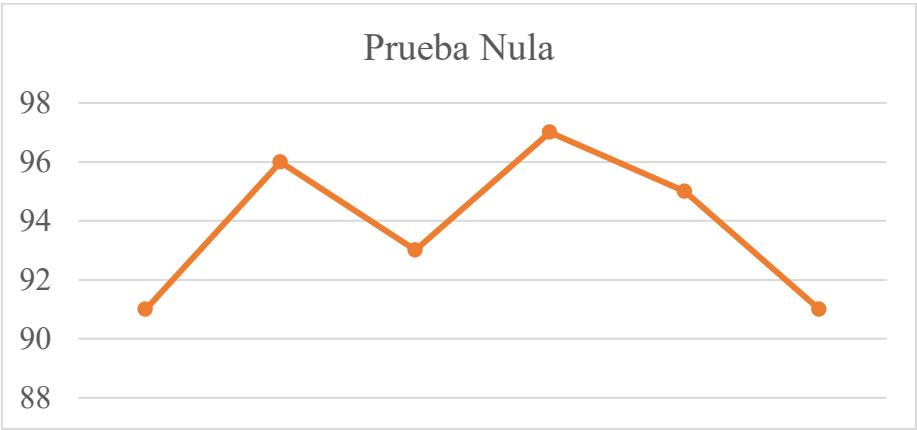
Introducción	Se utilizó el banco de pruebas para identificar los tipos de materiales más eficaces para reducir la contaminación acústica en el taller metalmecánico.			
		N	6	
Materiales	Prueba	Muestras	Decibeles	Promedio
	En la primera prueba, se realizó un monitoreo de 15	3 seg	91	94,44
		5 seg	96	

Banco sin materiales (Prueba nula)	segundos sin materiales para establecer los niveles de decibeles de referencia producidos por la bocina.	7 seg	93	
		10 seg	97	
		12 seg	95	
		15 seg	91	
Espumafon, cubeta de huevo y tapas con algodón	En la segunda prueba, se implementaron materiales como espumafon, cubetas de huevo y tapas con algodón, observándose una ligera disminución en los niveles de decibeles.	3 seg	92	91,93
		5 seg	91	
		7 seg	90	
		10 seg	93	
		12 seg	94	
		15 seg	90	
Cubeta de huevo, papel reciclado + goma y lana	En la tercera prueba, se utilizaron materiales como cubetas de huevo, papel reciclado, goma y lana, lo que resultó en una reducción moderada de los niveles de decibeles.	3 seg	91	91,37
		5 seg	89	
		7 seg	92	
		10 seg	93	
		12 seg	90	
		15 seg	92	
Cubeta de huevo, papel reciclado + goma, corcho	En la cuarta prueba se implementaron materiales como cubetas de huevo, papel reciclado con goma, y corcho. Se observó una disminución leve en los niveles de decibeles, con un promedio de 88,66 dB.	3 seg	90	88,66
		5 seg	91	
		7 seg	87	
		10 seg	84	
		12 seg	90	
		15 seg	86	
Cubeta de huevo, papel reciclado + goma, esponja de poliuretano, tela jean	En la quinta prueba se emplearon cubetas de huevo, papel reciclado con goma, esponja de poliuretano y tela jean. Los resultados mostraron una reducción notable en los niveles de decibeles, alcanzando un promedio de 86,23 dB.	3 seg	82	86,23
		5 seg	92	
		7 seg	85	
		10 seg	84	
		12 seg	82	
		15 seg	77	
Cubeta de huevo, papel reciclado + goma, esponja de	En la sexta prueba se usaron cubetas de huevo, papel reciclado con goma,	3 seg	89	88,89
		5 seg	91	

poliuretano, tela piqué	esponja de poliuretano y tela piqué. Esta combinación de materiales mostró una reducción moderada en los niveles de decibeles, con un promedio de 88,89 dB.	7 seg	87
		10 seg	83
		12 seg	88
		15 seg	91
Simbología	N	Cantidad de veces a realizar el monitoreo	
	6	Resultado del monitoreo	

Elaborado por: Steven Morán

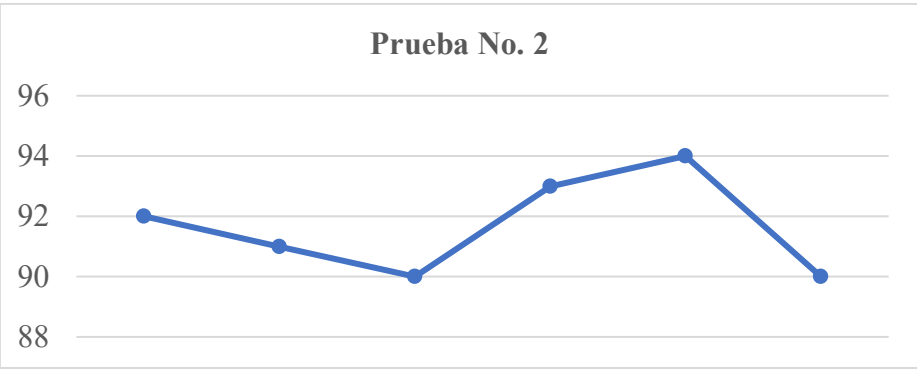
Ilustración 10 Resultados de la muestra nula en el banco de pruebas



Elaborado por: Steven Morán

En el gráfico anterior se presentan los resultados obtenidos en la prueba nula en el banco de pruebas. Esta prueba se realizó para identificar los niveles de presión que se generarían al colocar el banco de pruebas.

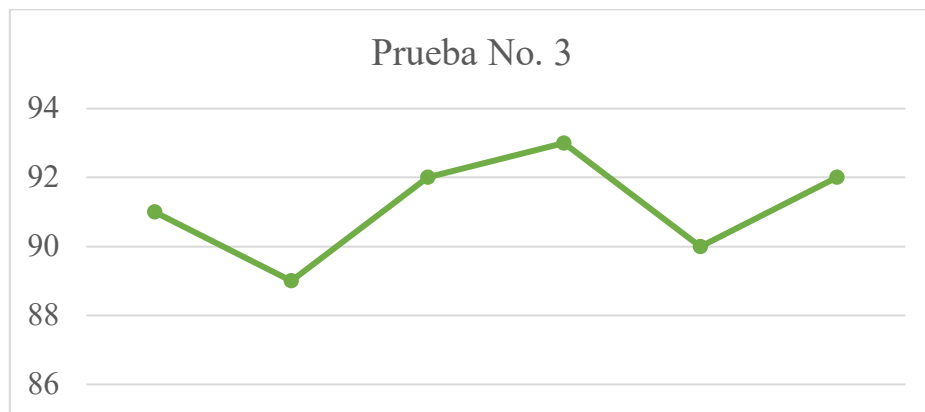
Ilustración 11 Resultados de la muestra No. 2 en el banco de pruebas



Elaborado por: Steven Morán

En el gráfico anterior se presentan los resultados obtenidos en la segunda prueba, donde se comenzaron a introducir materiales como poliestireno expandido, cubetas de huevo y tapas con algodón. En esta prueba se evidenció una leve reducción de los niveles de presión sonora.

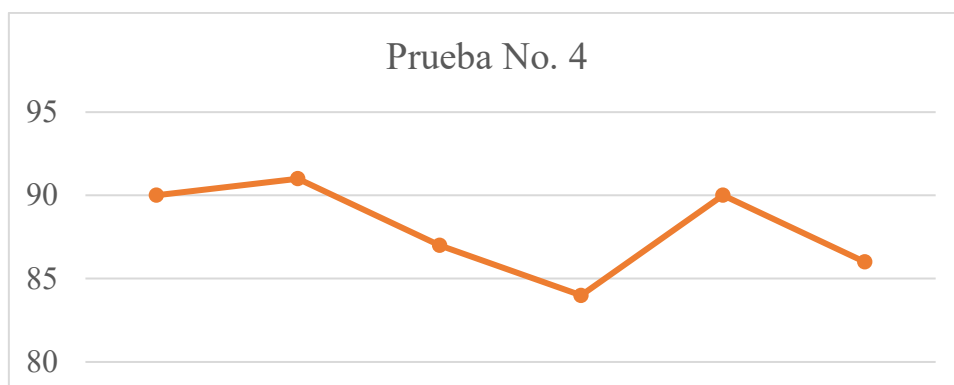
Ilustración 12 Resultados de la muestra No.3 en el banco de pruebas



Elaborado por: Steven Morán

En el gráfico anterior se presentan los resultados obtenidos en la tercera prueba, donde se utilizaron materiales como cubetas de huevo, papel reciclado con goma y lana. En esta prueba se evidenció una reducción muy leve en los niveles de ruido.

Ilustración 13 Resultados de la muestra No. 4 en el banco de pruebas

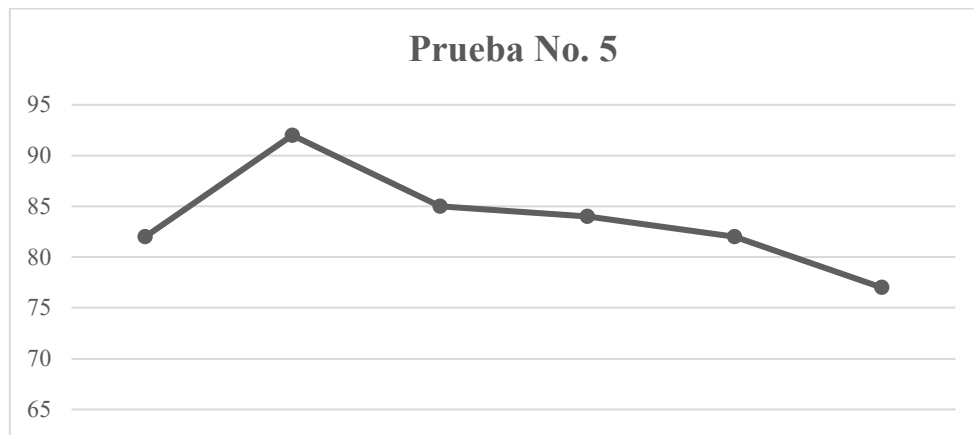


Elaborado por: Steven Morán

En el gráfico anterior se presentan los resultados obtenidos en la cuarta prueba, donde se colocaron materiales como cubetas de huevo, papel reciclado con goma, esponja

de poliuretano y tela de jean. En esta prueba se evidenció una reducción eficiente en comparación con las primeras pruebas, lo que llevó a trabajar con tela de jean.

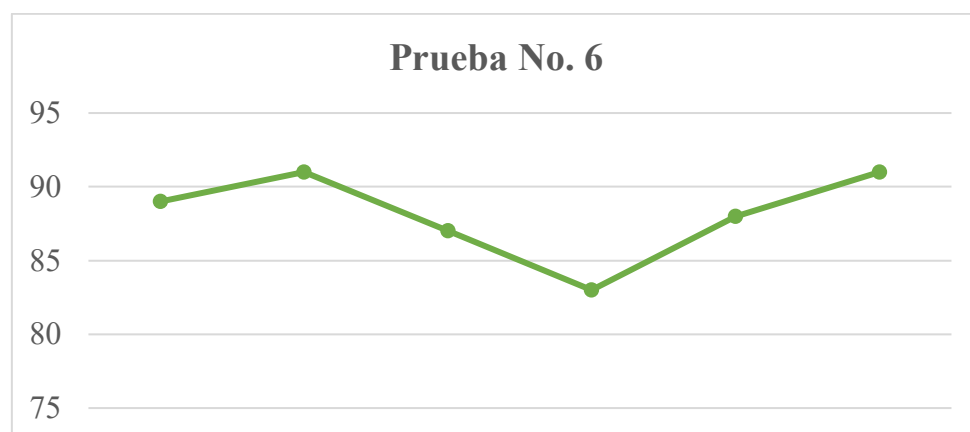
Ilustración 14 Resultados de la muestra No.5 en el banco de pruebas



Elaborado por: Steven Morán

En el gráfico anterior se presentan los resultados obtenidos en la quinta prueba, donde se introdujeron materiales como cubetas de huevo, papel reciclado con goma, esponja de poliuretano y tela de jean. En esta prueba se evidenció una leve reducción en los niveles de presión sonora.

Ilustración 15 Resultados de la muestra No.6 en el banco de pruebas



Elaborado por: Steven Morán

En el gráfico anterior se presentan los resultados obtenidos en la sexta prueba, donde se comenzaron a introducir materiales como cubeta de huevo, papel reciclado +

goma, esponja de poliuretano, tela piqué, en esta prueba también existieron disminución de ruido, pero menos que la prueba anterior y esto se vio reflejado por el tipo de tela que se consideró

Los resultados obtenidos en el banco de pruebas indican que los paneles acústicos fabricados con una combinación de cubeta de huevo, papel reciclado más goma, esponja de poliuretano, y tela de jean, logran reducir en promedio alrededor de 8,21 dB los niveles de presión sonora. Este análisis se basa en las mediciones realizadas en diversas condiciones, donde cada material fue evaluado por su capacidad de absorción y disminución del ruido.

El hecho de que estos materiales logren una reducción significativa del ruido sugiere que tienen un alto potencial para ser utilizados en aplicaciones industriales, especialmente en entornos donde el control del sonido es crítico. Este resultado no solo subraya la eficacia de estas combinaciones de materiales, sino que también destaca su viabilidad como una solución económica y sostenible para mitigar la contaminación acústica en talleres industriales.

Además, la diferencia en la capacidad de reducción de ruido entre los distintos materiales analizados proporciona una valiosa perspectiva para futuras investigaciones y aplicaciones, permitiendo identificar qué materiales o combinaciones ofrecen los mejores resultados en escenarios específicos. Esto permitirá optimizar los procesos de diseño y fabricación de paneles acústicos, asegurando una mayor eficiencia en la reducción del ruido y, por lo tanto, un entorno laboral más seguro y confortable.

4.3 Elaboración de los paneles fonoabsorbentes de ruido

Después de llevar a cabo exhaustivas pruebas en el banco de pruebas, donde se evaluó la eficacia de diversos materiales en la absorción de ruido, se obtuvieron resultados altamente satisfactorios. Estos resultados confirmaron que los materiales seleccionados

cumplían con los criterios establecidos para la reducción efectiva del ruido en entornos industriales. Con esta validación técnica, se dio inicio a la elaboración de los paneles fonoabsorbentes. Este proceso de fabricación se realizó siguiendo cuidadosamente los pasos establecidos, garantizando que cada panel cumpliera con las especificaciones necesarias para su posterior implementación en los espacios donde se requería controlar la contaminación acústica.

Tabla 10: *Fabricación de paneles fonoabsorbentes de ruido*

Pasos	Actividades	Observaciones
1	Recolectar materiales reciclables.	Se adquirieron diversos materiales reciclables como: madera, plástico, tapas, papel, cartón, telas, corcho, esponja de poliuretano, cubetas de huevos, papel bond, y papel periódico.
2	Seleccionar materiales fonoabsorbentes	Se seleccionaron materiales específicos para la atenuación de ruido como: plywood, cubetas de huevos, tela de jean y esponja de poliuretano, papel reciclado y cartón
3	Compra de pegamento y materiales adicionales.	Se adquirieron pegamento y clavos para el ensamblaje de los paneles.
4	Preparación de papel reciclado.	El papel reciclado se trituró manualmente.
5	Mezcla de papel reciclado triturado con goma y agua.	Se colocó el papel triturado manualmente en un recipiente y se mezcló con agua y goma hasta lograr una mezcla homogénea.
6	Colocar la mezcla en los paneles	La mezcla se aplicó sobre los paneles, cubriendo completamente la superficie superior.
7	Orificios en el panel	En el momento que se cubrió el panel con la mezcla, se procedió a realizar orificios con conitos metálicos, donde se introdujo el poliuretano reciclado.
8	Secado	Los paneles fueron colocados al ambiente natural y solar para secar su estructura.
9	Corte tela de jean y cartón reciclado	Una vez que los paneles están completamente secos, se coloca una base de cartón reciclado y se forra el panel con tela de jean.

10	Clasificación de paneles	Luego que los paneles están completamente armados, se procede a clasificarlos según formas geométricas, basándose en las áreas asignadas.
11	Medida de los lugares para la construcción de las cajas de mitigación de ruidos	Se midió el área donde se colocarán las cajas de mitigación de ruidos.
12	Construcción de caja mitigación de ruidos, con plywood reciclado	Con el plywood reciclado y las medidas tomadas, se construyeron las cajas de mitigación de ruidos.
13	Implementación final de la caja de mitigación de ruidos con los paneles.	Se instalaron los paneles, cubriendo completamente la caja
14	Resultado final	Y finalmente se procedió a medir el porcentaje del ruido, obteniendo así resultados favorables

Elaborado por: *Steven Morán*

4.4 Resultados luego de la implementación de los paneles fonoabsorbentes de ruido

Luego de la implementación de los paneles fonoabsorbentes, se llevó a cabo un nuevo monitoreo de los niveles de ruido en los mismos puntos evaluados anteriormente. Los resultados obtenidos reflejan una notable reducción en los niveles de decibelios, comparados con los datos iniciales. La tabla No. 13 muestra los promedios de decibelios registrados en cada punto de monitoreo, destacando la eficacia de los paneles en la mitigación del ruido ambiental.

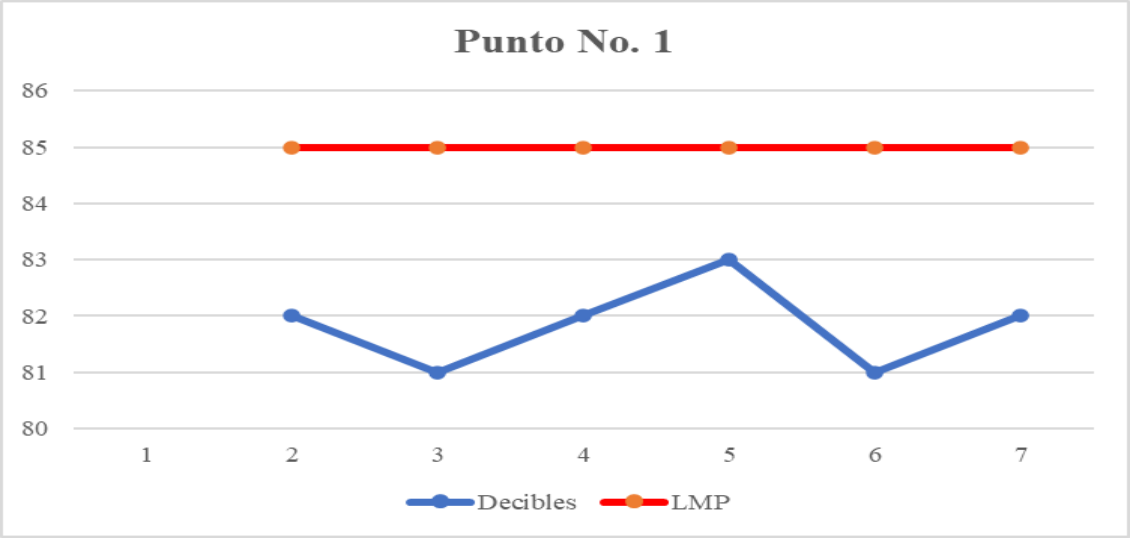
Tabla 11: *Resultados luego de la implementación*

				N	6		
	Zona	E	S	Muestras	Decibeles (dB)	Promedio (dB)	Límite máximo permisible (dB)
Punto No. 1	17 M	620038.49 m	9764441.85 m	1	82	81,89	85
				2	81		85
				3	82		85
				4	83		85
				5	81		85
				6	82		85

Punto No. 2	17 M	620043.43 m	9764437.66 m	1	71	74,42	55
				2	74		55
				3	76		55
				4	75		55
				5	74		55
				6	75		55
Punto No. 3	17 M	620043.43 m	9764437.66 m	1	68	67,96	55
				2	69		55
				3	66		55
				4	67		55
				5	68		55
				6	69		55
Punto No. 4	17 M	620043.16 m	9764432.42 m	1	66	66,15	55
				2	65		55
				3	69		55
				4	66		55
				5	65		55
				6	64		55
Punto No. 5	17 M	620044.66 m	9764446.75 m	1	65	66,30	55
				2	66		55
				3	65		55
				4	67		55
				5	68		55
				6	66		55
Simbología		N	Cantidad de veces a realizar el monitoreo				
		6	Resultado del monitoreo				

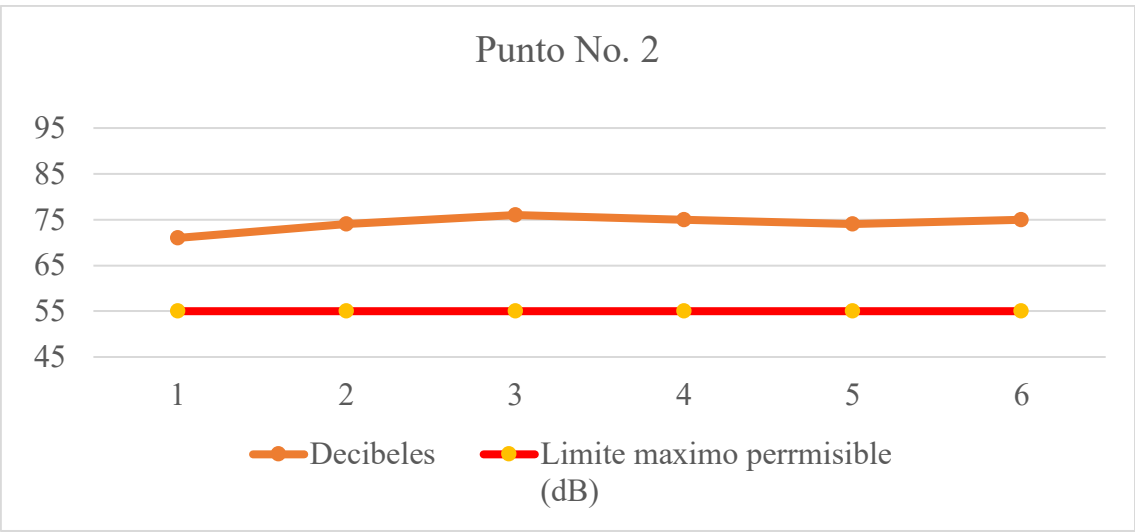
Elaborado por: Steven Morán

Ilustración 16 Resultados de la implementación del punto No.1 en el taller industrial metalmecánico



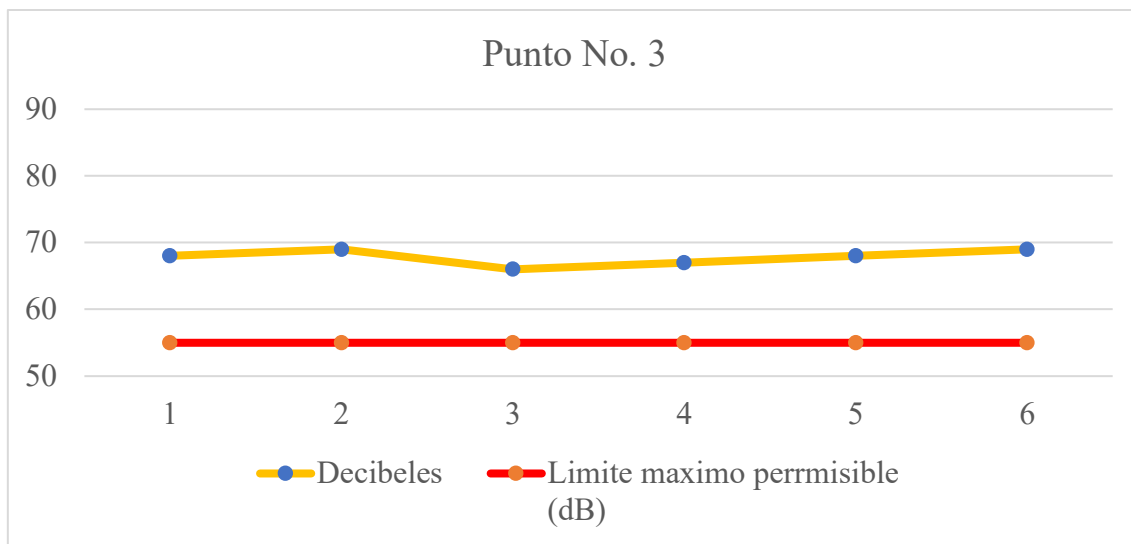
Elaborado por: Steven Morán

Ilustración 17 Resultados de la implementación del punto No.2 en el taller industrial metalmecánico



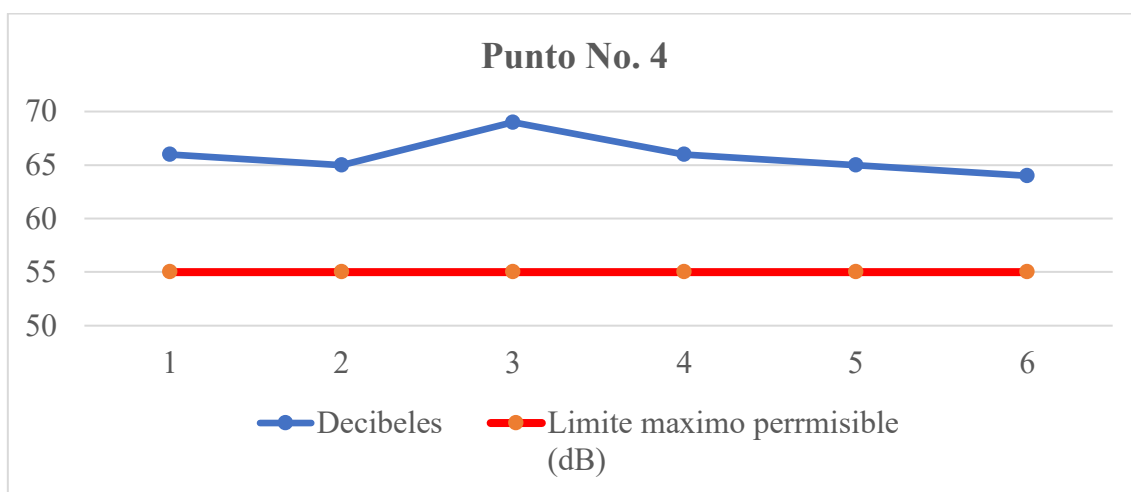
Elaborado por: Steven Morán

Ilustración 18 Resultados de la implementación del punto No.3 en el taller industrial metalmecánico.



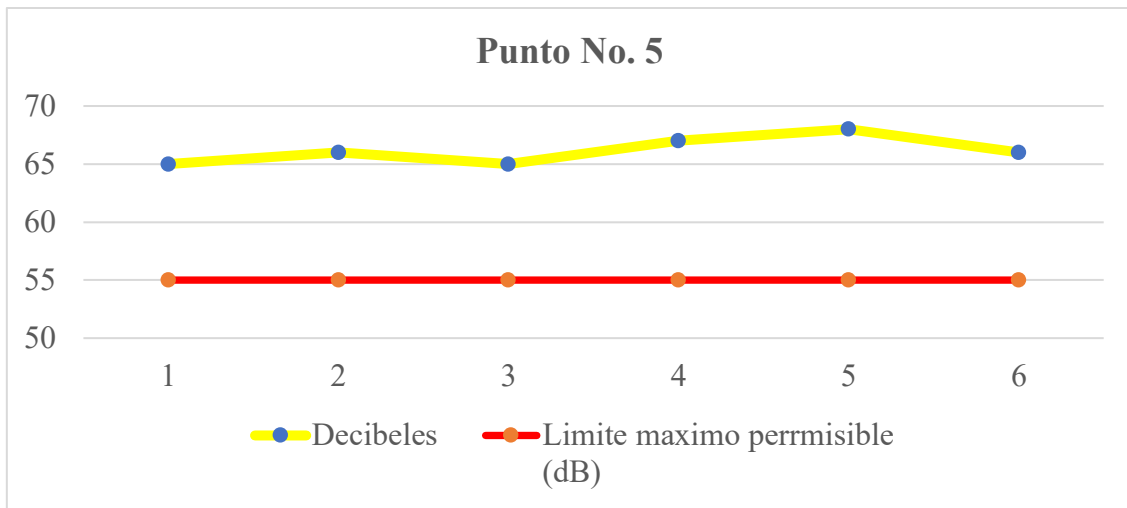
Elaborado por: Steven Morán

Ilustración 19 Resultados de la implementación del punto No.4 en el taller industrial metalmecánico.



Elaborado por: Steven Morán

Ilustración 20 Resultados de la implementación del punto No.5 en el taller industrial metalmecánico.

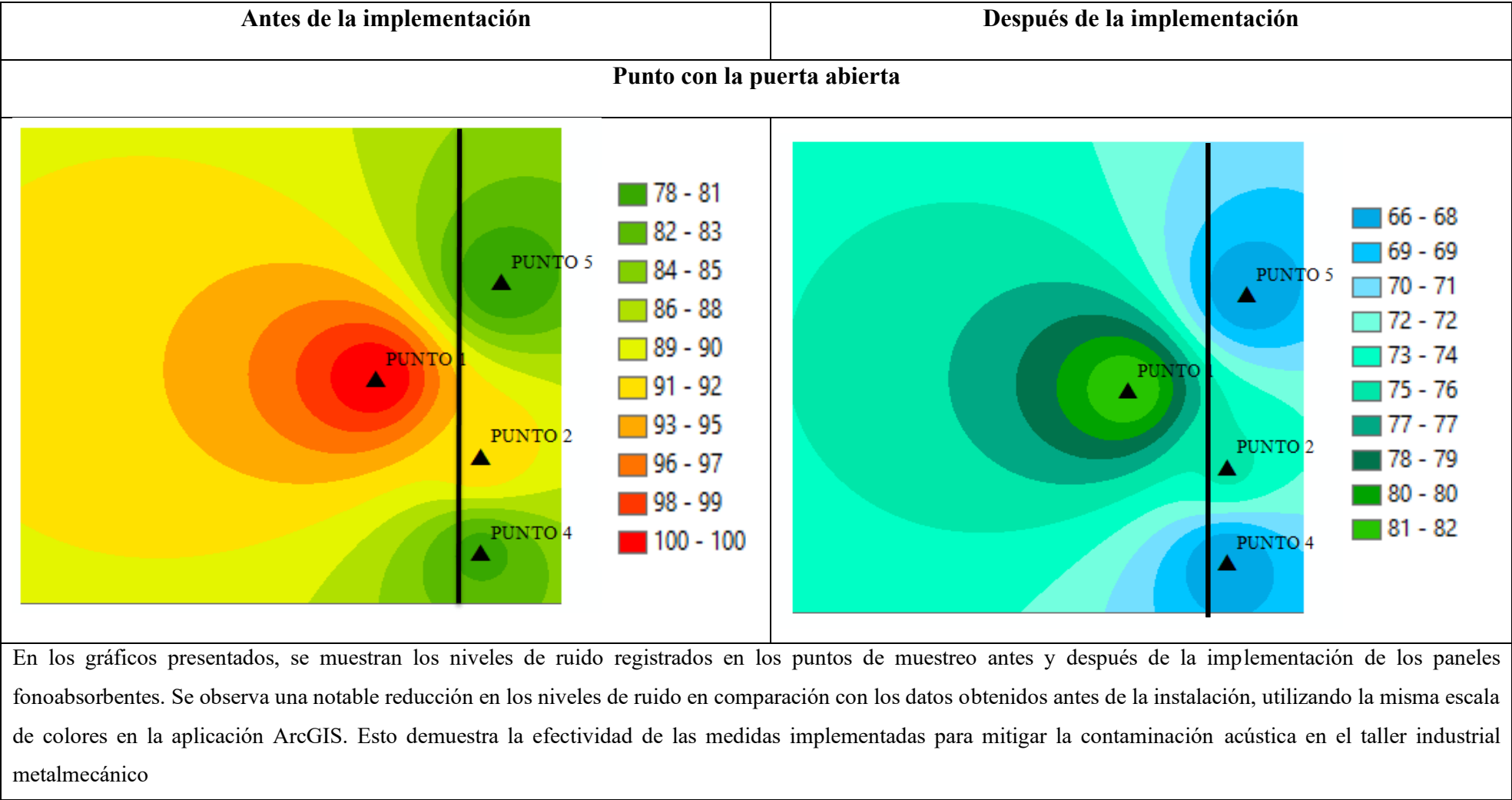


Elaborado por: *Steven Morán*

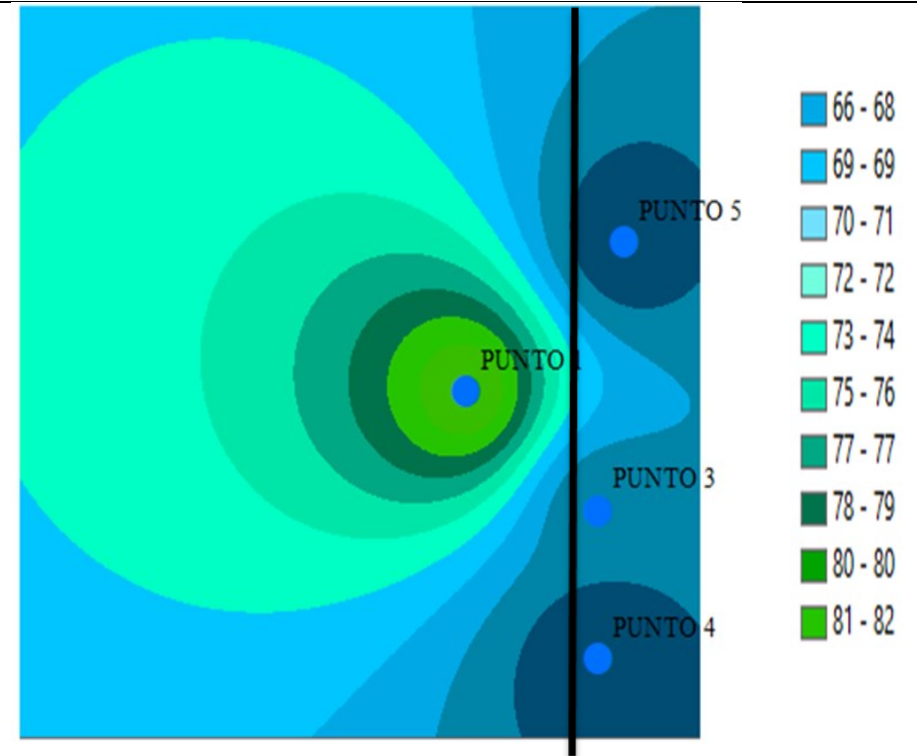
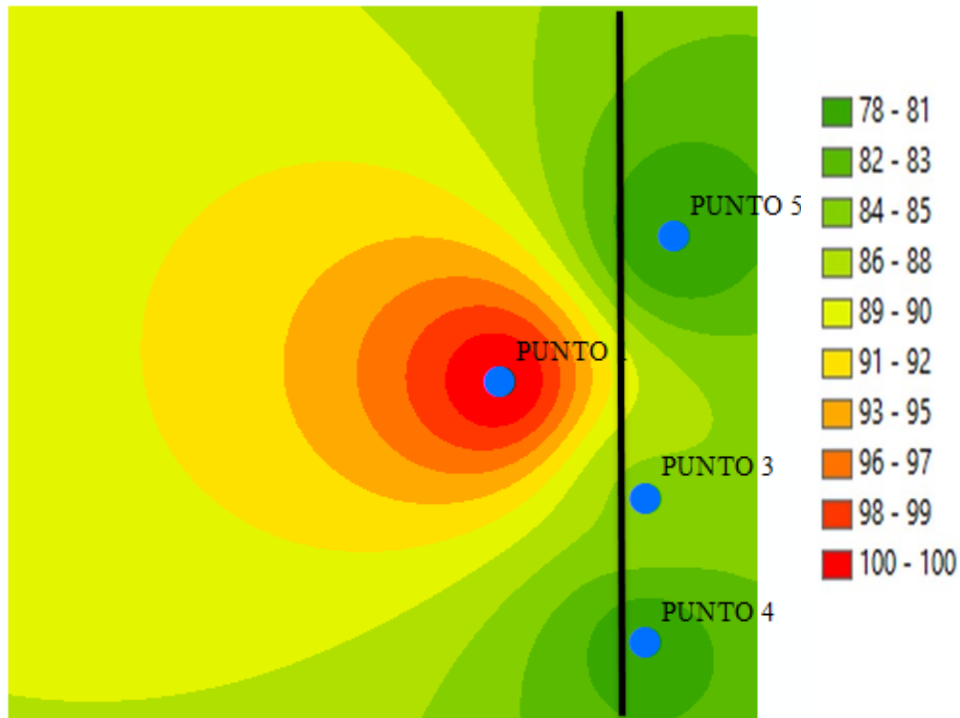
4.4.1 Análisis de la influencia del ruido en el Taller Metalmecánico

Utilizando ArcGIS luego de la implementación

Tabla 12: Influencia de ruido luego de la implementación



Punto con la puerta cerrada



En los gráficos presentados, se muestran los niveles de ruido registrados en los puntos de muestreo antes y después de la implementación de los paneles fonoabsorbentes. Se observa una diferencia comparada con los anteriores y esto se debe porque se realizaron los estudios con la puerta cerrada, utilizando la misma escala de colores en la aplicación ArcGIS. Lo que demuestra la efectividad de las medidas adoptadas para reducir la contaminación acústica en el taller metalmecánico

Elaborado por: *Steven Morán*

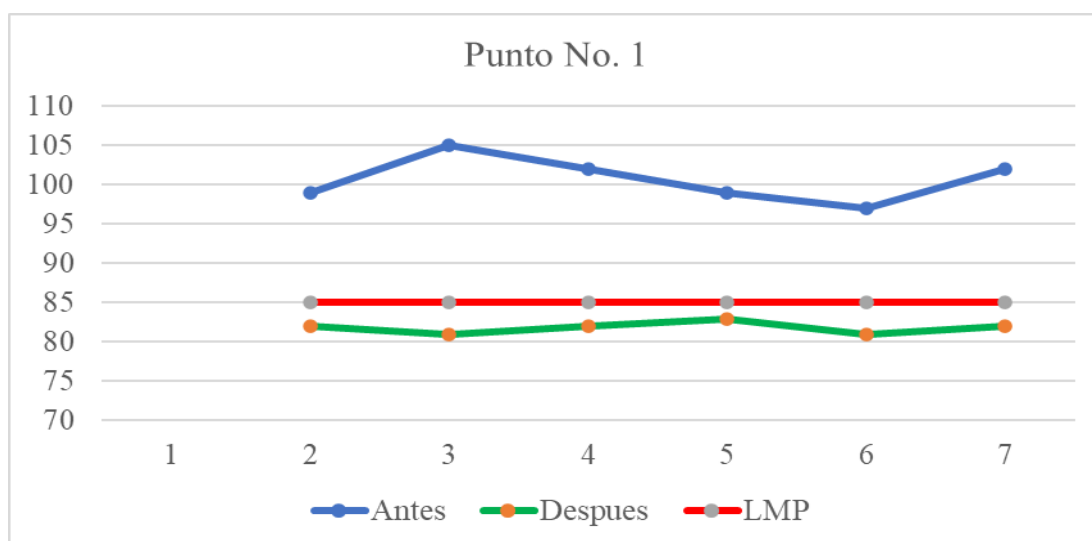
4.5 Comparación de los resultados obtenidos

Tabla 13: Comparación de los resultados

	E	S	Muestras	Decibeles antes de la implementación (dB)	Decibeles después de la implementación (dB)	LMP
Punto No. 1	620038.49 m	9764441.85 m	1	99	82	85
			2	105	81	85
			3	102	82	85
			4	99	83	85
			5	97	81	85
			6	102	82	85
Punto No. 2	620043.43 m	9764437.66 m	1	91	71	55
			2	92	74	55
			3	91	76	55
			4	93	75	55
			5	92	74	55
			6	93	75	55
Punto No. 3	620043.43 m	9764437.66 m	1	84	68	55
			2	85	69	55
			3	88	66	55
			4	82	67	55
			5	83	68	55
			6	85	69	55
Punto No. 4	620043.16 m	9764432.42 m	1	80	66	55
			2	78	65	55
			3	81	69	55
			4	78	66	55
			5	80	65	55
			6	78	64	55
Punto No. 5	620044.66 m	9764446.75 m	1	79	65	55
			2	79	66	55
			3	80	65	55
			4	79	67	55
			5	78	68	55
			6	73	66	55

Elaborado por: Steven Morán

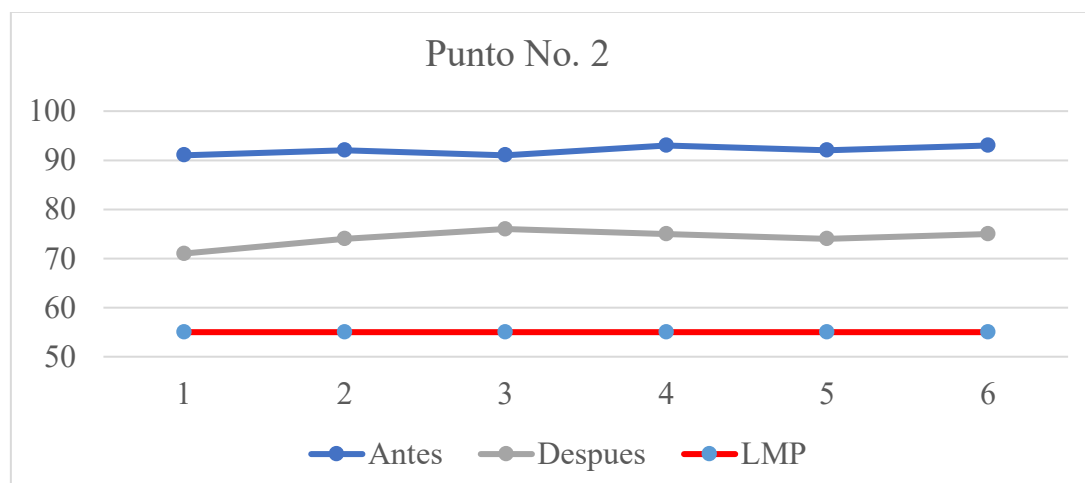
Ilustración 21 Resultados del antes y después de la implementación del punto No.1 en el taller industrial metalmecánico.



Elaborado por: Steven Morán

Para el Punto No. 1, se observa que los niveles de ruido antes de la implementación de las medidas correctivas se mantenían elevados, con valores alrededor de 105 dB. Tras la implementación, se evidencia una disminución significativa en los niveles de ruido, alcanzando un rango de 80 a 85 dB. Destacando así, estos valores cumplen con el límite máximo permisible (LMP) de 85 dB según el decreto ejecutivo 2393.

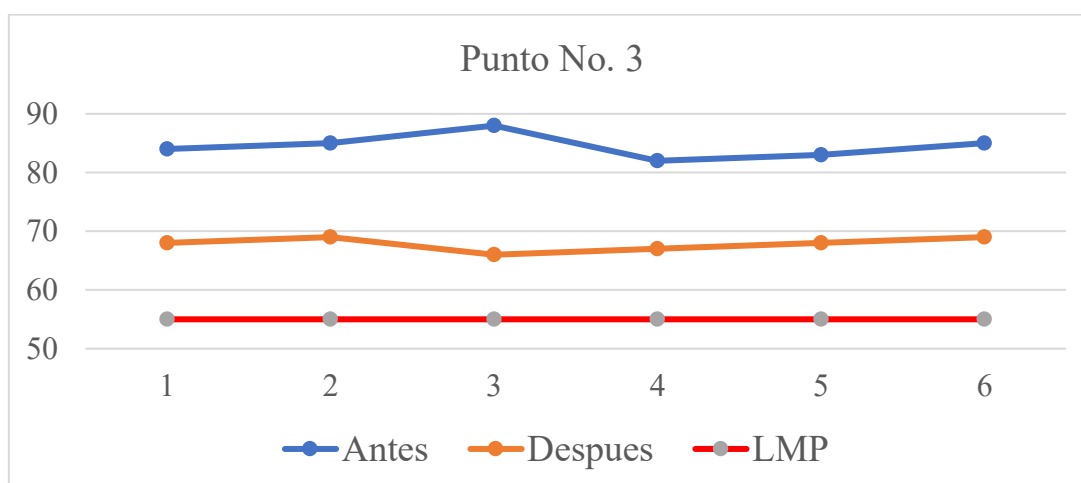
Ilustración 22 Resultados de la implementación del punto No.2 en el taller industrial metalmecánico.



Elaborado por: *Steven Morán*

En el punto No. 2, los niveles de ruido antes de la implementación se mantuvieron consistentemente alrededor de 91 y 93 dB. Tras aplicar las medidas correctivas, se logró una reducción, pero los valores se mantuvieron entre 71 y 75 dB, lo que aún superó el límite máximo permisible de 55 dB, según lo estipulado en el acuerdo ministerial 097-A. Esto indicó que, a pesar de la mejora, las medidas no fueron suficientes para cumplir completamente con los estándares. Además, se observó que la actividad comercial del sector y la circulación vehicular contribuyeron al incremento de los niveles de presión sonora en el punto de muestreo.

Ilustración 23 *Resultados de la implementación del punto No.3 en el taller industrial metalmecánico*

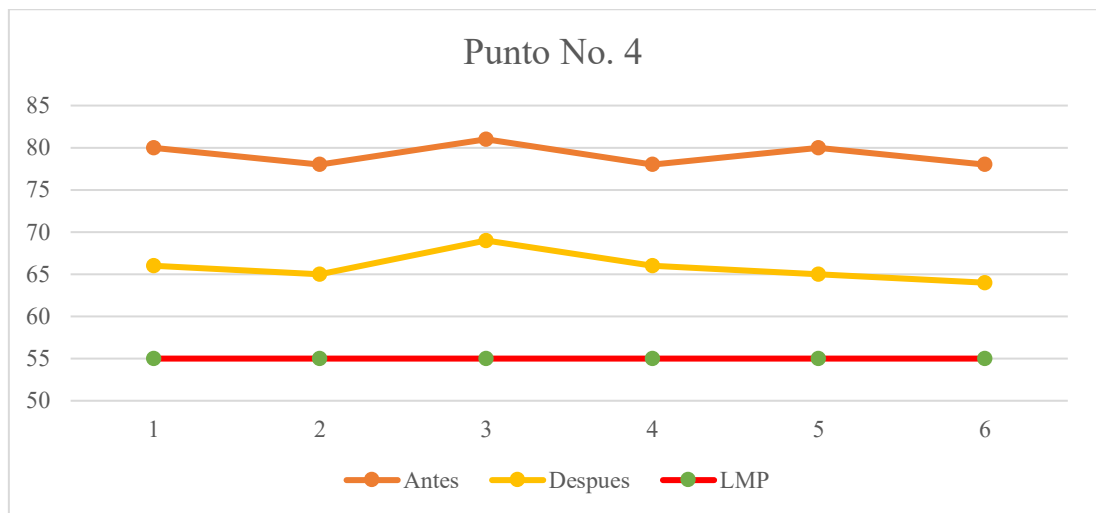


Elaborado por: *Steven Morán*

En el punto No. 3, los niveles de ruido antes de la implementación se mantuvieron relativamente constantes, alrededor de 82 a 88 dB. Tras aplicar las medidas correctivas, se logró una reducción moderada, con los niveles de ruido disminuyendo a un rango de 66 a 70 dB. Aunque se observó una mejora, los valores aún estuvieron por encima del límite máximo permisible de 55 dB, de acuerdo con lo establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A. Esto demostró que, aunque las medidas implementadas lograron una mejora, no fueron suficientes para alcanzar el cumplimiento total con los estándares

requeridos. Además, se notó que las características específicas del entorno, como la disposición del espacio y las actividades realizadas, contribuyeron a los niveles de presión sonora incrementen según lo registrado en el punto de muestreo.

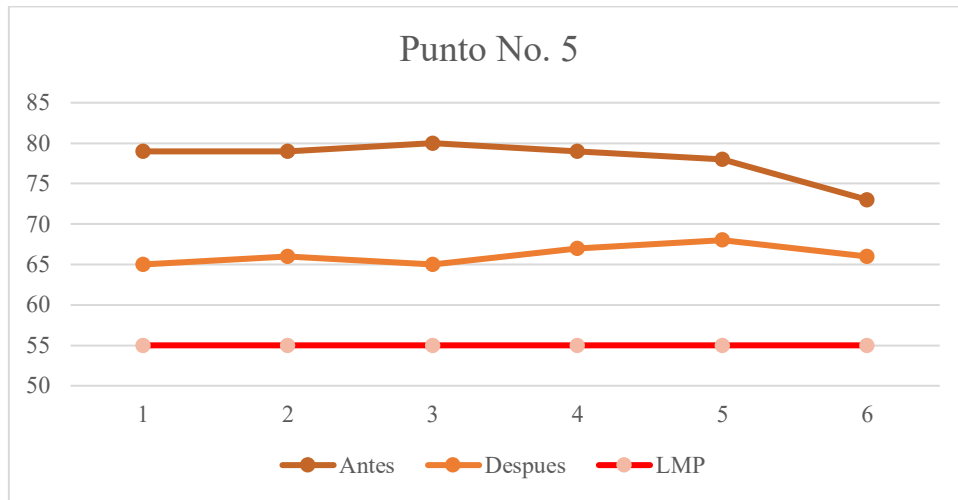
Ilustración 24 Resultados de la implementación del punto No.4 en el taller industrial metalmecánico



Elaborado por: Steven Morán

En el punto No. 4, los niveles de ruido antes de la implementación se sitúan entre 80 y 85 dB. Tras las medidas correctivas, se logra una disminución en los niveles de ruido, reduciéndose a un rango de 70 a 75 dB. A pesar de esto, estos valores siguen superando el límite máximo permitido (LMP) de 55 dB. Esto señaló que, aunque hubo una mejora, las acciones implementadas no lograron cumplir plenamente con los estándares establecidos. También se determinó que la actividad comercial en el área y la circulación vehicular contribuyeron al incremento de los niveles de presión sonora en el punto analizado.

Ilustración 25 Resultados de la implementación del punto No.5 en el taller industrial metalmecánico



Elaborado por: Steven Morán

En el punto No. 5, los niveles de ruido antes de la implementación se situaban entre 73 y 80 dB. Tras aplicar las medidas correctivas, se logró una disminución en los niveles de ruido, reduciéndose a un rango de 65 a 68 dB. Sin embargo, estos valores siguen superando el límite de 55 dB establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A. Aunque la reducción es significativa, el nivel de ruido en este punto aún excede el límite normativo, lo que indica la necesidad de medidas adicionales para alcanzar los valores aceptables. No obstante, se debe considerar que los valores de ruido se vieron incrementados por las diversas actividades que suelen ocurrir alrededor del taller industrial metalmecánico.

5. Conclusiones

La evaluación inicial permitió identificar los equipos con mayor emisión de ruido mediante el uso del sonómetro “Elicrom 308”, lo que evidenció que las actividades superaban los límites establecidos por la normativa ambiental vigente. Se lograron los objetivos planteados al construir e implementar paneles absorbentes de ruido utilizando material reciclable fonoabsorbente para minimizar la contaminación acústica en un taller industrial metalmecánico.

A través de la experimentación con materiales reciclados se fabricaron paneles acústicos que demostraron ser efectivos para reducir la contaminación acústica en zonas críticas del taller.

Luego de la implementación de los paneles, se obtuvo una disminución notable en los niveles de ruido, alcanzando una reducción de alrededor de 15 dB en la parte externa del taller, lo cual contribuyó a la mejora del entorno acústico y a la reducción del ruido ambiental. No obstante, a pesar de la mejora significativa, no se logró cumplir completamente con los límites máximos permisibles establecidos por el acuerdo ministerial 097-A debido a las actividades antropogénicas del sector.

Finalmente, la viabilidad de utilizar materiales reciclables para la fabricación de paneles acústicos ofrece una solución sostenible para reducir la contaminación sonora generada por el sector industrial. No obstante, los resultados también sugieren la necesidad de considerar soluciones adicionales y más complejas para alcanzar los estándares requeridos y garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable para los operarios. Es crucial minimizar los impactos negativos del ruido en su bienestar y productividad.

6. Recomendaciones

Para alcanzar los límites máximos permisibles según la normativa, se recomienda complementar la implementación de paneles acústicos con otras medidas de control, como la instalación de barreras acústicas y la mejora del aislamiento en áreas críticas del taller. Estas soluciones adicionales pueden ser eficaces para mitigar las fuentes de ruido que los paneles no lograron eliminar por completo, asegurando que se contribuya a reducir la contaminación acústica ambiental.

Se recomienda llevar a cabo programas de sensibilización para los operadores sobre la importancia de la reducción del ruido y las prácticas para minimizar la exposición sonora. La educación del personal sobre el uso adecuado de equipos y la implementación de medidas preventivas contribuye significativamente a la eficacia global del sistema de control de ruido y fomenta una cultura de seguridad y bienestar en el entorno laboral.

Es fundamental realizar un monitoreo de los niveles de presión sonora y actualizar regularmente el mapa de ruido utilizando ArcGIS. Esta herramienta facilita la evaluación continua de la efectividad de los paneles acústicos y otras medidas implementadas, permitiendo realizar ajustes en respuesta a los cambios en el entorno industrial.

7. Referencias bibliográficas

- (CEAV), C. E. (2023). *CONTAMINACIÓN ACÚSTICA*. Valencia: Olelibros.
- *Acuerdo Ministerial 097-A*. (2015). Quito.
- *Acuerdo no. 061 reforma del libro vi del texto unificado de legislación secundaria*. (2015). Ecuador.
- ambiente, C. o. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. ecuador.
- Arias, V. y. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, volumen 62(Núm. 2,). Obtenido de <https://revistaalergia.mx/ojs/index.php/ram/article/view/181/309>
- Arteaga, A. A. (2020). *Analisis del ruido de tráfico en la parroquia rural de conocoto*. Quito.
- Briones Ortiz, L. B. (2023). Ruido laboral y su relación con la pérdida auditiva en empleados en Empresas de Salud Pública. *JOURNAL OF SCIENCE AND RESEARCH*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-RuidoLaboralYSuRelacionConLaPerdidaAuditivaEnEmple-9229404.pdf>
- Cardona, J. D. (17 de Julio de 2019). *Area metropolitana valle de aburra*. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/ruido/que-es-el-ruido.aspx#>
- Carlos Andrés Parrales Anchundia, M. A. (2023). *Evaluación de los niveles de ruido en los sectores adyacentes de la universidad politécnica salesiana sede Guayaquil campus centenario y campus maría auxiliadora provocado por el tráfico vehicular, mediante el uso de instrumentos de medición y comparación*. Guayaquil.

- Carlos Gallego, L. A. (2021). *Efectos de la Exposición al ruido en los mecánicos del taller Serviautos de Guadalajara*, tesis. Buga-Valle del Cauca: Editorial Universidad de Guadalajara.
- Castro, J. (2021). *Conceptos básicos del ruido ambiental*. Ambato.
- Chaquina Torres, A. R. (2023). *Estudio de ruido ambiental y percepción comunitaria ante la contaminación acústica en una zona urbana del centro norte de Quito*. . Quito.
- *Código Orgánico del Ambiente*. (2017). Ecuador.
- Cristina Linares, J. D. (2019). Ruido de tráfico y enfermedades respiratorias. En J. D. Cristina Linares, *Ruido de tráfico y enfermedades respiratorias* (págs. 511-512).
- Cubero, J. R. (19 de 06 de 2020). *RAI Pintores*. Obtenido de Pintores industriales: <https://www.raipintores.com/blog/materiales-aislantes-acusticos/>
- Dina Barberán, S. C. (2023). *EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA GENERADA POR FUENTES FIJAS Y MÓVILES EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN CHONE*,. Calceta.
- Esteban, C. H. (2020). *riesgos por ruido y su influencia en las manifestaciones*. Ambato.
- Gámir, G. S. (2021). *REGENERACIÓN DE PAPEL PARA LA FABRICACIÓN DE PANELES ACÚSTICOS: Tesis*. Madrid: Editorial popular.
- Garcia, H. Y. (2023). *Determinacion de los niveles de presion sonora en la playita del guasmo*. Guayaquil.

- Julian Andrés Alarcón Neme, S. F. (2020). *AISLAMIENTO ACÚSTICO EN CUBETAS DE CARTÓN PARA VIVIENDAS CON CUBIERTAS DE ZINC: Tesis*. Bogotá: Editorial planeta.
- Kjær, B. &. (2019). *Ruido Ambiental*. Barcelona-España.
- Lagos, O. y. (2020). Utilidad diagnóstica de la audiometría de alta frecuencia en sujetos expuestos a ruido recreacional. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, vol.80(no.1). Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-48162020000100028
- Leon, E. J. (2019). *Implicancias de la contaminacion acustica, Tesis doctoral*. Buenos aires.
- M. S. Carrillo, J. T. (2021). Reducción de ruido industrial en un proceso productivo metalmecánico. En L. E. V. P. Ortega, *Reducción de ruido industrial en un proceso productivo metalmecánico* (págs. 41-48).
- Ministerial, A. (2015). *Acuerdo ministerial 097-A*. Guayaquil.
- Navarrete, L. Y. (2020). *Evaluación de ruido ambiental en las avenidas Universitaria y Túpac Amaru en el distrito de Comas, tesis*. Lima.
- *Ordenanza General de Edificaciones y Construcciones del Cantón Guayaquil*. (2022). Guayaquil.
- Ordoñez, R. (17 de Julio de 2020). *Simplemente MideBien*. Obtenido de <https://midebien.com/que-es-una-prueba-de-material-acustico/>

- Palacios, C.-J. (24 de abril de 2023). *Neumaticos verdes*. Obtenido de CONTAMINACIÓN / RECICLAJE: <https://blog.signus.es/neumaticos-recicladoss-contr-contaminacion-acustica/>
- Peris, E. (15 de Mayo de 2020). *European Environment Agency*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/es/articles/la-contaminacion-acustica-es-un>
- Quispe Mamani, R. G. (2021). Impacto de la contaminación sonora en la salud de la población de la ciudad de Juliaca, Perú. *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/360604165_Impacto_de_la_contaminacion_sonora_en_la_salud_de_la_poblacion_de_la_ciudad_de_Juliaca_Peru#full-text
- Reforma texto unificado legislación secundaria . (2015). En m. ambiente, *libro vi, decreto ejecutivo 3516, registro oficial suplemento* (pág. 48). Ecuador.
- *Registro Oficial de Ecuador*. (2015). Ecuador.
- Rodríguez Sánchez, H. C. (9 de Junio de 2023). Metodología para la evaluación del ruido en los talleres de Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. *ISTT*, pág. 20.
- Romero-Villacrés, R.-V. C.-V.-P. (2024). Determinación y monitoreo de puntos críticos de ruido urbano. *Novasinergia*, 21.
- Rosero, P. N. (2020). *Evaluación técnica y económica del uso de papel y cartón reciclable de hogares del distrito metropolitano de quito como método de insonorización de ruido ambiental a través de pruebas experimentales*. Quito.

- Ruiz, S. J. (6 de Septiembre de 2021). *Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático*. Obtenido de Contaminación acústica:
<https://www.atmosfera.unam.mx/contaminacion-acustica/>
- Saturio, M. Á. (17 de Noviembre de 2021). *The Conversation*. Obtenido de Vaqueros reciclados para el aislamiento acústico y térmico de edificios:
<https://theconversation.com/vaqueros-reciclados-para-el-aislamiento-acustico-y-termico-de-edificios-171772>

8. Anexos

Anexo 1

Ilustración 26 Reconocimiento del área en donde se va a realizar el estudio



Anexo 2

Ilustración 27 Primer muestreo para medir los niveles de decibeles generados por las actividades del taller



Punto de muestreo N°. 1



Punto de muestreo N°. 2



Punto de muestreo N°. 3



Punto de muestreo N°. 4



Punto de muestreo N°. 5

Ilustración 28 Determinación en donde serán ubicados los paneles fonoabsorbentes



Anexo 3

Ilustración 29 Elaboración de banco de pruebas



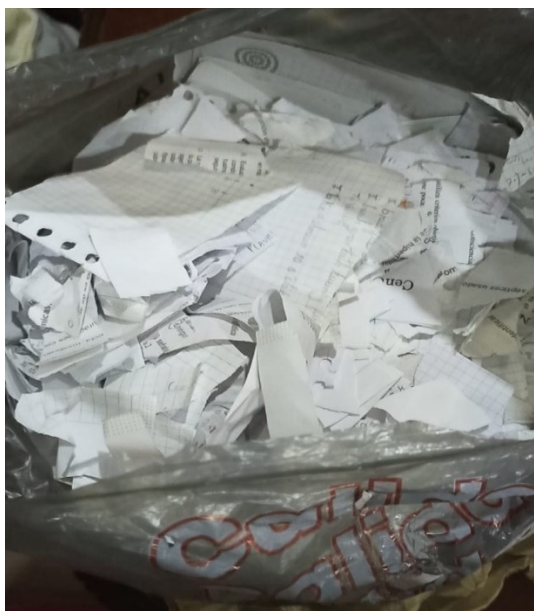
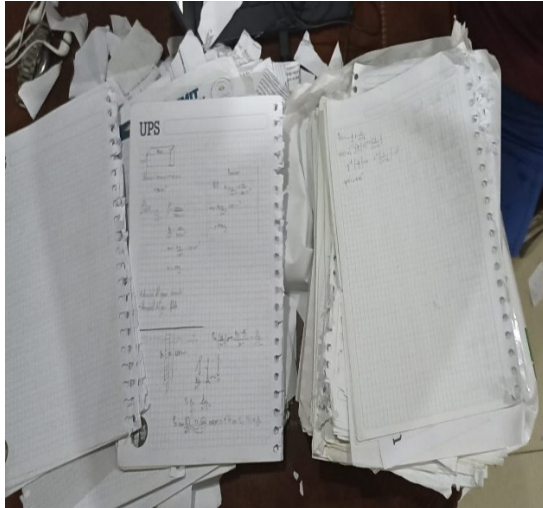
Anexo 4

Ilustración 30 Muestras realizadas en el banco de pruebas



Anexo 5

Ilustración 31 Realización de paneles fonoabsorbentes

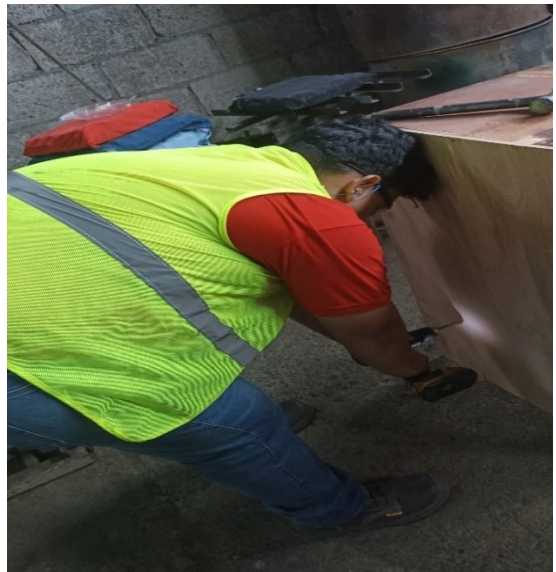
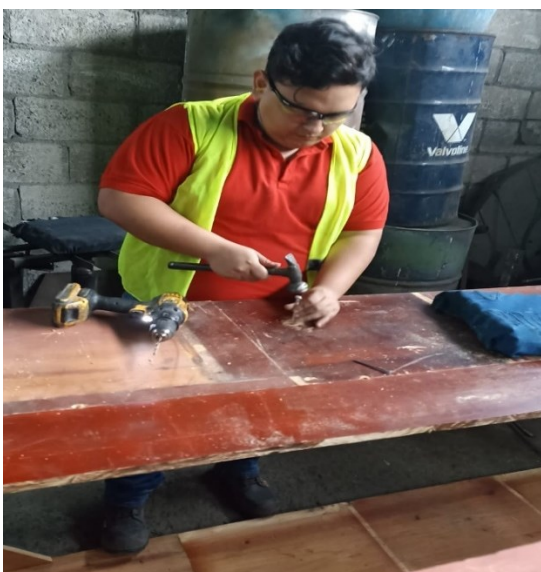






Anexo 6

Ilustración 32 Elaboración de la caja acústica



Anexo 7

Ilustración 33 Implementación de los paneles fonoabsorbentes en la caja acústica



Anexo 8

Ilustración 34 Instalación de la caja acústica con los paneles fonoabsorbentes





Anexo 9

Ilustración 35 Muestreo después de la implementación de los paneles fonoabsorbentes



Punto de muestreo N°. 1



Punto de muestreo N°. 2



Punto de muestreo N°. 3



Punto de muestreo N°. 4



Punto de muestreo N°. 5