

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INDUSTRIAL.**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Título del proyecto

**“DISEÑO DE ENCAPSULAMIENTO DEL MOTOR DE UNA PELETIZADORA DE  
BALANCEADO PARA REDUCIR EL RUIDO ANALIZANDO MATERIALES ATENUANTES EN LA  
EMPRESA EXIBAL”.**

Autor: Rafael Velarde

Tutor: Ing. Mario Cabrera Dr.

Riobamba - Ecuador

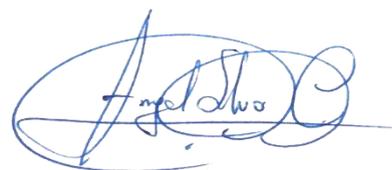
Año 2020

## REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros de tribunal de graduación, en relación con el proyecto de investigación titulado: **“Diseño de encapsulamiento del motor de una peletizadora de balanceado para reducir el ruido analizando materiales atenuantes en la empresa Exibal”** presentado por el señor Velarde Benalcázar Luis Rafael y dirigido por el Ing. Mario Cabrera, una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación, en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas y requerimientos, remitimos el presente, su uso y custodia en la biblioteca de la Universidad Nacional de Chimborazo.

**Para constancia de lo expuesto firman:**

Ing. Ángel Silva Mg.  
**PRESIDENTE DE TRIBUNAL**



.....

Ing. Mario Cabrera Dr.  
**DIRECTOR DE PROYECTO**



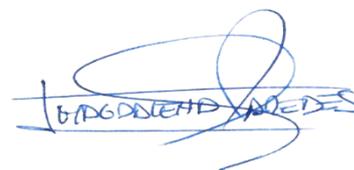
.....

Ing. Luis López Mg.  
**MIEMBRO DE TRIBUNAL**



.....

Ing. Magdalena Paredes Msc.  
**MIEMBRO DE TRIBUNAL**



.....

## DERECHO DE AUTORÍA

Yo, VELARDE BENALCÁZAR LUIS RAFAEL soy responsable de gran parte de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas expuestas en el presente trabajo de investigación, y los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional de Chimborazo.



.....  
Luis Rafael Velarde Benalcázar

C.I. 060410217-8

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y por permitirme alcanzar un sueño más en mi vida.

A mis padres Luis Velarde y Luz Benalcázar por ser mi fuerza y mi apoyo incondicional durante el transcurso de este tiempo.

A mis hermanos y sobrinos, Alex, Anita, Félix, Alexander y Ángela por estar conmigo animándome a ser cada día mejor con su voz de aliento, motivación y a mi abuelita Mariana por ser la primera persona en enseñarme que si no existe esfuerzo no existe la gloria.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por la formación académica y a cada uno de los docentes que aportaron su conocimiento durante este trayecto, en especial al Ing. Mario Cabrera por ser la guía durante este proceso y a la Ing. Magdalena Paredes, Ing. Luis López por compartir sus experiencias.

A la empresa de Balanceados Exibal por permitirme realizar mi proyecto de investigación en sus instalaciones.

Mis más sinceros agradecimientos

## **DEDICATORIA**

A mis padres Velarde Hernández Luis Eduardo y Benalcázar Pontón Luz Esmilda, quienes durante toda esta etapa de mi vida han estado prestos a ser mi guía, apoyo y ser la fuerza para superar todos los obstáculos, siendo su amor, su esfuerzo mi inspiración de vida, para alcanzar todo aquello que me propongo.

A mis hermanos por brindarme su apoyo incondicional y ser un ejemplo de superación que en la vida hay que continuar sin mirar atrás con paso firme siendo real y leal.

A mis sobrinos por enseñarme con su inocencia que hay muchos sueños que cumplir y que en la vida hay que ser feliz.

Este logro es para ustedes

## ÍNDICE

REVISIÓN DEL TRIBUNAL .....	ii
DERECHO DE AUTORÍA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA .....	v
ABSTRACT .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1
1 CAPÍTULO I: PROBLEMATIZACIÓN.....	2
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Formulación del problema .....	2
1.3 Objetivo General .....	2
1.4 Objetivos Específicos.....	2
1.5 Justificación.....	3
2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 Antecedentes de investigaciones anteriores .....	4
2.2 Fundamentación teórica .....	5
2.2.1 Normativa aplicada en la presente investigación son:.....	5
2.2.2 Riesgo .....	5
2.2.3 Factor de Riesgo. ....	5
2.3 Estudio de los Riesgos.....	5
2.4 Gestión del Riesgo .....	6
2.5 Evaluación higiénica. ....	6
2.6 Condiciones de Trabajo.....	6
2.7 Enfermedad. ....	7
2.8 Enfermedad Profesional. ....	7
2.9 Accidente de trabajo.....	7

2.10	Lesión laboral. ....	7
2.11	Hipoacucia. ....	7
2.12	Ruido. ....	7
2.13	Sonido. ....	8
2.14	Presión Sonora. ....	8
2.15	Decibel. ....	8
2.15.1	Diferencia entre ruido y sonido. ....	8
2.15.2	Características Del Ruido. ....	8
2.15.3	Tipos de ruidos. ....	9
2.16	Como se transmite el ruido. ....	11
2.17	Fuentes De Ruido. ....	12
2.17.1	Fuentes Naturales. ....	12
2.17.2	Fuentes Antropogénicas. ....	12
2.18	Sonómetros y exposímetros sonoros individuales. ....	12
2.18.1	Calibrador. ....	13
2.19	Metodología – etapas cronológicas. ....	13
2.19.1	Etapa 1: Análisis de trabajo. ....	13
2.19.2	Etapa 2: Selección de la estrategia de medición. ....	13
2.19.3	Etapa 3: Mediciones. ....	13
2.19.4	Etapa 4: Tratamiento de errores e incertidumbres. ....	13
2.19.5	Etapa 5: Cálculos de la incertidumbre y presentación de los resultados. ....	13
2.20	Definición de los grupos de exposición al ruido homogéneos. ....	14
2.21	Selección de las estrategias de medición. ....	14
2.21.1	Generalidades. ....	14
2.21.2	Estrategias de medición. ....	14
2.22	Mediciones. ....	15
2.23	Calibración de campo. ....	15

2.24	Sonómetro integrador-promediador .....	15
2.25	Nivel de presión sonora ponderado A .....	17
2.26	Nivel diario de exposición al ruido.....	17
2.27	Dosis de exposición .....	17
2.28	Acondicionamiento acústico.....	18
2.28.1	Aislamiento acústico .....	18
2.28.2	Absorción Acústica.....	18
2.29	Factores que intervienen en el aislamiento acústico.....	19
2.29.1	Factor Másico.....	20
2.29.2	Factor Multicapa .....	20
2.29.3	Factor de Disipación .....	21
2.30	Tipos de Materiales .....	22
2.30.1	Materiales solidos .....	22
2.30.2	Materiales porosos .....	22
2.31	Encapsulado.....	24
2.31.1	Doble encapsulado .....	25
2.32	Materiales para aislamiento acústico .....	26
2.32.1	Placas Fono absorbentes .....	27
2.32.2	Placas Composite .....	27
2.32.3	Pantallas y Barreras acústicas o de Sonido .....	27
2.32.4	Placas Texturadas.....	28
2.32.5	Absorción del aire .....	28
2.32.6	Fibras Textiles.....	29
2.32.7	Panel de absorción acústica estándar .....	29
2.32.8	Alfombra.....	31
2.32.9	Plumón.....	31
2.32.10	Aglomerado.....	32

2.32.11	Coeficientes de Absorción según el material.....	32
2.32.12	Atenuación de materiales por bandas de octava .....	34
2.32.13	Motores Eléctricos .....	35
2.32.14	Peletizadora de balanceado .....	36
2.33	Definición de términos básicos.....	38
2.33.1	Riesgo .....	38
2.33.2	Factor de Riesgo. ....	38
2.33.3	Gestión del Riesgo .....	38
2.33.4	Exposición.....	38
2.33.5	Peligro .....	38
2.33.6	Condiciones de Trabajo. ....	38
2.33.7	Enfermedad .....	39
2.33.8	Enfermedad Profesional.....	39
2.33.9	Accidente de trabajo .....	39
2.33.10	Hipoacusia.....	39
2.33.11	Ruido.....	39
2.33.12	Sonido .....	39
2.33.13	Presión Sonora .....	40
2.33.14	Decibel .....	40
2.33.15	Sonómetro integrador-promediador.....	40
2.33.16	Acondicionamiento acústico .....	40
2.33.17	Aislamiento acústico .....	40
2.33.18	Absorción Acústica .....	40
2.33.19	Factor Másico.....	41
2.33.20	Factor Multicapa .....	41
2.33.21	Factor de Disipación .....	41
2.33.22	Materiales solidos .....	41

2.33.23	Materiales porosos .....	41
2.33.24	Encapsulado .....	41
2.33.25	Doble encapsulado .....	42
2.33.26	Fibras Textiles.....	42
2.33.27	Panel de absorción acústica estándar .....	42
2.33.28	Alfombra .....	42
2.33.29	Plumón.....	42
2.33.30	Aglomerado.....	42
2.33.31	Coefficientes de Absorción según el material.....	43
2.33.32	Motores Eléctricos .....	43
2.33.33	Peletizadora.....	43
3	<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>44</b>
3.1	Diseño de la investigación.....	44
3.2	Tipo de investigación .....	44
3.3	Población y muestra .....	45
3.4	Técnicas de investigación.....	45
3.5	Procedimiento.....	45
3.6	Análisis de datos.....	46
3.7	Planteamiento de la Hipótesis. ....	58
3.7.1	Hipótesis Nula (Ho):.....	58
3.7.2	Hipótesis Alternativa (Ha):.....	58
3.7.3	Operacionalización de las variables. ....	59
4	<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>60</b>
4.1	Análisis, Interpretación y Presentación de resultados .....	60
4.2	Conclusión de los resultados .....	63
4.3	Prueba de Hipótesis .....	63
4.3.1	Hipótesis Estadística.....	64

4.3.2	Nivel de Confianza .....	64
4.3.3	Cálculo.....	64
4.3.4	Decisión.....	64
5	CAPÍTULO V: ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN .....	65
5.1	Descripción de la alternativa de solución.....	65
5.2	Diseño.....	66
5.3	Presupuesto.....	67
5.4	Aplicación .....	69
6	CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
6.1	Conclusiones .....	69
6.2	Recomendaciones.....	70
7	CAPÍTULO VII BIBLIOGRAFÍA .....	71
7.1	Bibliografía.....	71
8	CAPÍTULO VIII ANEXOS.....	74
8.1	Anexo 1: Motor eléctrico de la peletizadora de balanceado .....	74
8.2	Anexo 2: Conexión eléctrica del motor.....	74
8.3	Anexo 3: Primer prototipo de encapsulado con plumón, alfombra y aglomerado 6 mm.....	75
8.4	Anexo 4: Bloques de material aislante acústico primer encapsulado .....	75
8.5	Anexo 5: Articulación de capsula acústica por medio de pernos.....	76
8.6	Anexo 6: Adición de paneles acústicos de espuma de poliuretano.....	76
8.7	Anexo 7: Combinación de materiales absorbentes lana de vidrio y espuma de poliuretano .....	77
8.8	Anexo 8: Calibración de sonómetro.....	77
8.9	Anexo 9: Medición ruido laboral .....	78
8.10	Anexo 10: Adición de anticorrosivo al aglomerado.....	78
8.11	Anexo 11: Viste posterior de Capsula de aislamiento acústica CAA01.....	79
8.12	Anexo 12: Vista frontal de Capsula de aislamiento acústico .....	79
8.13	Anexo 13: Vista lateral de Capsula de aislamiento acústico .....	80

8.14	Anexo 14: Medición de ruido con la aplicación de la capsula acústica .....	80
8.15	Anexo 15: Comprobación de temperatura.....	81
8.16	Anexo 16: Medición de temperatura del motor.....	81
8.17	Anexo 17: Acta de recepción de la Cápsula Acústica .....	82
8.18	Anexo 18: Encuesta .....	83
8.19	Anexo 19: Hoja de Calibración del sonómetro .....	84
8.20	Anexo 20: Datos medición inicial Excel .....	86
8.21	Anexo 21: Datos medición primer prototipo Excel.....	86
8.22	Anexo 22: Datos medición segundo prototipo .....	87
8.23	Anexo 23: Acotación de diseño final 3D.....	87

## Lista de Tablas

Tabla 1 Coeficiente de Absorción.....	31
Tabla 2 Absorción de materiales en combinación .....	34
Tabla 3 Atenuación en decibeles.....	34
Tabla 4 Pregunta 1 antes y después.....	46
Tabla 5 Pregunta 2 antes y después.....	47
Tabla 6 Pregunta 4 antes y después.....	48
Tabla 7 Pregunta 4 antes y después.....	49
Tabla 8 Pregunta 5 antes y después.....	50
Tabla 9 Pregunta 6 antes y después.....	51
Tabla 10 Pregunta 7 antes y después.....	52
Tabla 11 Pregunta 8 antes y después.....	53
Tabla 12 Pregunta 9 antes y después.....	54
Tabla 13 Pregunta 10 antes y después.....	55
Tabla 14 Pregunta 11 antes y después.....	56
Tabla 15 Pregunta 12 antes y después.....	57
Tabla 16 Pregunta 13 antes y después.....	58
Tabla 17 Operacionalización de cada una de las variables .....	59
Tabla 18 Medición de ruido del motor eléctrico .....	60
Tabla 19 Medición del motor con el primer prototipo .....	61
Tabla 20 Medición del motor con la Capsula Acústica .....	62
Tabla 21 Presupuesto .....	67
Tabla 22 Mano de Obra.....	68
Tabla 23 Costo por decibel .....	68

## Lista de Figuras

Figura 1: Ruido Variable.....	10
Figura 2: Transmisión del sonido.....	11
Figura 3: Absorción Acústica.....	19
Figura 4: Factor Másico .....	20
Figura 5: Factor Multicapa.....	21
Figura 6: Factor Disipación.....	21
Figura 7: Incidencia reflexión .....	22
Figura 8: Trasmisión materiales porosos .....	22
Figura 9: Combinación material sólido y poroso .....	23
Figura 10: Ambiente cerrado .....	23
Figura 11: Fuente, emisor .....	24
Figura 12: Encerramiento con materiales livianos.....	24
Figura 13: Encerramiento con materiales sólidos .....	25
Figura 14: Encerramiento de foco sonoro .....	25
Figura 15: Doble encerramiento.....	26
Figura 16: Absorción del aire.....	28
Figura 17: Fibra textil lana de vidrio.....	29
Figura 18: Panel acústico absorbente .....	30
Figura 19: Alfombra.....	31
Figura 20: Plumón.....	31
Figura 21: Aglomerado .....	32
Figura 22: Coeficiente de absorción .....	33
Figura 23: Coeficiente de Absorción .....	33
Figura 24: Motor Eléctrico .....	36
Figura 25: Peletizadora de Balanceado .....	37

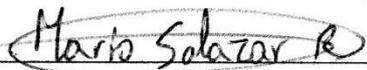
Figura 26: Pregunta 1 antes y después .....	47
Figura 27: Pregunta 2 antes y después .....	48
Figura 28: Pregunta 3 antes y después .....	49
Figura 29: Pregunta 4 antes y después .....	50
Figura 30: Pregunta 5 antes y después .....	51
Figura 31: Pregunta 6 antes y después .....	52
Figura 32: Pregunta 7 antes y después .....	53
Figura 33: Pregunta 8 antes y después .....	54
Figura 34: Pregunta 9 antes y después .....	55
Figura 35: Pregunta 10 antes y después .....	56
Figura 36: Pregunta 11 antes y después .....	57
Figura 37: Pregunta 12 antes y después .....	57
Figura 38: Pregunta 13 antes y después .....	58
Figura 39: Comparación de datos y capsulas .....	63
Figura 40: Prueba T de muestras.....	64
Figura 41: Plano Cápsula Acústica .....	66
Figura 42: Capsula Acústica vista posterior.....	66
Figura 43: Capsula acústica vista frontal-lateral.....	67

## *Resumen*

El ruido es uno de los contaminantes laborales más comunes. Gran cantidad de trabajadores se ven expuestos diariamente a niveles sonoros potencialmente peligrosos para su audición. En muchos casos es técnicamente viable controlar aplicando técnicas de ingeniería acústica sobre las fuentes generadoras. EXIBAL, es una empresa ecuatoriana ubicada en la ciudad de Riobamba, que procesan de forma moderna alimentos balanceados inocuos para especies menores. En la empresa existe un motor eléctrico de la peletizadora de balanceado el cual es trifásico de 75 Hp generando un ruido de 91,3 dB que en funcionamiento produce molestias a los trabajadores que se encuentran en el entorno durante la jornada laboral, siendo este un riesgo físico se logró mitigar instalando una capsula de aislamiento acústico, en su primer prototipo se logró reducir 2dB estando compuesta por aglomerado de 6mm, plumón y alfombra, por consiguiente se decidió hacer un rediseño adicionando un segundo encapsulado debido a las características y condiciones presentes en el ambiente del motor además se intercambiaron las fibras textiles por lana de vidrio, paneles acústicos de poliuretano y aglomerado de 18 mm, logrando con estos materiales una disminución a 76,3 dB consiguiendo un valor de 15 dB reducidos, permitiendo de esta manera cumplir con la normativa vigente Decreto ejecutivo 2393, que estipula para una jornada de 8 horas el ruido máximo permitido es de 85 dB, además de prevenir enfermedades profesionales, precautelando la salud de sus trabajadores evitando gastos en EPP y controlando el riesgo desde la fuente.

## ABSTRACT

Noise is one of the most common work pollutants. A large number of workers are being exposed daily to potentially dangerous noise levels for their hearing. In many cases, it is technically feasible to control by applying acoustic engineering techniques on generating sources. EXIBAL, is an Ecuadorian company located in the city of Riobamba, which processes innocuous balanced food for smaller species in a modern way. In the company there is an electric motor of the balancing pelletizer which is three-phase of 75 HP generating a noise of 91.3 dB that in operation causes discomfort to workers who are in the environment during the workday, this being a physical risk was moderated by installing a sound insulation capsule, in its first prototype it was possible to reduce 2dB being composed of 6mm chipboard, fluff and carpet, therefore it was decided to redesign by adding a second encapsulation due to the characteristics and conditions present in the motor environment also exchanged textile fibers for glass wool, acoustic polyurethane panels and chipboard of 18 mm, achieving with these materials a decrease to 76.3 dB, achieving a reduced value of 15 dB, thus allowing compliance with the current regulations. Executive Decree 2393, which stipulates for an 8-hour day the maximum noise allowed is 85 dB, in addition to preventing occupational diseases, protecting the health of its workers, avoiding expenses in PPE and controlling risk from the source.



Reviewed by Mario Salazar

Language Center Teacher



## INTRODUCCIÓN

El ruido es un sonido estridente y carente de articulación que, por lo general, resulta molesto al oído. Por su parte laboral es aquello vinculado con el trabajo. Se conoce como así la contaminación acústica que se genera en un sector de trabajo y que afecta principalmente a los trabajadores del lugar. Se trata de uno de los motivos más frecuentes de discapacidad, puede provocarle problemas de salud en el corto y en el largo plazo, desde daños en la capacidad auditiva hasta un incremento del estrés, pasando por trastornos para dormir e inconvenientes en el sistema circulatorio.

La exposición a los riesgos ocupacionales puede ocasionar pérdida en la calidad y desempeño del trabajador, y determina su comportamiento, su calidad de vida y salud, incluyendo los acontecimientos por enfermedad y accidentes de trabajo.

EXIBAL, es una empresa ecuatoriana ubicada en la ciudad de Riobamba, que procesan alimentos inocuos, más completos y nutritivos para especies menores.

En la empresa en el área de producción existe una peletizadora de balanceado la cual su motor eléctrico es trifásico de 75 HP, produce un elevado ruido al estar en funcionamiento las 24 horas siendo en el caso de existir producción al máximo por demanda o de una jornada normal, por lo tanto se busca la reducción el ruido del mismo ya que provoca molestias al personal operativo que labora al entorno de este equipo se analizó y se decide mitigar este riesgo por medio del diseño de una capsula de aislamiento acústico, aplicando materiales atenuantes que se encuentra en el mercado local buscando la combinación más idónea para lograr la reducción necesaria para que el ruido resultante no produzca complicaciones auditivas, además de precautelar la salud de los trabajadores y cumpliendo con la normativa ecuatoriana siendo esta el Decreto Ejecutivo 2393 la que indica en su artículo 55 el tiempo máximo permitido de exposición de un trabajador a una jornada laboral de 8 horas es de 85 dB.

# 1 CAPÍTULO I: PROBLEMATIZACIÓN

## 1.1 Planteamiento del problema

En la empresa Exibal existe un motor de la peletizadora de balanceado que es trifásico de 75 Hp que genera un ruido excesivo estando en funcionamiento lo cual crea molestias a los trabajadores durante la jornada laboral de 8 horas, los ruidos que superen de los 85 dB generan un factor de riesgo físico el cual se debe disminuir para salvaguardar la seguridad e higiene del personal operativo y mantener un ambiente laboral adecuado mejorando de esta manera la productividad de la empresa.

Para resolver este problema se va a diseñar una capsula con materiales que atenúen el ruido, cuidando que no exista un incremento excesivo en la temperatura del motor eléctrico.

## 1.2 Formulación del problema

De qué manera el diseño de una capsula acústica permitirá la reducción del ruido analizando materiales atenuantes.

## 1.3 Objetivo General

Diseñar una capsula acústica con materiales atenuantes para reducir el ruido del motor de una peletizadora de balanceado.

## 1.4 Objetivos Específicos

- Medir el número de decibeles antes del encapsulamiento.
- Determinar los materiales absorbentes más adecuados.
- Diseñar la capsula acústica e instalar en el puesto de trabajo.

## 1.5 Justificación

La presente investigación tiene como encauzamiento principal preservar la salud de los trabajadores debido que una exposición prolongada al ruido excesivo produce afecciones a la salud, pudiendo desencadenarse en enfermedades profesionales, como lo establece la normativa legal vigente Decreto Ejecutivo 2393 art 55 en el cual se encuentra estipulado que el tiempo máximo permitido de exposición para un ruido de 85 dB(A) es de 8 horas sin sufrir ningún tipo de trastorno auditivo.

Es por ello la importancia del diseño de una capsula de aislamiento acústico con la aplicación de materiales atenuantes, teniendo como propósito principal la disminución del ruido en el motor eléctrico de una peletizadora de balanceado, atacando directamente a la fuente emisora de ruido causante del problema, permitiendo de este modo manejar un nivel de ruido muy por debajo de los 85 dB controlando el riesgo, cumpliendo con la normativa además de beneficiar intereses de la empresa y la salud de los trabajadores.

## 2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de investigaciones anteriores

- Coral, C. (2016). Cabina de aislamiento acústico para operadores de calderos del departamento de mantenimiento del Hospital Provincial General Docente Riobamba.
- Zumba, M (2012). Materiales aislantes acústicos para muros.
- Martínez, E. (2015). Aislamiento acústico a ruido aéreo en techos con materiales ecológicos.
- Inche, J. & Chung, A. Vizarreta, R. (2010). Diseño y desarrollo de nuevos materiales textiles para aislamiento y acondicionamiento acústico.
- Aguilar, P. (2012). Diseño del aislamiento y acondicionamiento acústico del auditorio del Hospital San Bartolo.
- Bonazo, A. (2014). Análisis y método constructivo del panel metálico mixto con aislamiento térmico-acústico en cubiertas.
- Córdova, J. (2014). Materiales de aislamiento acústico sostenibles, propuesta de ambientación sonora en viviendas urbanas de la ciudad de Cuenca.
- Mena, J (2013). Diseño de aislamiento y acondicionamiento acústico de un local en planta baja para actuaciones de grupos rock situado en la población de Olivia (Valencia).
- Gordon, N. (2017). Acondicionamiento acústico de la plaza del centro de eventos de la ciudad mitad del mundo mediante paneles decorativos absorbentes de ruido.
- Cárdenas, S.& Gálvez, K. (2010), Diseño acústico en salón de clases

## 2.2 Fundamentación teórica

### 2.2.1 Normativa aplicada en la presente investigación son:

- Decreto Ejecutivo 2393
- UNE-ISO 31000 2018
- NTC OHSAS 18001
- UNE EN-ISO 9612 2009 (Determinación de la exposición al ruido en el trabajo)

### 2.2.2 Riesgo

“Combinación de la probabilidad de que ocurra uno o varios eventos o exposiciones, peligrosos, y la severidad de lesión o enfermedad, que puede ser causado por las exposiciones” (NTC OHSAS 18001, p.5).

### 2.2.3 Factor de Riesgo.

Según Coral (2016) afirma “Acción, atributo o elemento de la tarea, equipo o ambiente de trabajo, o una combinación de los anteriores, que determina un aumento en la probabilidad de desarrollar la enfermedad o lesión” (p.6).

## 2.3 Estudio de los Riesgos

- a) **Análisis del Riesgo.**-“Es comprender la naturaleza del mismo y sus características” (UNE-ISO 31000, 2018, p.20).
- b) **Evaluación del riesgo.** - Proceso para determinar, minimizar, controlar y eliminar.
- c) **Nivel de riesgo.** – “Magnitud de un riesgo resultante del producto del nivel de probabilidad” (Coral, 2016, p.6).
- d) **Riesgo aceptable.** “Riesgo que ha sido reducido a un nivel que la organización puede Tolerar, respecto a sus obligaciones legales y su propia política en seguridad y salud ocupacional” (NTC OHSAS 18001, p.2).
- e) **Valoración de los riesgos.** “Proceso de evaluar el o los riesgos que surgen de peligros, teniendo en cuenta la suficiencia de los controles existentes y de decidir si el o los riesgos son aceptables o no” (NTC OHSAS 18001, p.5).

## 2.4 Gestión del Riesgo

“Actividades coordinadas para dirigir y controlar la organización con relación al riesgo” (UNE-ISO 31000, 2018, p.7).

## 2.5 Evaluación higiénica.

Como afirma Coral (2016) afirma “La evaluación de los peligros ambientales presentes en el lugar de trabajo para determinar la exposición ocupacional y riesgo para la salud, en comparación con los valores fijados por la autoridad competente” (p.7).

- **Exposición.** Situación en la que una persona se encuentra en desventaja por consecuencia de su localización frente a un riesgo.
- **Peligro.** “Fuente, situación o acto con potencial de daño en términos de enfermedad o lesión a las personas, o una combinación de éstos” (NTC OHSAS 18001, p.3).
- **Identificación de riesgos.** “Proceso para reconocer si existe un peligro y definir sus características” (Coral, 2016, p. 7).
- **Nivel de consecuencia (NC).** – “Medida de la severidad de las consecuencias” (Coral, 2016, p.7).
- **Nivel de probabilidad (NP).** “Producto del nivel de deficiencia” (Coral, 2016, p.7).
- **Nivel de exposición (NE).** “Situación de exposición a un peligro que se presenta en un tiempo determinado durante la jornada laboral” (Coral, 2016, p.7).

## 2.6 Condiciones de Trabajo.

Menciona Coral (2016) “Es el resultado de un procedimiento sistemático para identificar, localizar y valorar aquellos elementos, peligros o factores que tienen influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores” (p.7). Son el conjunto de factores que intervienen cuando un trabajador presta sus servicios en relación con su situación laboral.

## **2.7 Enfermedad.**

“Condición física o mental adversa identificable, que surge, empeora o ambas, a causa de una actividad laboral, una situación relacionada con el trabajo o ambas” (NTC OHSAS 18001, p.2).

## **2.8 Enfermedad Profesional.**

“Son las alteraciones de la salud nosológicamente bien definidas, producidas por acción directa del trabajo, en trabajadores que habitualmente se exponen a factores etiológicos, constantemente presentes en determinadas profesiones u ocupaciones, bajo las circunstancias previstas en las legislaciones respectivas” (OIT, 2010).

## **2.9 Accidente de trabajo.**

Suceso repentino que sobreviene por causa o con ocasión del trabajo, y que produce en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, incluso fuera del lugar y horas de trabajo. (Coral, 2016, p.8)

## **2.10 Lesión laboral.**

Coral (2016) Nos dice que es “cualquier daño que sufra un trabajador, ya sea un corte, fractura, desgarro, amputación, etc., el cual deriva de un evento relacionado al trabajo a partir de una exposición (aguda o crónica) en el entorno laboral” (p.8).

## **2.11 Hipoacucia.**

Es la incapacidad total o parcial para escuchar o percibir sonidos en uno o ambos oídos.

## **2.12 Ruido.**

Gimenes de Paz (2012) Dice “Todo aquel sonido desagradable capaz de causar molestia o daño, generalmente probabilista que no exhibe componentes de frecuencias definidas” (p.29).

### **2.13 Sonido.**

“La transmisión de una información a través de un medio elástico, originada en una fuente sonora que será capaz de ser percibida a distancia mediante algún detector específico (oído, micrófono)” (Gimenes de Paz, 2012, p.25).

### **2.14 Presión Sonora**

“Es la variación de la presión atmosférica con el paso de a señal acústica, la rapidez con que se producen estas variaciones está dada por la frecuencia que indica el número de tales variaciones por segundo” (Gimenes de Paz, 2012, p.28).

### **2.15 Decibel**

El decibel (dB) es la décima parte del bel y cuantifica una magnitud logarítmica conocida como nivel sonoro. De esta manera, se reduce el amplio rango anterior a uno menor con una variación entre 1 y algo más que  $10^2$ . Su interpretación subjetiva es la fuerza del sonido o su volumen. (Gimenes de Paz, 2012, p.30)

#### **2.15.1 Diferencia entre ruido y sonido.**

De una forma genérica, se puede decir que el término 'sonido' es más amplio que el de 'ruido' ya que un ruido es un tipo de sonido que produce sensaciones desagradables. Desde el punto de la vista de la Física, el ruido se diferencia del sonido en que el primero es irregular y no hay concordancia entre los tonos fundamentales y sus armónicos mientras que en el sonido sí existe. (Significados.com, 2016)

#### **2.15.2 Características Del Ruido.**

- Grandes diferencias con respecto a los otros contaminantes.
- El contaminante más barato de producir y se requiere poca energía para ser emitido.
- Complejo de medir y cuantificar.
- Tiene un radio de acción menor que los otros contaminantes y puede ser localizado.
- No deja residuos, no tiene efecto acumulativo en el medio pero provoca efectos acumulativos en la salud del hombre.

- No se traslada a través de los sistemas naturales, como el aire contaminado movido por el viento.
- Solo puede ser percibido por un sentido, el oído.

### **2.15.3 Tipos de ruidos.**

“En función de la variabilidad del pico de emisión se pueden distinguir tres tipos de ruido: continuo, intermitente y de impacto. Otra forma de clasificación de los sonidos distingue entre ruido blanco, ruido rosa y ruido marrón” (Montes & Sandoval, 2012, p.18).

Montes & Sandoval (2012) En función del origen del ruido, se pueden clasificar los ruidos en: ambiental (compuesto por varios sonidos del entorno en el que no destaca uno en particular), específico (identificable y asociado a una única fuente) e inicial (sonido previo a una modificación).(p.18)

#### **2.15.3.1 Ruido blanco.**

El ruido blanco o sonido blanco es un tipo de señal de carácter aleatorio y que no presenta correlación estadística entre sus valores en dos tiempos diferentes. Este tipo de ruido presenta todas las frecuencias y su potencia es constante (la potencia de densidad del espectro es plana). Algunos ejemplos de ruido blanco podría ser el sonido producido por una aspiradora en funcionamiento, un secador de pelo. Debe su nombre por asociación con el concepto de 'luz blanca'. (Montes & Sandoval, 2012, p.18)

#### **2.15.3.2 Ruido industrial.**

El ruido industrial es aquel producido por actividades humanas de este sector. Se produce, por ejemplo en el funcionamiento de maquinaria en procesos de producción como en el sector de la metalurgia. El ruido industrial no sólo es un riesgo laboral que puede afectar a los trabajadores, sino que también pueden causar trastornos y molestias a la población cercana (por ejemplo en un pueblo en el que existe una fábrica) y también a la fauna del entorno. (Montes & Sandoval, 2012, p.19)

“En muchos países existe legislación que regula el ruido industrial para evitar problemas derivados. Algunas de ellas tienen que ver, por ejemplo, con el uso de equipos de protección por parte de los trabajadores o con el aislamiento acústico de determinados locales” (Montes & Sandoval, 2012, p.19).

### 2.15.3.3 Ruido de impacto.

Se entiende como ruido de impacto o de impulso aquel en el que el (nivel de presión acústica) NPA decrece exponencialmente con el tiempo y las vibraciones entre dos máximos consecutivos de nivel acústico se efectúan en un tiempo superior a un segundo, con un tiempo de actuación inferior o igual a 0,2 segundos. (Significados.com, 2016)

### 2.15.3.4 Ruido continuo.

Se entiende por ruido continuo o estacionario, aquel en el que el nivel de presión acústica (NPA) se mantiene constante en el tiempo y si posee máximos estos se producen en intervalos menores de un segundo máquina de fabricación continua, etc.). (Significados.com, 2016)

### 2.15.3.5 Ruido estable.

Cuando su nivel de presión acústica (NPA) ponderado A en un punto se mantiene prácticamente constante en el tiempo. Cuando realizada la medición con el sonómetro en LENTO la diferencia de valores máximos y mínimos es inferior a 5 dB. (Significados.com, 2016)

### 2.15.3.6 Ruido variable.

Cuando el nivel de presión acústica (NPA) oscila más de 5 dB (A) a lo largo del tiempo. Un ruido variable puede descomponerse en varios ruidos estables. Por ejemplo en una jornada de trabajo: 1 hora a 85 dB(A), 5 horas a 91 dB(A), 2 horas a 93 dB(A). (Significados.com, 2016)

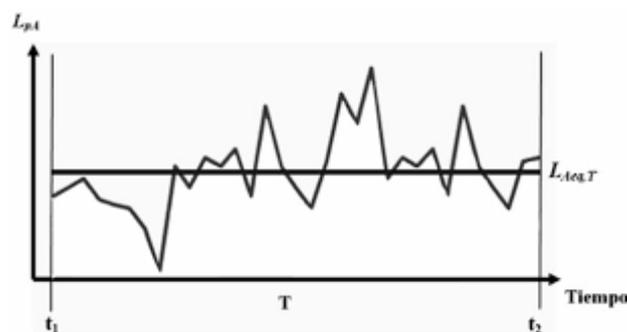


Figura 1: Ruido Variable

Fuente 1: Significados.com

## 2.16 Como se transmite el ruido.

El ruido puede llegar al oyente a través de múltiples vías. Supongamos, por ejemplo, que el oyente escucha el piano del piso de arriba. Parte del sonido puede haberse transmitido a través de una vía de aire directa por la ventana de arriba, a través de una vía exterior de la ventana del oyente. Parte del sonido irradiado por el piano golpeará las paredes, forzándolas a una pequeña vibración; una fracción de esta energía vibratoria viajará a través de la estructura del edificio, forzando a otras superficies a que vibren e irradien el sonido. De forma alternativa, parte de la energía vibratoria puede comunicarse a través del mueble del piano hacia el suelo, totalmente a través de una vía sólida, haciendo que el suelo vibre y que por tanto irradie el sonido hacia el piso de abajo. (Cabrera, 2010, p.72)

Por comodidad, en problemas técnicos, se puede representar la transmisión del ruido desde una fuente de un oyente mediante el diagrama en la figura 1. En realidad, el bloque descrito como fuente a representar no a una, sino a varias fuentes de energía vibratoria; p.ej., puede incluir todos los aviones que sobrevuelan un área específica. Como se indicó anteriormente, las vías pueden ser numerosas. Por último el bloque denominado receptor puede representar a una sola persona, a un grupo, a una comunidad o a una zona delicada de equipamiento cuyo funcionamiento se ve afectado por el ruido. (Cabrera, 2010, p.72)



*Figura 2: Transmisión del sonido*

*Fuente 2: Cabrera 2010*

Diagrama esquemático en que las flechas continuas representan la transmisión del sonido de la fuente al oyente. El bloque denominado fuente puede representar más de una fuente sonora; las vías pueden ser numerosas; y el receptor puede representar a una sola persona, a un grupo, a una comunidad o a un equipamiento cuyo funcionamiento se ve afectado por el ruido. Las flechas a trazos indican la interacción entre los distintos elementos del diagrama. (Significados.com, 2016)

## **2.17 Fuentes De Ruido.**

Existen dos importantes grupos de fuentes productoras de ruido.

### **2.17.1 Fuentes Naturales.**

Como puede ser el viento, el sonido del mar, el murmullo del agua o de un torrente.

### **2.17.2 Fuentes Antropogénicas.**

Es decir, ruidos que aparecen en el medio causados por la actividad humana:

Procedentes de los motores de los aviones, ya sean en las pistas, mientras vuela o en los talleres de comprobación y reparación de motores de reacción, generadas en oficinas, por los ordenadores e impresoras, el público, los sistemas de ventilación, los teléfonos, las fotocopiadoras. (INERCO acústica, s.f.)

## **2.18 Sonómetros y exposímetros sonoros individuales**

Las mediciones se pueden realizar utilizando tanto sonómetro integrador-promediador como exposímetros sonoros individuales.

Los sonómetros, incluyendo el micrófono y los cables asociados, deben cumplir los requisitos relativos a la instrumentación de clase 1 o de clase 2 especificados en la Norma IEC 61672-1:2002. Son preferibles los instrumentos de clase 1, y se deberían utilizar cuando se mide a muy bajas temperaturas o cuando el ruido está compuesto preferentemente por altas frecuencias. (ISO 9612, 2009, p.12)

Los exposímetros sonoros personales, incluyendo el micrófono y el cable, deben cumplir los requisitos especificados en la Norma IEC 61252. Se recomienda utilizar los exposímetros sonoros personales que cumplan con los requisitos de clase 1 de la Norma IEC 61672-1:2002, y se deberían utilizar cuando se mide

a muy bajas temperaturas o cuando el ruido está compuesto preferentemente por altas frecuencias. (ISO 9612, 2009, p.12)

### **2.18.1 Calibrador**

El calibrador debe cumplir los requisitos especificados para la clase 1 de la Norma IEC 60942:2003.

## **2.19 Metodología – etapas cronológicas**

### **2.19.1 Etapa 1: Análisis de trabajo**

El análisis de trabajo debe proporcionar suficiente información sobre el trabajo y los trabajadores sometidos al estudio, de manera que se pueda escoger la estrategia de medición más adecuada y se puedan planificar las mediciones. El análisis se debe realizar de acuerdo con el capítulo 7. (ISO 9612, 2009, p.13)

### **2.19.2 Etapa 2: Selección de la estrategia de medición**

Se debe elegir una estrategia de medición escogiendo entre una medición basada en la tarea, una medición basada en la función o una medición de una jornada completa según se especifica en el capítulo 8. Se puede utilizar más de una estrategia de medición, si procede (véase el capítulo B.6). (ISO 9612, 2009, p.13)

### **2.19.3 Etapa 3: Mediciones**

La magnitud de medición básica debe ser  $L_{p,A,eqT}$ . Además, si procede, se debe medir  $L_{p,Cpico}$ . Las mediciones deben seguir la estrategia escogida según se especifica en uno de los capítulos 9, 10 u 11 y cumplir con los requisitos del capítulo 12. (ISO 9612, 2009, p.13)

### **2.19.4 Etapa 4: Tratamiento de errores e incertidumbres**

“Las fuentes de errores e incertidumbres que pueden influir en el resultado se deben evaluar de acuerdo con los capítulos 13 y 14” (ISO 9612, 2009, p.13).

### **2.19.5 Etapa 5: Cálculos de la incertidumbre y presentación de los resultados**

Calcúlese  $L_{EX,8h}$  según se especifica para la estrategia seleccionada (véanse los capítulos 9, 10 y 11) y la incertidumbre, según se especifica en el anexo C. Los resultados y las incertidumbres se pueden calcular utilizando la hoja de cálculo proporcionada con esta norma internacional. (ISO 9612, 2009, p.13)

Los resultados se deben presentar según se especifica en el capítulo 15. Los anexos D, E y F contienen ejemplos prácticos para una medición basada en la tarea, una medición basada en la función y una medición de una jornada completa, respectivamente. (ISO 9612, 2009, p.13)

## **2.20 Definición de los grupos de exposición al ruido homogéneos**

Los esfuerzos de la medición se pueden reducir definiendo grupos de exposición al ruido homogéneos. Se trata de grupos de trabajadores que están realizando el mismo trabajo y por lo tanto expuestos a similares exposiciones de ruido durante la jornada laboral. Si esto se utiliza, el grupo de exposición al ruido homogéneo se debe identificar claramente y puede consistir en uno o más trabajadores.

## **2.21 Selección de las estrategias de medición**

### **2.21.1 Generalidades**

La selección de una estrategia de medición adecuada depende de varios factores, tales como el objetivo de las mediciones, la complejidad de la situación de trabajo, el número de trabajadores implicados, la duración efectiva de la jornada laboral, el tiempo disponible para la medición y el análisis y la cantidad de información detallada requerida. (ISO 9612, 2009, p.19)

### **2.21.2 Estrategias de medición**

Esta norma internacional ofrece tres estrategias de medición para la determinación de la exposición al ruido en el lugar de trabajo que son:

#### ***2.21.2.1 Medición basada en la tarea:***

Se analiza el trabajo realizado durante la jornada y se divide en un cierto número de tareas representativas y, para cada tarea, se hacen mediciones por separado del nivel de presión sonora.

#### ***2.21.2.2 Medición basada en la función:***

Se toma un cierto número de muestras aleatorias del nivel de presión sonora durante la realización de funciones particulares.

#### ***2.21.2.3 Medición de una jornada completa:***

Se mide el nivel de presión sonora de forma continua a lo largo de jornadas laborales completas.

## **2.22 Mediciones**

Las mediciones se deben realizar de acuerdo con el capítulo 12. Inicialmente, se deben realizar tres mediciones de una jornada completa  $L_p, AeqT$ , para representar la exposición al ruido de los trabajadores. Si los resultados de las tres mediciones difieren en menos de 3 dB, calcúlese el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A durante la jornada nominal para obtener la media energética de las tres mediciones para los cálculos. Si los resultados de las mediciones difieren en más de 3 dB, efectúense al menos dos mediciones adicionales de la jornada completa, y calcúlese el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A durante la jornada nominal para obtener la media energética de todas las mediciones. (ISO 9612, 2009, p.21)

## **2.23 Calibración de campo**

La calibración de campo incluye una verificación de la calibración acústica del sistema de medición completo, incluyendo el micrófono, y constituye un procedimiento de verificación distinto del de la calibración en laboratorio. Una calibración de campo debe consistir en aplicar un calibrador acústico que cumpla con los requisitos de clase 1 de la Norma IEC 60942:2003, a cada micrófono, y registrar el nivel medido a una o más frecuencias dentro del rango de frecuencias de interés. La calibración de campo se debe realizar en un emplazamiento silencioso. (ISO 9612, 2009, p.22)

Antes de cada serie de mediciones y al principio de cada serie diaria de mediciones, se debe realizar una calibración de campo con los ajustes adecuados. Al final de cada serie de mediciones y al final de cada serie diaria de mediciones, se debe realizar una calibración de campo sin ajustes. Si la lectura a cualquier frecuencia al final de una serie de mediciones difiere de la lectura de la frecuencia al principio de la serie en más de 0,5 dB, se deben desechar los resultados de la serie de mediciones. (ISO 9612, 2009, p.22)

## **2.24 Sonómetro integrador-promediador**

Los niveles medidos deben ser representativos del nivel de ruido en el oído del trabajador. Si el campo sonoro es uniforme, la posición de medición precisa es menos crítica. Las mediciones se deberían realizar colocando el micrófono al nivel de las posiciones que ocupa la cabeza del trabajador durante la realización

habitual de la función o de la tarea. Preferiblemente, el micrófono se debe colocar en el plano central de la cabeza del trabajador, en línea con los ojos, con sus ejes paralelos a la línea de visión del trabajador, y sin estar el trabajador presente. Se deben tener en cuenta varias posiciones de interés en el espacio de la cabeza del trabajador. El nivel de presión sonora medio en el puesto de trabajo también se puede determinar moviendo el sonómetro alrededor (mediante barrido) de la zona de interés. (ISO 9612, 2009, p.23)

Cuando el trabajador tiene que estar presente en su puesto de trabajo, el micrófono se debe colocar o sostener a una distancia entre 0,1 m y 0,4 m de la entrada del canal auditivo externo y en el lado del oído más expuesto. Si la actividad del trabajador o la configuración del puesto de trabajo hace imposible guardar una distancia dentro de los 0,4 m, se recomienda el uso de un instrumento llevado por el trabajador. (ISO 9612, 2009, p.23)

“Si la ubicación del trabajador está muy próxima a las fuentes de ruido, el campo sonoro se debería estudiar detenidamente y la posición y la dirección del micrófono escogidas se deben indicar de forma precisa en el informe de ensayo” (ISO 9612, 2009, p.23).

- “Trabajador de pie:  $1,55 \text{ m} \pm 0,075 \text{ m}$  por encima del suelo sobre el que el trabajador está de pie” (ISO 9612, 2009, p.23).
- “Trabajador sentado:  $0,80 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$  por encima de la mitad del plano de la silla, con la silla ajustada a o lo más cerca posible al punto medio de su ajuste horizontal o vertical” (ISO 9612, 2009, p.23).

Incluso si el trabajador está trabajando en un puesto de trabajo fijo, las mediciones con una posición de micrófono fija pueden dar una sobreestimación o una subestimación de la exposición real en aquellos casos donde el trabajador se mueve alrededor de la máquina. En estos casos, se debería utilizar un exposímetro sonoro personal. (ISO 9612, 2009, p.23)

## 2.25 Nivel de presión sonora ponderado A

Nivel de presión sonora ponderado A promediado en el tiempo,  $L_{p, A, T}$ ; nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A,  $L_{p, A, eqT}$ : Diez veces el logaritmo decimal del cociente del promedio temporal entre el cuadrado de la presión sonora ponderada A,  $p_A$ , durante un intervalo de tiempo indicado de duración  $T$  (comenzando en  $t_1$  y finalizando en  $t_2$ ), y el cuadrado de un valor de referencia,  $p_0$ , expresado en decibelios. (ISO 9612, 2009, p.8)

$$L_{p, A, T} = L_{p, A, eqT} = 10 \lg \left[ \frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2} \right] \quad (1)$$

**Dónde:** El valor de referencia,  $p_0$ , es 20  $\mu$ Pa.

## 2.26 Nivel diario de exposición al ruido

“Nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado a una jornada laboral de 8 h nivel de exposición diario al ruido,  $L_{EX,8h}$ : ruido en el trabajo Nivel, en decibelios” (ISO 9612, 2009, p.8)

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eq,t_e} + 10 \lg \left[ \frac{T_e}{T_0} \right] \quad (2)$$

**Donde:**

$L_{p, A, eqT_e}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para  $T_e$ ;

$T_e$  es la duración efectiva, en horas, de la jornada laboral;

$T_0$  es la duración de referencia,  $T_0 = 8$  h

## 2.27 Dosis de exposición

$$D = \sum \left[ \frac{T_r}{T_p} \right] \quad (3)$$

**Donde:**

$T_r = \text{tiempo real}$

$T_p = \text{tiempo permitido}$

## **2.28 Acondicionamiento acústico**

Partiremos de la base que una solución a un problema de ruidos no es única y, en la mayor parte de los casos, no es extrapolable a problemas similares. Sin embargo, los fundamentos del comportamiento acústico de los materiales sí que son generales y frente a situaciones similares se comportan de forma similar. (Mena, 2013, p.33)

### **2.28.1 Aislamiento acústico**

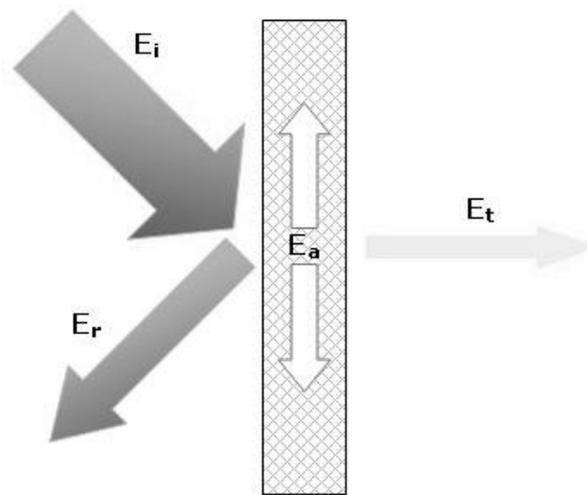
Se entiende por aislamiento acústico a la protección de un recinto contra la penetración de sonidos que interfieran a la señal sonora deseada. Las fuentes que originan estos sonidos pueden estar en el interior o en el exterior del edificio. Para encontrar las formas de protección de los recintos contra los ruidos, se debe establecer en primer lugar la naturaleza de estos ruidos, y los caminos por los cuales penetran en el recinto, a través de sus superficies límites. Existen varios caminos posibles por donde el ruido puede penetrar en los recintos. (Mena, 2013, p.33)

### **2.28.2 Absorción Acústica.**

La absorción depende del grado de porosidad de la superficie del material.

Los poros hacen que la energía sonora quede atrapada en ellos con múltiples reflexiones. Dentro del poro, esta energía se convierte en energía calorífica debido al rozamiento de la energía con los límites del poro al ir rebotando en su interior, y esta energía se disipa. (Ruiz, 2012, p.35)

Si observamos el mármol, vemos que no tiene poros, de modo que la mayor parte del sonido emitido hacia él se refleja, en cambio, como los textiles son rugosos, con múltiples trenzados y pequeñas cavidades, el sonido queda atrapado en ellas, es decir, que es absorbido. (Ruiz, 2012, p.35)



*Figura 3: Absorción Acústica*

*Fuente 3: Ruiz 2012*

En el siguiente gráfico podemos observar como la energía inicial (**E<sub>i</sub>**) choca con un obstáculo y se divide en tres energías. Cuando necesitamos conocer la absorción de este obstáculo, nos interesa conocer la energía reflejada (**E<sub>r</sub>**) de la energía inicial. Cuando queremos conocer el aislamiento de este elemento, nos fijamos en la energía que se transmite a través de él (**E<sub>t</sub>**). La energía disipada dentro del elemento, es decir, la absorbida (**E<sub>a</sub>**), es la que obtenemos de restar las dos energías anteriores a la energía inicial. (Ruiz, 2012, p.36)

El aislamiento nos viene determinado por las propiedades del material frente al que se emite el sonido, que dificultan en mayor o menor medida el paso del sonido a través de sí mismo, mientras que la absorción viene determinada por como es la superficie de dicho material que provoca más o menos reflexión de la onda sonora emitida hacia ella. (Ruiz, 2012, p.36)

### **2.29 Factores que intervienen en el aislamiento acústico**

Existen diversos factores básicos que intervienen en la consecución de un buen aislamiento acústico, entre los que tenemos:

- Factor Másico
- Factor Multicapa

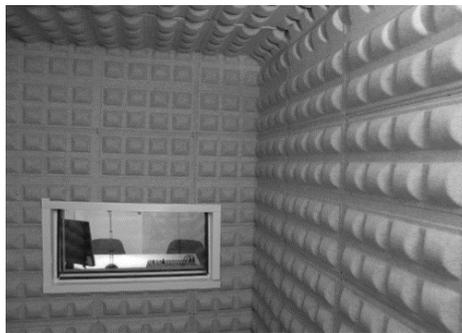
- Factor de Disipación

### 2.29.1 Factor Másico

El aislamiento acústico se consigue principalmente por la masa de los elementos constructivos:

A mayor masa, mayor resistencia opone al choque de la onda sonora y mayor es la atenuación.

Por esta razón, no conviene hablar de aislantes acústicos específicos, puesto que son los materiales normales y no como ocurre con el aislamiento térmico. (Ruiz, 2012, p.37)



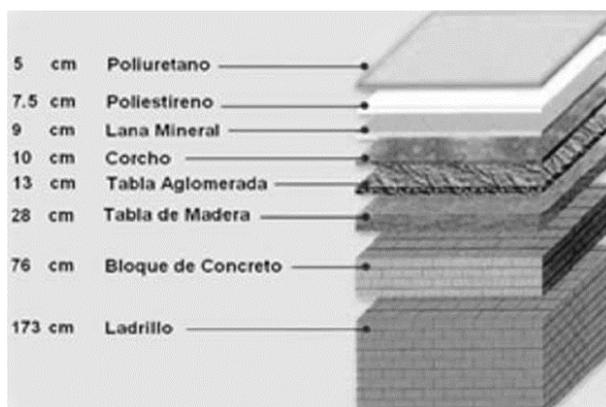
*Figura 4: Factor Másico*

*Fuente 4: Ruiz 2012*

### 2.29.2 Factor Multicapa

Se trata de mejorar el aislamiento acústico hasta niveles superiores a los que la suma del aislamiento individual de cada capa, pudiera alcanzar.

Cada elemento o capa tiene una frecuencia de resonancia que depende del material que lo compone y de su espesor. Si el sonido (o ruido) que llega al elemento tiene esa frecuencia producirá la resonancia y al vibrar el elemento, producirá sonido que se sumará al transmitido. Por ello, si se disponen dos capas del mismo material y distinto espesor, y que por lo tanto tendrán distinta frecuencia de resonancia, la frecuencia que deje pasar en exceso la primera capa, será absorbida por la segunda. (Ruiz, 2012, p.37)



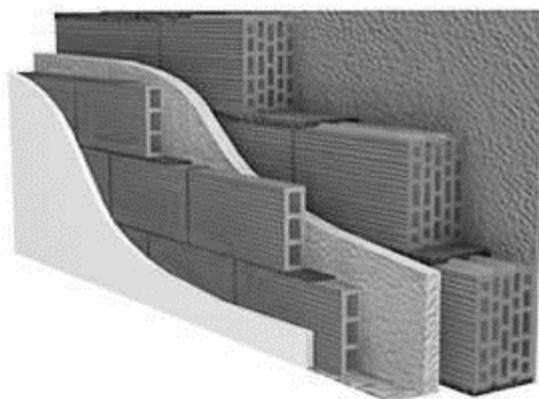
*Figura 5: Factor Multicapa*

*Fuente 5: Ruiz 2012*

### 2.29.3 Factor de Disipación

También mejora el aislamiento si se dispone entre las dos capas un material absorbente.

Estos materiales suelen ser de poca densidad ( $30 \text{ kg/m}^3$  -  $70 \text{ kg/m}^3$ ) y con gran cantidad de poros y se colocan normalmente porque además suelen ser también buenos aislantes térmicos así, un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos. (Ruiz, 2012, p.38)



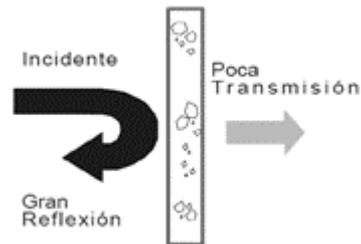
*Figura 6: Factor Disipación*

*Fuente 6: Ruiz 2012*

## 2.30 Tipos de Materiales

### 2.30.1 Materiales solidos

Así, los materiales sólidos y pesados, en general, opondrán gran resistencia al paso del sonido, resultando que la mayor parte de este resultará reflejado:

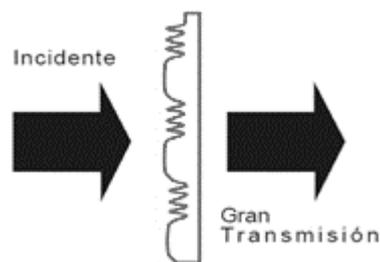


*Figura 7: Incidencia reflexión*

*Fuente 7: Inerco*

### 2.30.2 Materiales porosos

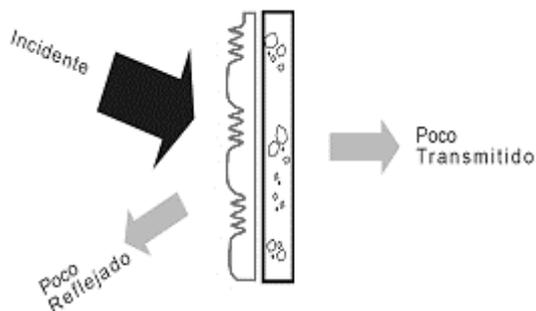
Mientras que los materiales porosos y de poca densidad, permitirán el paso del sonido con gran facilidad.



*Figura 8: Trasmisión materiales porosos*

*Fuente 8: Inerco*

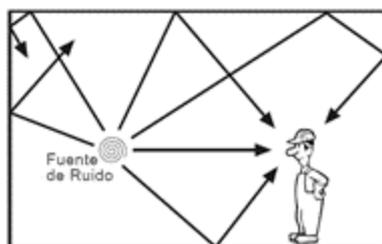
“Obviamente, un aparato constituido por la combinación de un material de gran masa y otro de gran porosidad, pueden resultar un material acústico con buenas cualidades aislantes y absorbentes” (INERCO acústica, s.f.).



*Figura 9: Combinación material sólido y poroso*

*Fuente 9: Inerco*

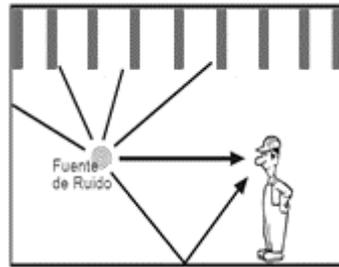
“Si tenemos en cuenta que el nivel de ruido medido procedente de un foco emisor en un recinto cerrado es superior al medido en campo abierto debido a las reflexiones que se producen en muros, suelo y techo” (INERCO acústica, s.f.).



*Figura 10: Ambiente cerrado*

*Fuente 10: Inerco*

Podemos encontrar un primer uso de los materiales porosos y, en general con poca densidad. Este uso será el de utilizarlos como elementos fonoabsorbentes que adecuadamente dispuestos en el recinto cerrado, ayudaran a controlar la componente reflejada, con lo que el operario recibirá menos energía y por tanto menos afección ruidosa. (INERCO acústica, s.f.)



*Figura 11: Fuente, emisor*

*Fuente 11: Inerco*

“Si además interponemos entre el foco emisor y el operario un elemento sólido (pantalla), además estaremos limitando la componente directa que recibirá el operario procedente del foco ruidoso” (INERCO acústica, s.f.).

Pero supongamos ahora que el foco ruidoso es un motor y que lo que queremos es controlar el ruido y las vibraciones producidas por el mismo y de la forma más compacta posible:

En el espectro de ruido emitido por el motor se aprecia que tiene componentes a todas las frecuencias (bajas, media, altas), si colocamos en los apoyos del motor unos elementos elásticos (muelles, amortiguadores), conseguiremos controlar las transmisiones hacia el forjado que sustenta el equipo y en general paliar vibraciones a bajas frecuencias. (INERCO acústica, s.f.)

### 2.31 Encapsulado

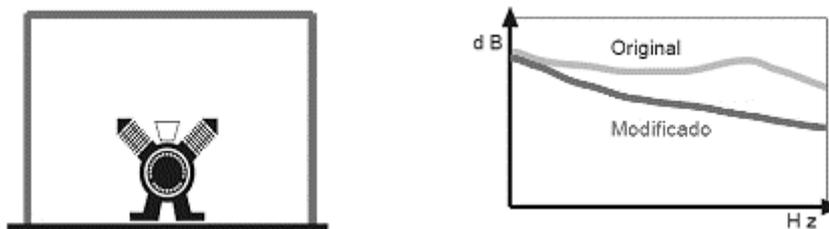
La interposición de una pantalla acústica entre el foco ruidoso y el receptor paliará la componente a medias y altas frecuencias en cierta medida, aunque poco eficaz será sin duda más eficaz encapsular totalmente el equipo, pero debemos elegir el material adecuado para realizar la cabina acústica, porque un material no adecuado hará de la solución algo poco eficaz. (INERCO acústica, s.f.)



*Figura 12: Encerramiento con materiales livianos*

*Fuente 12: Inerco*

Mientras que el encapsulamiento con los materiales adecuados proporcionará un mayor nivel de asilamiento, particularmente a medias y altas frecuencias:



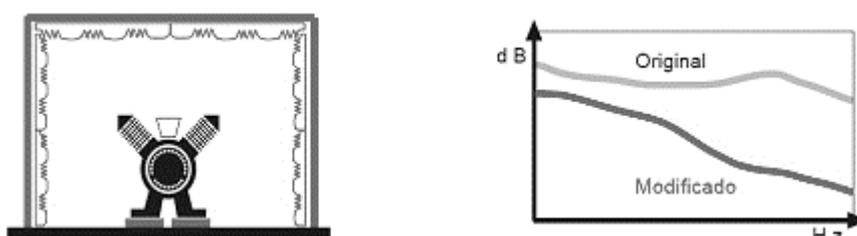
*Figura 13: Encerramiento con materiales sólidos*

*Fuente 13: Inerco*

### 2.31.1 Doble encapsulado

Si además apoyamos el equipo sobre elementos elásticos conseguiremos el control a bajas frecuencias.

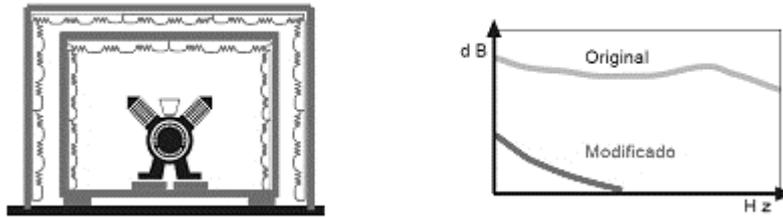
Dotar al encapsulamiento de un tratamiento absorbente en su interior, mediante la disposición de un material poroso, proporcionará a la solución un mayor rendimiento a altas frecuencias:



*Figura 14: Encerramiento de foco sonoro*

*Fuente 14: Inerco*

Finalmente, cuando se trate de focos con niveles muy altos de ruido, se puede ejecutar un doble encapsulamiento con resultados muy eficaces, aunque de elevado coste:



*Figura 15: Doble encerramiento*

*Fuente 15: Inerco*

Podríamos concluir que hemos solucionado el problema de ruidos: Hemos confinado la fuente en un recinto aislante y absorbente acústico dotado de los elementos anti vibratorios adecuados para controlar el ruido y las vibraciones en su origen hasta los límites exigidos por las normativas que le sean de aplicación. (INERCO acústica, s.f.)

### **2.32 Materiales para aislamiento acústico**

Materiales de construcción utilizados en el aislamiento acústico, absorción de ruidos y en general cuando se necesita insonorización de ambientes y espacios

Cuando se requiere reducir el ruido en una habitación, lo que se necesita es usar materiales para aislamiento acústico, es decir instalar materiales absorbentes y aislantes. (Canal construcción, 2018)

Algunos de los materiales absorbentes más comúnmente usados son:

- Acero
- Bandejas de cajas de huevos (como solución barata y rápida)
- Bloques de cemento
- Corcho
- Cortinas (en telas más gruesas, mayor absorción)
- Espuma de Poliuretano
- Enlucido de Yeso
- Hormigón

- Ladrillo cara vista
- Lana de roca
- Madera
- Mármol
- Moqueta: alfombras.
- Suelos plásticos (como vinilos)
- Techos acústicos
- Techos de escayola
- Vidrio.

En la industria de la construcción actual, existen muchas soluciones para el aislamiento acústico, se trata de materiales diseñados específicamente para el mejor aislamiento y absorción de ruidos, algunos de estos materiales son:

### **2.32.1 Placas Fono absorbentes**

Se trata de placas realizadas con materiales con mucha capacidad fonoabsorbente y fono aislante, están aconsejados para ser instaladas tanto en ambientes grandes y espacios pequeños, donde hay mucho ruido y a un precio económico.

### **2.32.2 Placas Composite**

Tienen doble función aíslan y absorben los ruidos dentro un determinado espacio, necesario en sitios como salas de máquinas etc.

### **2.32.3 Pantallas y Barreras acústicas o de Sonido**

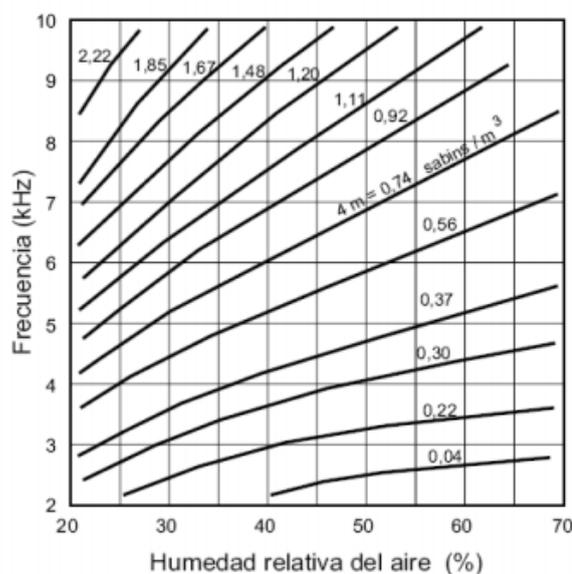
Son usadas al interior de tabiques de yeso o madera, o adheridas a las tuberías que transmiten mucho ruido.

### 2.32.4 Placas Texturadas

Usadas especialmente en salas con gran requerimiento acústico como salas de concierto, auditorios, cines etc.

### 2.32.5 Absorción del aire

La absorción producida por el aire es solamente significativa en recintos de grandes dimensiones, a frecuencias relativamente altas ( $\geq 2\text{kHz}$ ) y con porcentajes bajos de humedad relativa (del orden de un 10 a un 30%). Dicha absorción se representa por la denominada constante de atenuación del sonido en el aire  $m$ . (Gálvez Muñoz & Cárdenas Martínez, 2010, p.35)



*Figura 16: Absorción del aire*

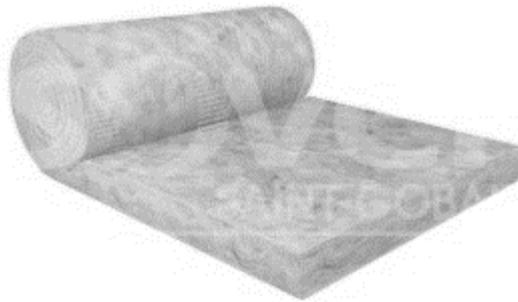
*Fuente 16: Gálvez y Cárdenas*

En la figura se presenta un conjunto de gráficas mediante las que es posible determinar el valor del producto  $4m$  en condiciones normales de presión y temperatura ( $P_0 = 105\text{Pa}$  y  $20^\circ\text{C}$ ), para cada frecuencia y porcentaje de humedad relativa del aire. (Gálvez Muñoz & Cárdenas Martínez, 2010, p.35)

A partir del conocimiento del producto  $4m$  y del volumen  $V$  del recinto, es posible calcular el valor del tiempo de reverberación  $RT$  del mismo, teniendo en cuenta la atenuación producida por el aire. La fórmula a utilizar es la de Sabine completa. (Gálvez Muñoz & Cárdenas Martínez, 2010, p.35)

### 2.32.6 Fibras Textiles

Este material es un fieltro de fibras textiles entrelazadas entre ellas por resinas especiales debido a su estructura altamente porosa tiene un gran poder absorbente y anti vibratorio puede ser fácilmente aplicable a superficies de variada naturaleza y forma En función de su espesor presenta unas características absorbentes y anti-vibratorias variables. (Ruiz, 2012, p.41)



*Figura 17: Fibra textil lana de vidrio*

*Fuente 17: Ruiz 2012*

#### Características Técnicas

Densidad: 80 Kg/m<sup>3</sup>

Espesor: 15 to 18 mm

Rollos: 1 x 50 m

### 2.32.7 Panel de absorción acústica estándar

Un material se dice que es "absorbente de ruido" cuando su característica fundamental es la transformar gran parte de la energía sonora (que pasa a través de él) en cualquier otro tipo de energía.

Su misión no es reflejar el ruido o evitar que este se cuele en espacios vecinos, más bien al contrario los materiales absorbentes se fabrican de tal manera que reflejen la mínima parte posible de la energía que

reciben. De este modo, se consigue que penetre una mayor cantidad de energía sonora susceptible de ser transformada en calor, evitando con ello producir molestia sonora. (Ruiz, 2012, p.42)



*Figura 18: Panel acústico absorbente*

*Fuente 18: Ruiz 2012*

**Características técnicas:**

- Dimensiones: 50cm x 50cm x 5cm o 100 x 100 x 5 cm.
- Diseño: Triangular (base 2 cm. y pirámide de 4 x 3 cm. larga).
- Panel de absorción en espuma de poliuretano de +/-23 Kg/m<sup>3</sup>.
- Panel de cámara abierta con un coeficiente de absorción promedio de 0,65.
- Ideal para absorción y atenuación de frecuencias medias y altas (250 –4000 Hz.).
- Reducción +/-12 a 16 dB.
- Color gris
- Retardante al fuego, MONTOFOC ESMALTE AL AGUA 503610

Tabla 1

Coeficiente de Absorción

	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN					
	125 HZ	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
<b>PANEL AB01P</b>	0,11	0,29	0,66	0,91	0,94	1.00

*Elaborado 1: El Autor*

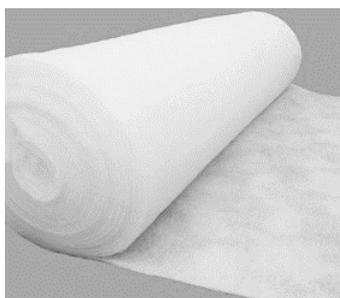
### 2.32.8 Alfombra

Tejido confeccionado en un telar en seda, lana, hilo o fibra.

*Figura 19: Alfombra**Fuente 19: Gálvez y Cárdenas*

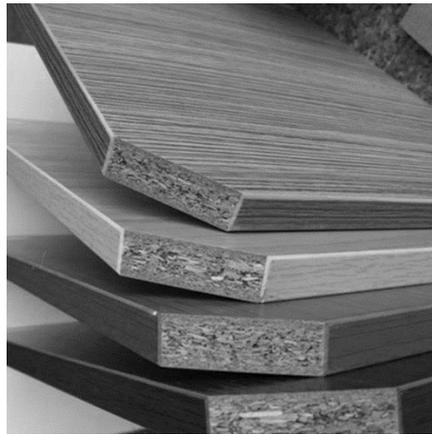
### 2.32.9 Plumón

Pluma suave con raquis muy corto, cuyas barbas están sueltas y no se entrelazan.

*Figura 20: Plumón**Fuente 20: Gálvez y Cárdenas*

### 2.32.10 Aglomerado

El aglomerado de madera es un material compuesto por partículas de madera de diferentes tamaños, unidas entre sí por algún tipo de resina, cola u otro material y posteriormente prensada a temperatura y presión controlada formando el tablero con una textura irregular y porosa. (Tecnología, s.f.)



*Figura 21: Aglomerado*

*Fuente 21: Gálvez y Cárdenas*

### 2.32.11 Coeficientes de Absorción según el material

Al incidir una onda sonora sobre una superficie absorbente, parte de la energía es absorbida, parte reflejada y parte transmitida al otro lado. La proporción entre ellas dependerá de la frecuencia de la onda incidente y de las características técnicas y constructivas del material, así como del ángulo de incidencia de la onda. (Ruiz, 2012, p.39)

A la relación entre la energía acústica absorbida y la incidente sobre un material por unidad de superficie se le conoce como coeficiente de absorción.

El coeficiente de absorción acústica de un material depende de la naturaleza del mismo, de la frecuencia de la onda sonora y del ángulo con que incide la onda sobre la superficie. Como el coeficiente de absorción varía con la frecuencia, se suelen dar los mismos a las frecuencias de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000Hz. (Ruiz, 2012, p.39)

Materiales y Coeficientes	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Ladrillo sin enlucir	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Ladrillo pintado	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Rev. De cal y arena	0.04	0.05	0.06	0.08	0.04	0.06
Placa de yeso	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Moqueta s/ hormigón	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65
B. de H° Poroso	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
B. de H° Pintado	0.10	0.05	0.05	0.07	0.09	0.08
Marmol o azulejos	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Madera	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Madera 1cm de esp.	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11
Parquet	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
Parquet de madera s/ H°	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
Goma de 0.5 de esp.	0.04	0.04	0.08	0.12	0.03	0.10
Cortina 475 g/m2	0.10	0.31	0.49	0.75	0.70	0.60
Ventana de vidrio	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
Pared de ladrillo c/yeso	0.013	0.015	0.02	0.03	0.04	0.05
Sup. Piscina llena/agua	0.008	0.008	0.013	0.15	0.020	0.25

Figura 22: Coeficiente de absorción

Fuente 23: Ruiz 2012

MATERIAL O ESTRUCTURA	COEFICIENTE DE ABSORCION EN FUNCION DE LA FRECUENCIA (Hz).			
	125	500	1.000	2.000
Hormigón sin pintar	0,01	0,02	0,02	0,02
Hormigón pintado	0,01	0,01	0,02	0,02
Ladrillo visto sin pintar	0,02	0,03	0,04	0,05
Ladrillo visto pintado	0,01	0,02	0,02	0,02
Revoque de cal y arena	0,04	0,06	0,08	0,04
Placa de yeso (Durlock) 12mm a 10 cm.	0,29	0,05	0,04	0,07
Yeso sobre el metal desplegado	0,04	0,04	0,06	0,06
Mármol o azulejo	0,01	0,01	0,01	0,02
Madera en paneles (a 58 cm de la pared)	0	0,2	0,17	0,15
Madera aglomerada en panel	0,47	0,5	0,55	0,58
Parquet	0,04	0,07	0,06	0,06
Parquet sobre asfalto	0,05	0,06	0,09	0,1
Parquet sobre listones	0	0,12	0	0,1
Espuma de poliuretano (Fonac) 35mm	0,11	0,36	0,82	0,9
Espuma de poliuretano (Fonac) 50mm	0,15	0,5	0,94	0,92
Espuma de poliuretano (Fonac) 75mm	0,17	0,99	1,03	1
Espuma de poliuretano (Sonex) 35mm	0,06	0,45	0,71	0,95
Espuma de poliuretano (Sonex) 50mm	0,07	0,72	0,88	0,97
Espuma de poliuretano (Sonex) 75mm	0,13	0,9	1,07	1,07
Lana de vidrio (fieltro 14 Kg/m3) 25mm	0,15	0,4	0	0,65
Lana de vidrio (fieltro 14 Kg/m3) 50mm	0,25	0,7	0	0,85
Vidrio	0,03	0,02	0,01	0,07

Figura 23: Coeficiente de Absorción

Fuente 22: Ruiz 2012

### 2.32.12 Atenuación de materiales por bandas de octava

El orden de los materiales es: capa 1 espuma de poliuretano, capa 2 lana de vidrio, capa 3 aglomerado de 18 mm la estructura al final una capa metálica para proteger los materiales de agentes externos que afecten sus propiedades. La capsula posee un doble recubrimiento de esta combinación para una mayor absorción.

El orden de esta combinación es porque los materiales porosos contienen partículas de aire en las cuales las ondas sonoras quedan atrapadas y en superficies lisas o duras las ondas rebotan es por esto la combinación para que exista mayor absorción de las ondas sonoras producidas por el motor eléctrico.

*Tabla 2 Absorción de materiales en combinación*

<b>Material</b>	<b>125 Hz</b>	<b>500 Hz</b>	<b>1000 Hz</b>	<b>2000 Hz</b>
Espuma poliuretano	0,11	0,66	0.91	0,94
Lana de vidrio	0,15	0,4	0	0,65
Aglomerado	0,47	0,5	0,55	0,58

*Elaborado 2: El Autor*

*Tabla 3 Atenuación en decibeles*

Combinación	<b>0,73 dB</b>	<b>1,58 dB</b>	<b>1,46 dB</b>	<b>2,17 dB</b>
Combinación Doble	1,46 dB	3,12 dB	2,92 dB	4,34 dB

*Elaborado 3: El Autor*

### **2.32.13 Motores Eléctricos**

El motor eléctrico es la máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica. El motor de inducción es el más usado de todos los tipos de motores, ya que combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica - bajo costo, facilidad de transporte, limpieza, simplicidad de comando - con su construcción simple y su gran versatilidad de adaptación a las cargas de los más diversos tipos y mejores rendimientos. (Contreras & Sánchez, 2010, p.79)

#### **2.32.13.1 Motores de corriente continua**

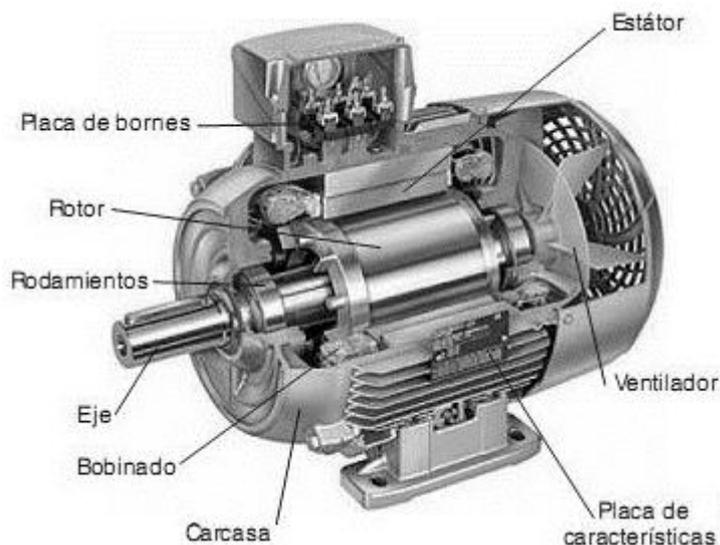
Son motores de costo más elevado y, además de eso, precisan una fuente de corriente continua, o un dispositivo que convierta la corriente alterna común en continua. Pueden funcionar con velocidad ajustable, entre amplios límites y se prestan a controles de gran flexibilidad y precisión. Por eso, su uso es restricto a casos especiales en que estas exigencias compensan el costo mucho más alto de la instalación y del mantenimiento. (Contreras & Sánchez, 2010, p.79)

#### **2.32.13.2 Motores de corriente alterna**

Son los más utilizados, porque la distribución de energía eléctrica es hecha normalmente en corriente alterna. Los principales tipos son: Motor síncrono: Funciona con velocidad fija, o sea, sin interferencia del deslizamiento; utilizado normalmente para grandes potencias (debido a su alto costo en tamaños menores). (Contreras & Sánchez, 2010, p.79)

#### **2.32.13.3 Motor de inducción**

Funciona normalmente con una velocidad constante, que varía ligeramente con la carga mecánica aplicada al eje. Debido a su gran simplicidad, robustez y bajo costo, es el motor más utilizado de todos, siendo adecuado para casi todos los tipos de máquinas accionadas, encontradas en la práctica. Actualmente es posible el control de la velocidad de los motores de inducción con el auxilio de convertidores de frecuencia. (Contreras & Sánchez, 2010, p.79)



*Figura 24: Motor Eléctrico*

*Fuente 24: Contreras y Sánchez*

#### **2.32.14 Peletizadora de balanceado**

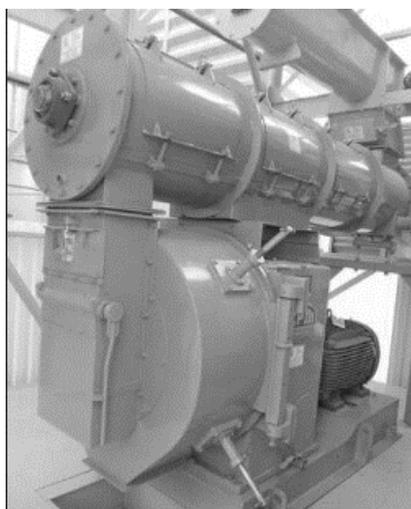
“Una peletizadora es una máquina que tiene como trabajo o actividad transformar o convertir la materia prima en pellet, que son piezas pequeñas formadas por la adición de vapor” (Granda, 2012, p.14).

##### **2.32.14.1 Funcionamiento**

El proceso de peletizado consiste en añadir vapor a una mezcla de harina, la misma que luego de ser humedecida es sometida a la presión de rodillos que empujan el material a través de un dado, obteniéndose así el pellet, este proceso se suele hacer en dados planos o verticales. La temperatura del material triturado en la máquina peletizadora aumenta y el material natural aglutinante, la lignina, se derrite y aglutina el pellet cuando este es enfriado. De ahí que el pellet no obtiene dureza hasta una vez enfriado. El tipo de dados se debe elegir caso por caso dependiendo de la calidad y propiedades como dureza, humedad, composición de la materia prima que se va a peletizar. (Granda, 2012, p.14)

### **2.32.14.2    *Importancia***

Las Peletizadoras son utilizadas para formar piezas compactas de alimento balanceado con el fin de darles a los animales un alimento balanceado para su mejoramiento nutricional, otro fin con el que se emplea es el de mayor facilidad para el suministro de las raciones y así conocer cuánto consumen los animales, buena higiene de la alimentación ya que la mayoría de las bacterias se mueren y se suprime la humedad calentando el alimento a la temperatura de 80 °C y manteniéndola durante un cierto tiempo, a la vez no existe desperdicios en la dosificación. Una máquina peletizadora de pequeña capacidad de producción es una necesidad, ya que a veces se requiere cantidades pequeñas de balanceado en forma de pellets para alimentar a animales de diversa índole tales como: 15 cerdos, peces, pollos, etc. A fin de no depender de una industria, ya que este tipo de alimento es solo rentable obtenerlo al por mayor para aminorar costos lo cual no se aplica donde la demanda es pequeña en relación a productores. (Granda, 2012, p.14)



*Figura 25: Peletizadora de Balanceado*

*Fuente 25: Granda 2012*

## **2.33 Definición de términos básicos**

### **2.33.1 Riesgo**

“Combinación de la probabilidad de que ocurra uno o varios eventos o exposiciones, peligrosos, y la severidad de lesión o enfermedad, que puede ser causado por las exposiciones” (NTC OHSAS 18001, p.5).

### **2.33.2 Factor de Riesgo.**

“Acción, atributo o elemento de la tarea, equipo o ambiente de trabajo, o una combinación de los anteriores, que determina un aumento en la probabilidad de desarrollar la enfermedad o lesión” (Coral, 2016, p.6).

### **2.33.3 Gestión del Riesgo**

“Actividades coordinadas para dirigir y controlar la organización con relación al riesgo” (UNE-ISO 31000, 2018, p.7).

### **2.33.4 Exposición**

“Situación en la que una persona se encuentra en desventaja por consecuencia de su localización frente a un riesgo” (UNE-ISO 31000, 2018, p.7).

### **2.33.5 Peligro**

“Fuente, situación o acto con potencial de daño en términos de enfermedad o lesión a las personas, o una combinación de éstos” (NTC OHSAS 18001, p.3).

### **2.33.6 Condiciones de Trabajo.**

“Es el resultado de un procedimiento sistemático para identificar, localizar y valorar aquellos elementos, peligros o factores que tienen influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores” (Coral, 2016, pág. 7).

### **2.33.7 Enfermedad**

“Condición física o mental adversa identificable, que surge, empeora o ambas, a causa de una actividad laboral, una situación relacionada con el trabajo o ambas” (NTC OHSAS 18001, p.2).

### **2.33.8 Enfermedad Profesional**

“Son las alteraciones de la salud nosológicamente bien definidas, producidas por acción directa del trabajo, en trabajadores que habitualmente se exponen a factores etiológicos, constantemente presentes en determinadas profesiones u ocupaciones, bajo las circunstancias previstas en las legislaciones respectivas” (OIT, 2010).

### **2.33.9 Accidente de trabajo**

“Suceso repentino que sobreviene por causa o con ocasión del trabajo, y que produce en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte” (Coral, 2016, p.8).

### **2.33.10 Hipoacusia**

Es la incapacidad total o parcial para escuchar o percibir sonidos en uno o ambos oídos.

### **2.33.11 Ruido**

“Todo aquel sonido desagradable capaz de causar molestia o daño, generalmente probabilista que no exhibe componentes de frecuencias definidas” (Gimenes de Paz, 2012, p.29).

### **2.33.12 Sonido**

“La transmisión de una información a través de un medio elástico, originada en una fuente sonora que será capaz de ser percibida a distancia mediante algún detector específico (oído, micrófono)” (Gimenes de Paz, 2012, p.25).

### **2.33.13 Presión Sonora**

“Es la variación de la presión atmosférica con el paso de a señal acústica, la rapidez con que se producen estas variaciones está dada por la frecuencia que indica el número de tales variaciones por segundo” (Gimenes de Paz, 2012, p.28).

### **2.33.14 Decibel**

El decibel (dB) es la décima parte del bel y cuantifica una magnitud logarítmica conocida como nivel sonoro. De esta manera, se reduce el amplio rango anterior a uno menor con una variación entre 1 y algo más que  $10^2$ . Su interpretación subjetiva es la fuerza del sonido o su volumen. (Gimenes de Paz, 2012, p.30)

### **2.33.15 Sonómetro integrador-promediador**

“El sonómetro es un instrumento de medida que sirve para medir niveles de presión sonora” (ISO 9612, 2009, p.23).

### **2.33.16 Acondicionamiento acústico**

“Lograr que el sonido proveniente de una fuente o fuentes sea irradiado por igual en todas direcciones logrando un campo sonoro difuso ideal” (Mena, 2013, p.33).

### **2.33.17 Aislamiento acústico**

“Se entiende por aislamiento acústico a la protección de un recinto contra la penetración de sonidos que interfieran a la señal sonora deseada” (Mena, 2013, p.33).

### **2.33.18 Absorción Acústica**

“La absorción o penetración de una onda sobre una superficie del material” (Ruiz, 2012, p.35).

### **2.33.19 Factor Másico**

A mayor masa, mayor resistencia opone al choque de la onda sonora y mayor es la atenuación.

Por esta razón, no conviene hablar de aislantes acústicos específicos, puesto que son los materiales normales y no como ocurre con el aislamiento térmico. (Ruiz, 2012, p.37)

### **2.33.20 Factor Multicapa**

“Se trata de mejorar el aislamiento acústico hasta niveles superiores a los que la suma del aislamiento individual de cada capa, pudiera alcanzar” (Ruiz, 2012, p.37).

### **2.33.21 Factor de Disipación**

También mejora el aislamiento si se dispone entre las dos capas un material absorbente.

Estos materiales suelen ser de poca densidad (30 kg/m<sup>3</sup> - 70 kg/m<sup>3</sup>) y con gran cantidad de poros y se colocan normalmente porque además suelen ser también buenos aislantes térmicos así, un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos. (Ruiz, 2012, p.38)

### **2.33.22 Materiales solidos**

“Los materiales sólidos y pesados, en general, opondrán gran resistencia al paso del sonido, resultando que la mayor parte de este resultará reflejado” (INERCO acústica, s.f.).

### **2.33.23 Materiales porosos**

“Mientras que los materiales porosos y de poca densidad, permitirán el paso del sonido con gran facilidad” (INERCO acústica, s.f.).

### **2.33.24 Encapsulado**

La interposición de una pantalla acústica entre el foco ruidoso y el receptor paliará la componente a medias y altas frecuencias en cierta medida, aunque poco eficaz será sin duda más eficaz encapsular totalmente el equipo, pero debemos elegir el material adecuado para

realizar la cabina acústica, porque un material no adecuado hará de la solución algo poco eficaz.

(INERCO acústica, s.f.)

#### **2.33.25 Doble encapsulado**

“Dotar al encapsulamiento de un tratamiento absorbente en su interior, mediante la disposición de un material poroso, proporcionará a la solución un mayor rendimiento a altas frecuencias” (INERCO acústica, s.f.).

#### **2.33.26 Fibras Textiles**

Este material es un fieltro de fibras textiles entrelazadas entre ellas por resinas especiales debido a su estructura altamente porosa tiene un gran poder absorbente y anti vibratorio puede ser fácilmente aplicable a superficies de variada naturaleza y forma En función de su espesor presenta unas características absorbentes y anti-vibratorias variables. (Ruiz, 2012, p.41)

#### **2.33.27 Panel de absorción acústica estándar**

“Un material se dice que es "absorbente de ruido" cuando su característica fundamental es la transformar gran parte de la energía sonora (que pasa a través de él) en cualquier otro tipo de energía” (Ruiz, 2012, p.42).

#### **2.33.28 Alfombra**

“Tejido confeccionado en un telar en seda, lana, hilo o fibra” (Significados.com, 2016).

#### **2.33.29 Plumón**

“Pluma suave con raquis muy corto, cuyas barbas están sueltas y no se entrelazan” (Significados.com, 2016).

#### **2.33.30 Aglomerado**

El aglomerado de madera es un material compuesto por partículas de madera de diferentes tamaños, unidas entre sí por algún tipo de resina, cola u otro material y posteriormente prensada

a temperatura y presión controlada formando el tablero con una textura irregular y porosa.  
(Tecnología, s.f.)

### **2.33.31 Coeficientes de Absorción según el material**

“Al incidir una onda sonora sobre una superficie absorbente, parte de la energía es absorbida, parte reflejada y parte transmitida al otro lado” (Ruiz, 2012, p.39).

### **2.33.32 Motores Eléctricos**

El motor eléctrico es la máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica. El motor de inducción es el más usado de todos los tipos de motores, ya que combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica - bajo costo, facilidad de transporte, limpieza, simplicidad de comando - con su construcción simple y su gran versatilidad de adaptación a las cargas de los más diversos tipos y mejores rendimientos. (Contreras & Sánchez, 2010, p.79)

### **2.33.33 Peletizadora**

“Una peletizadora es una máquina que tiene como trabajo o actividad transformar o convertir la materia prima en pellet, que son piezas pequeñas formadas por la adición de vapor” (Granda, 2012, p.14).

### 3 CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Diseño de la investigación

El diseño del presente proyecto de investigación es cuasi experimental debido a que se manipula una de las variables espesor y material tendiendo a ser modificada, trabajando con una muestra dirigida.

#### 3.2 Tipo de investigación

La investigación es causal-explicativa ya que se orienta a establecer las causas que originan un fenómeno determinado. Se trata de un tipo de investigación cuantitativa que descubre el por qué y el para qué de un fenómeno además de estudiar la relación que se encuentra entre las variables, conocer el efecto positivo o negativo que puede producir un cambio inesperado de las variables independientes.

Se puede obtener información más acertada con los experimentos, ya que estos pueden dar la certeza de que las causas del fenómeno son razonables.

Entre las características más importantes de la investigación causal-explicativa se encuentran:

- Tiene el objetivo de definir las causas del por qué y cómo sucede una acción. Es decir, indaga el efecto que una variable tiene sobre otra.
- Es un tipo de investigación cuantitativa que requiere de pruebas estadísticas y experimentación para conocer las causas del fenómeno.
- Son muy rígidas al recolectar los datos y analizarlos, ya que requieren información confiable y comprobable entre las variables.
- Las variables deben poder ser manipuladas para que los efectos que provocan se eliminen.

- Su estructura está completamente definida y es necesario que la muestra de estudio se oriente a un proceso secuencial.

### **3.3 Población y muestra**

El estudio se realiza en la planta de balanceados Exibal, en cual se aplica el análisis al motor eléctrico.

### **3.4 Técnicas de investigación**

Debido al tipo de investigación se aplica gestión del riesgo lo que implica la identificación evaluación y control del mismo, en este caso el ruido laboral excesivo además de la aplicación de encuestas para conocer la percepción y obtener información por parte del personal operativo durante su jornada laboral, igualmente se adiciona información brindada por parte de los jefes de producción, Mantenimiento y seguridad.

### **3.5 Procedimiento**

1. Primero se realizó una observación general del proceso productivo que posee la empresa.
2. Se recogió información relacionada con tiempos y actividades que realizan los trabajadores durante su jornada laboral.
3. Determinar la estrategia de medición de ruido, siendo esta la Medición basada en la tarea la cual abarca las actividades de encascar, coser y apilar un saco de balanceado con una duración de 48 segundos, todo esto proceso es repetitivo durante toda la jornada.
4. De acuerdo a la estrategia escogida se aplicará la medición de la duración total de la tarea por saco realizando 3 mediciones por cada pallet.
5. Se realizó la aplicación de fórmulas y cálculos para determinar el ruido laboral presente teniendo como resultado un valor de 92 dB.

6. Por consiguiente se realizó un primer diseño y aplicación de materiales aislantes acústicos como son: aglomerado de 6mm, plumón y alfombra.
7. Se realiza la instalación del primer prototipo de encapsamiento acústico para poder efectuar las mediciones necesarias, una vez realizado y calculado se obtuvo una reducción de 2 dB con la aplicación de estos materiales.
8. Se realiza un segundo diseño cambiando materiales y estructura de la capsula que al momento de realizar un ensayo se obtuvo una reducción de 15 dB.
9. Una vez alcanzado el objetivo con la aplicación de fibra textil, espuma de poliuretano y aglomerado de 18mm se procede a la instalación final de la capsula de aislamiento acústico adicionándole una protección anticorrosiva al aglomerado y la carcasa metálica previniendo de esta manera problemas y alargando la vida útil de la capsula.

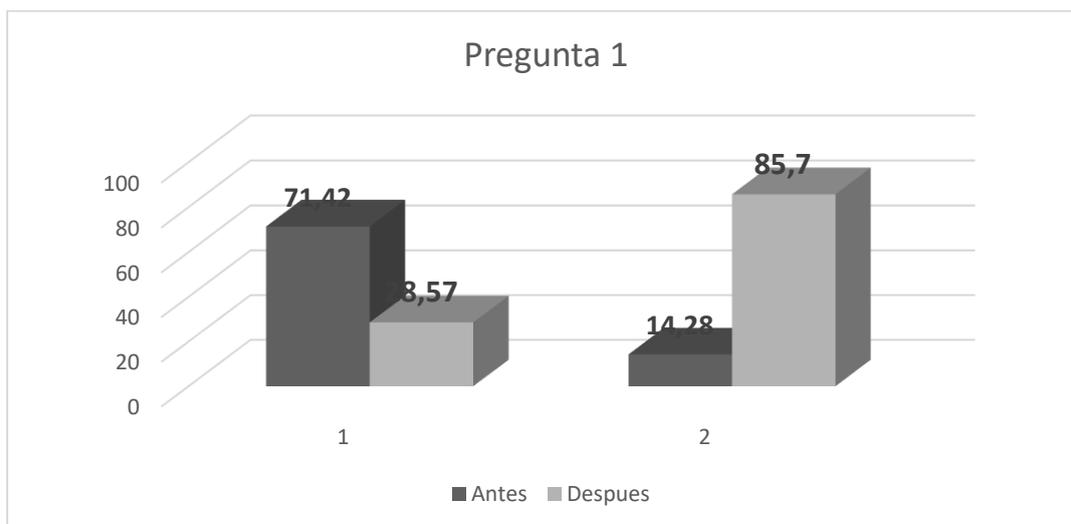
### 3.6 Análisis de datos.

**Pregunta 1.** ¿El ruido en su puesto de trabajo produce molestias?

Tabla 4  
*Pregunta 1 antes y después*

<b>Pregunta 1</b>					
<b>Antes</b>			<b>Después</b>		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	5	71,42	Si	1	14,28
No	2	28,57	No	6	85,7

*Elaborado 4: El Autor*



*Figura 26: Pregunta 1 antes y después*

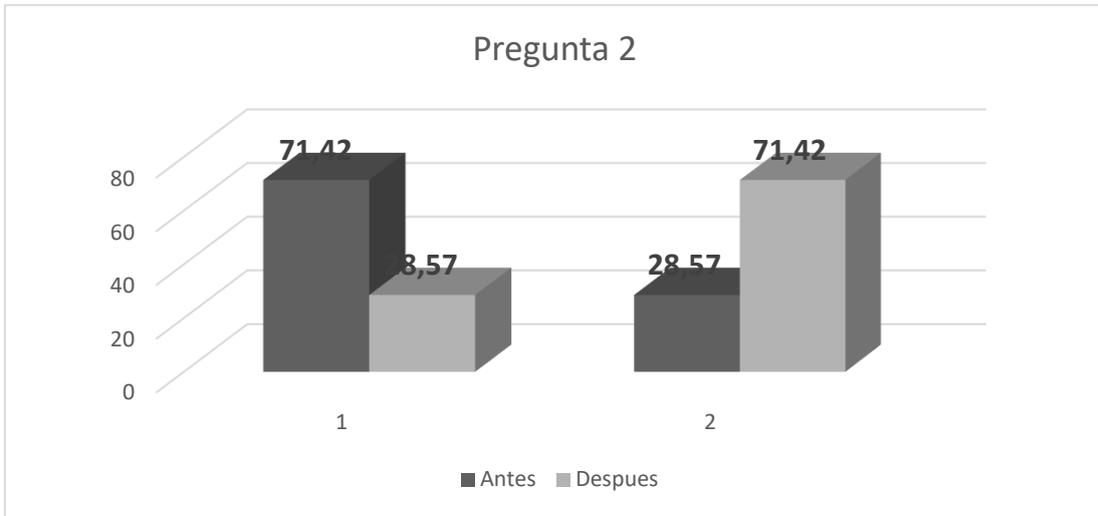
*Fuente 26: Excel*

**Pregunta 2.** El ruido obliga continuamente a elevar la voz a las personas que conversan a medio metro de distancia.

Tabla 5  
*Pregunta 2 antes y después*

<b>Pregunta 2</b>			<b>Después</b>		
<b>Antes</b>			<b>Después</b>		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	5	71,42	Si	2	28,57
No	2	28,57	No	5	71,42

*Elaborado 5: El Autor*



*Figura 27: Pregunta 2 antes y después*

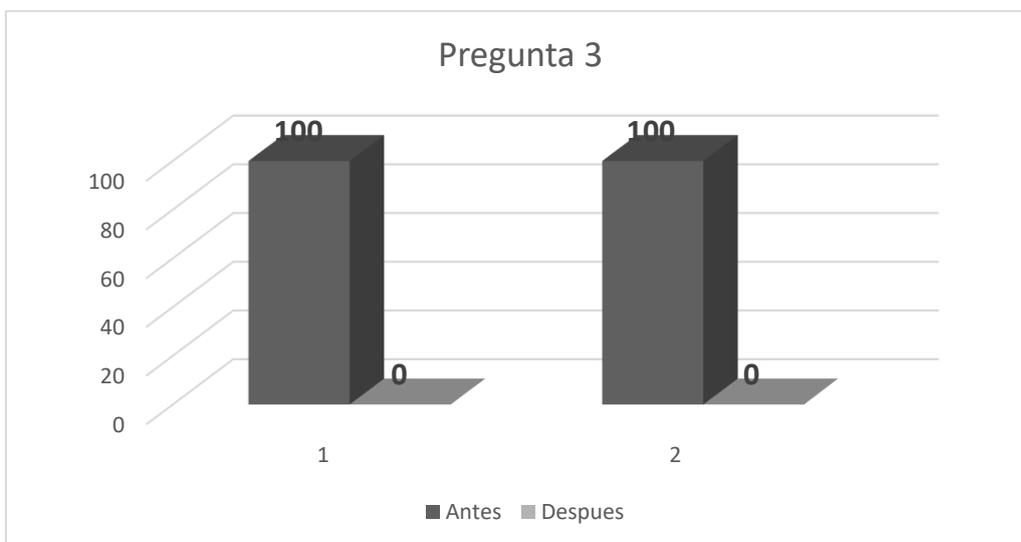
*Fuente 27: Excel*

**Pregunta 3.** Considera Ud. que existe varias fuentes de ruido en la empresa.

Tabla 6  
*Pregunta 4 antes y después*

<b>Pregunta 3</b>			<b>Pregunta 3</b>		
<b>Antes</b>			<b>Después</b>		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	7	100	Si	7	100
No	0	0	No	0	0

*Elaborado 6: El Autor*



*Figura 28: Pregunta 3 antes y después*

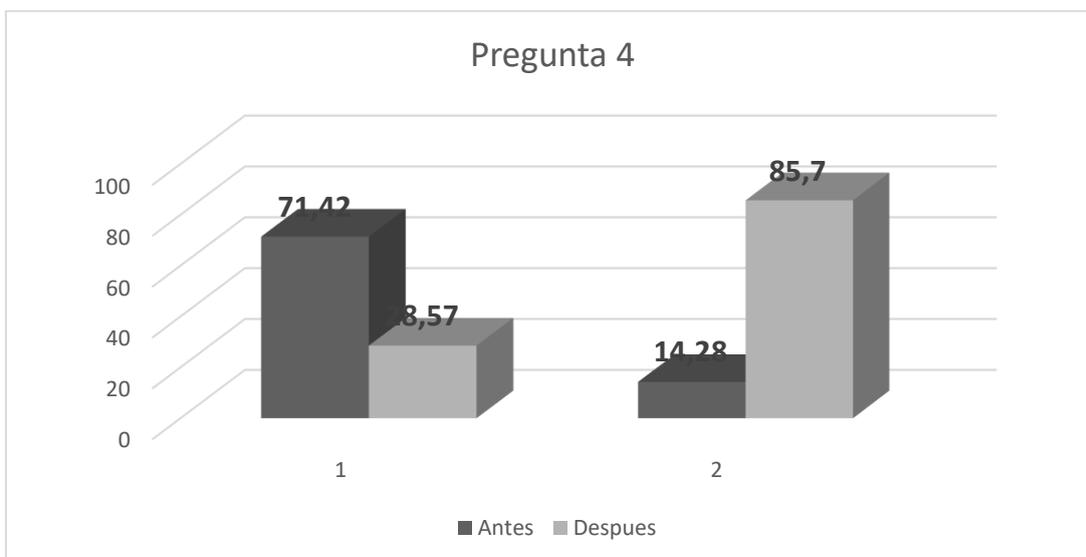
*Fuente 28: Excel*

**Pregunta 4.** Considera que el ruido emitido por el motor de la peletizadora es muy elevado.

Tabla 7  
*Pregunta 4 antes y después*

<b>Pregunta 4</b>					
<b>Antes</b>			<b>Después</b>		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	5	71,42	Si	1	14,28
No	2	28,57	No	6	85,7

*Elaborado 7: El Autor*



*Figura 29: Pregunta 4 antes y después*

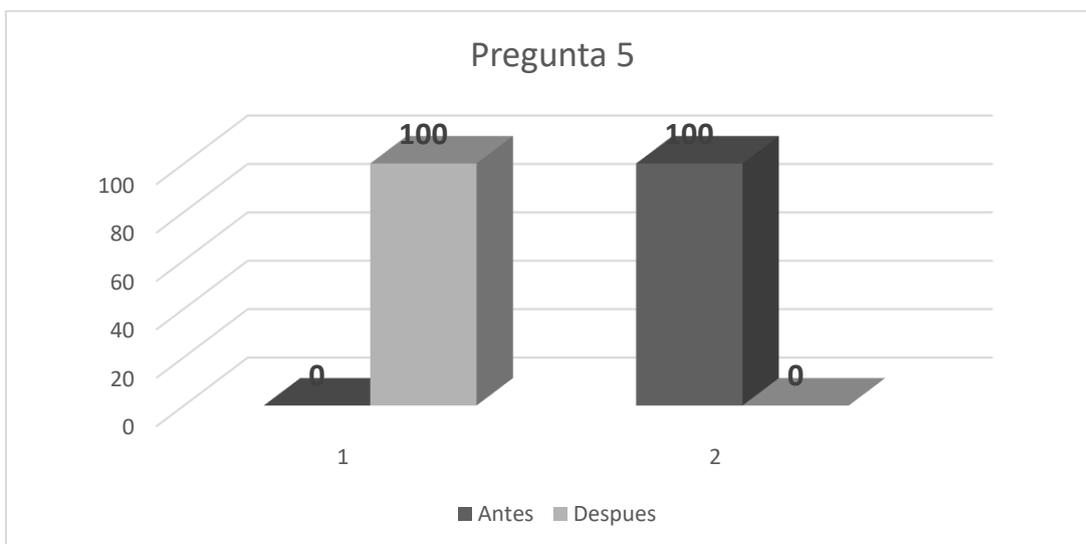
*Fuente 29: Excel*

**Pregunta 5.** Se han realizado mediciones iniciales de ruido.

Tabla 8  
*Pregunta 5 antes y después*

<b>Pregunta 5</b>					
<b>Antes</b>			<b>Después</b>		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	0	0	Si	7	100
No	7	100	No	0	0

*Elaborado 8: El Autor*



*Figura 30: Pregunta 5 antes y después*

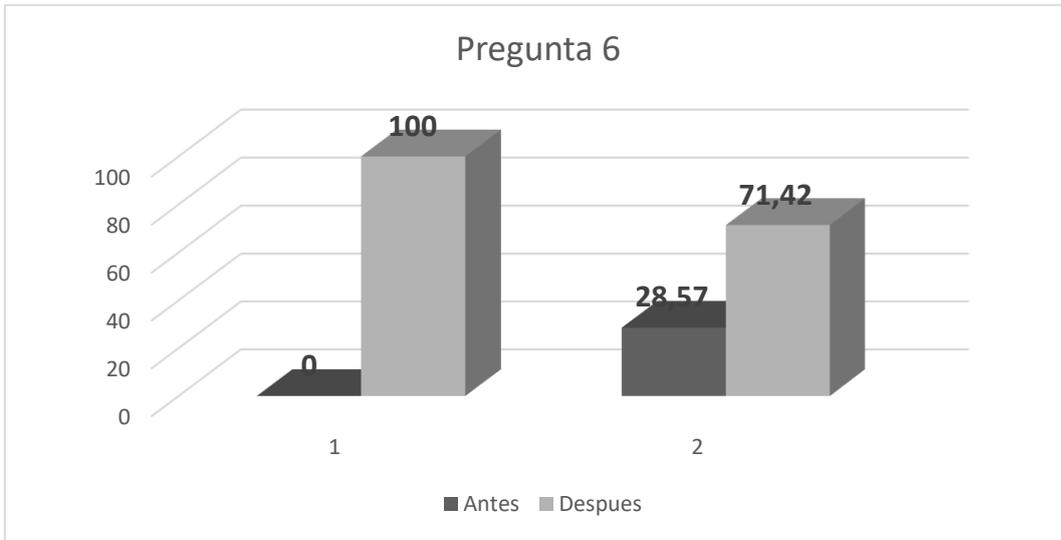
*Fuente 30: Excel*

**Pregunta 6.** Se realizan mediciones iniciales de ruido.

Tabla 9  
*Pregunta 6 antes y después*

<b>Pregunta 6</b>					
<b>Antes</b>			<b>Después</b>		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	0	0	Si	2	28,57
No	7	100	No	5	71,42

*Elaborado 9: El Autor*



*Figura 31: Pregunta 6 antes y después*

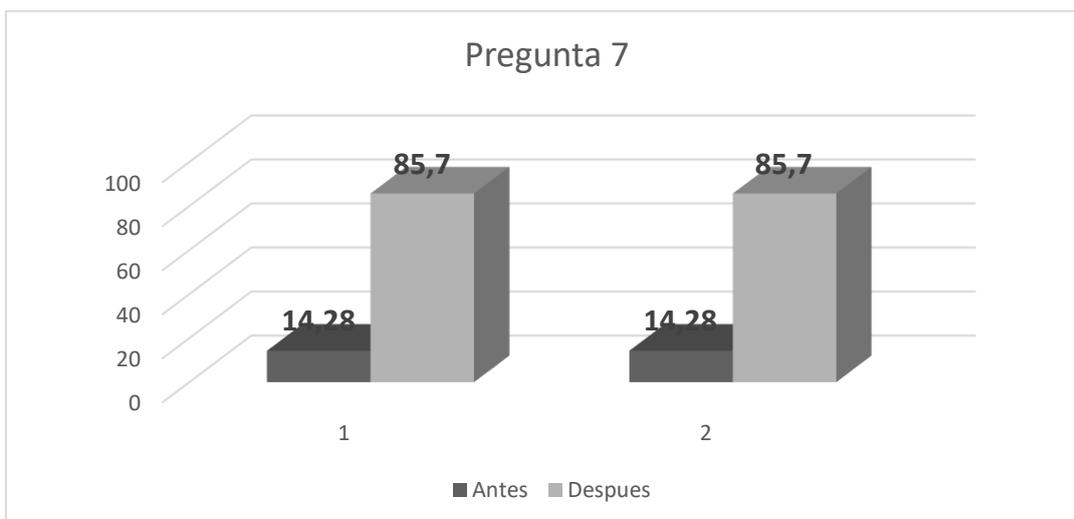
*Fuente 31: Excel*

**Pregunta 7.** Se llevan a cabo reconocimientos médicos específicos a las personas expuestas a ruido.

Tabla 10  
*Pregunta 7 antes y después*

<b>Pregunta 7</b>					
<b>Antes</b>			<b>Después</b>		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	1	14,28	Si	1	14,28
No	6	85,7	No	6	85,7

*Elaborado 10: El Autor*



*Figura 32: Pregunta 7 antes y después*

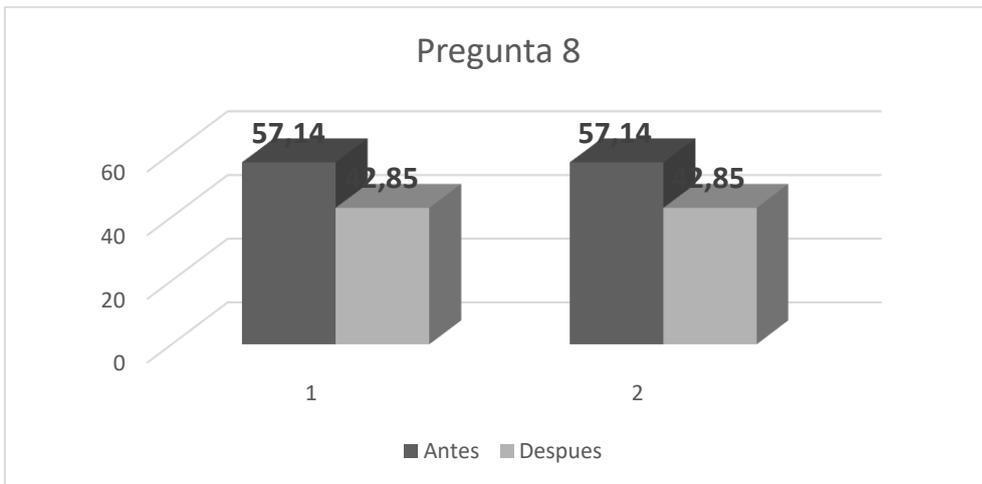
*Fuente 32: Excel*

**Pregunta 8.** Se suministran y utilizan protectores auditivos a las personas expuestas a ruido.

Tabla 11  
*Pregunta 8 antes y después*

<b>Pregunta 8</b>					
<b>Antes</b>			<b>Después</b>		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	4	57,14	Si	4	57,14
No	3	42,85	No	3	42,85

*Elaborado 11: El Autor*



*Figura 33: Pregunta 8 antes y después*

*Fuente 33: Excel*

**Pregunta 9.** Se ha planificado la adecuación de medidas preventivas tendentes a la reducción de ruido.

Tabla 12  
*Pregunta 9 antes y después*

<b>Pregunta 9</b>					
<b>Antes</b>			<b>Después</b>		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	1	14,28	Si	6	85,7
No	6	85,7	No	1	14,28

*Elaborado 12: El Autor*

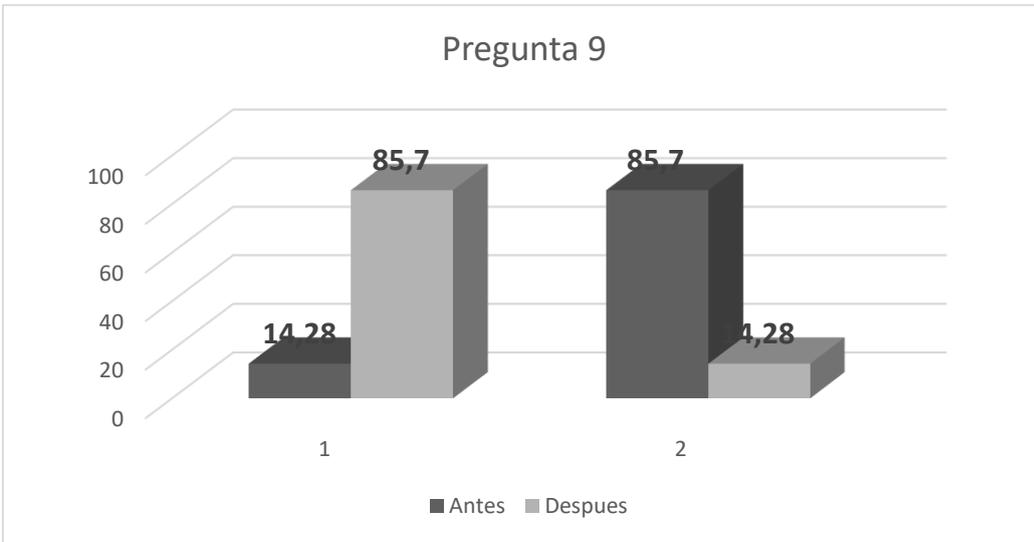


Figura 34: Pregunta 9 antes y después

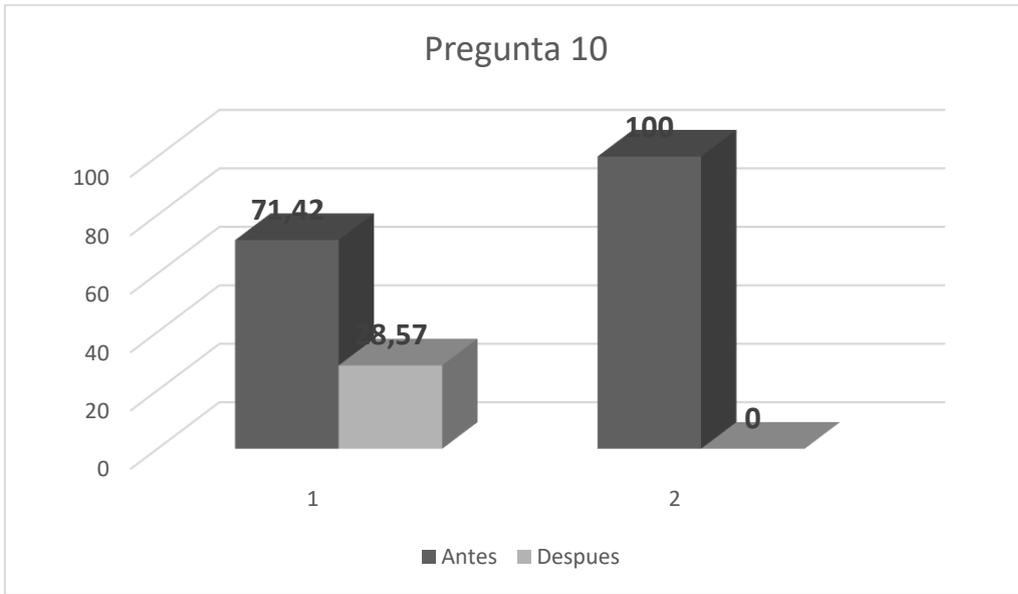
Fuente 34: Excel

**Pregunta 10.** Considera Ud. Adecuado la aplicación de una capsula acústica para la reducción de ruido en el motor de la peletizadora.

Tabla 13  
Pregunta 10 antes y después

<b>Pregunta 10</b>			<b>Pregunta 10</b>		
<b>Antes</b>			<b>Después</b>		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	5	71,42	Si	7	100
No	2	28,57	No	0	0

Elaborado 13: El Autor



*Figura 35: Pregunta 10 antes y después*

*Fuente 35: Excel*

**Pregunta 11.** Considera que el nivel de ruido en los puntos referidos es mayor de 80 dB.

Tabla 14  
*Pregunta 11 antes y después*

<b>Pregunta 11</b>					
<b>Antes</b>			<b>Después</b>		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	7	100	Si	7	100
No	0	0	No	0	0

*Elaborado 14: El Autor*

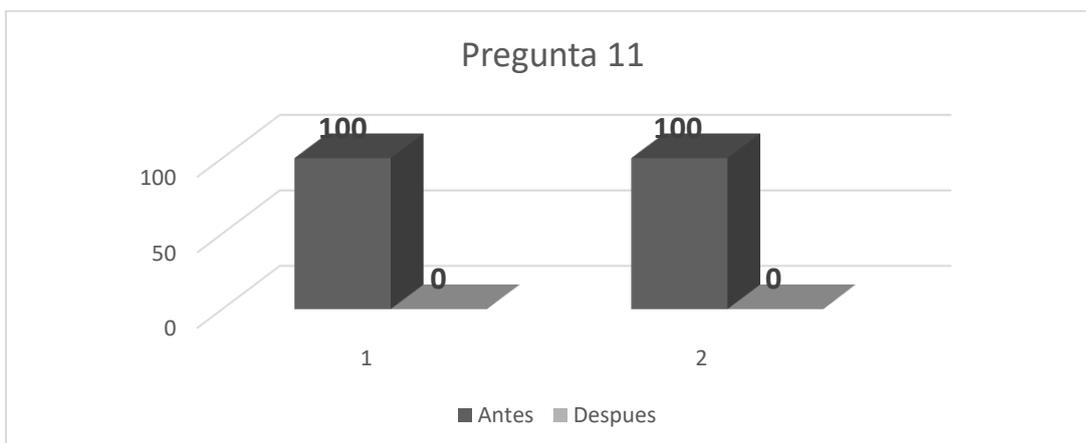


Figura 36: Pregunta 11 antes y después

Fuente 36: Excel

**Pregunta 12.** Realiza doble turnos cuando existe demanda de productos.

Tabla 15  
Pregunta 12 antes y después

Antes			Después		
Respuesta	Cantidad	%	Respuesta	Cantidad	%
Si	4	57,14	Si	4	57,14
No	3	42,85	No	3	42,85

Elaborado 15: El Autor

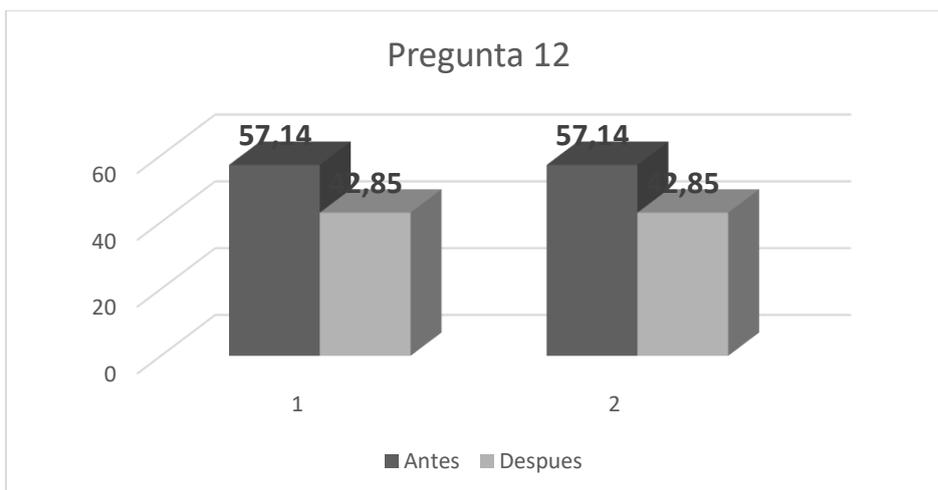


Figura 37: Pregunta 12 antes y después

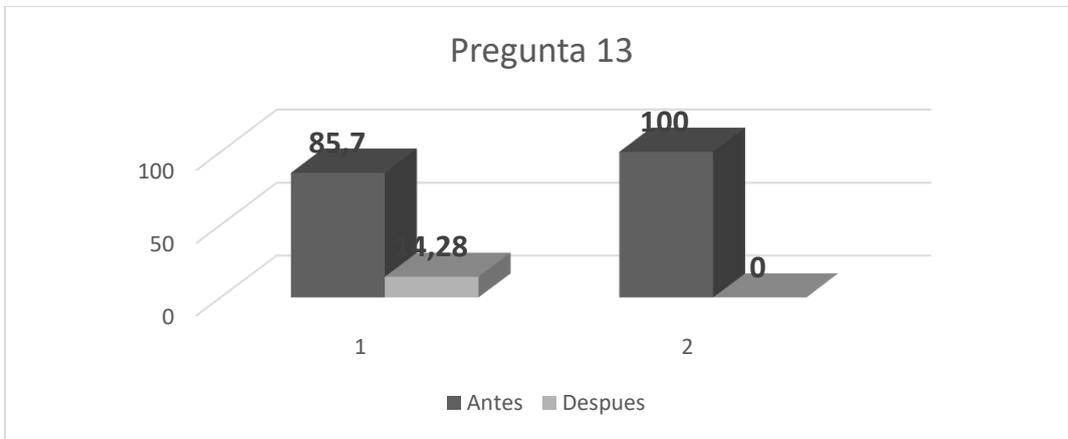
Fuente 37: Excel

**Pregunta 13.** Considera Ud. Que el tomar medidas mejora el ambiente de trabajo.

Tabla 16  
Pregunta 13 antes y después

<b>Pregunta 13</b>			<b>Después</b>		
<b>Antes</b>	Cantidad	%	<b>Respuesta</b>	Cantidad	%
Si	6	85,7	Si	7	100
No	1	14,28	No	0	0

*Elaborado 16: El Autor*



*Figura 38: Pregunta 13 antes y después*

*Fuente 38: Excel*

### 3.7 Planteamiento de la Hipótesis.

#### 3.7.1 Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):

El diseño y la instalación de una capsula de aislamiento acústico no permitirá reducir el ruido laboral en el área de producción.

#### 3.7.2 Hipótesis Alternativa (H<sub>a</sub>):

El diseño y la instalación de una capsula de aislamiento acústico permitirá reducir el ruido laboral en el área de producción.

### 3.7.3 Operacionalización de las variables.

Tabla 17  
*Operacionalización de cada una de las variables*

VARIABLES	CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Reducir el ruido analizando materiales atenuantes	Los materiales sólidos y pesados, oponen gran resistencia al paso del sonido, mientras que los materiales porosos permitirán el paso del sonido por lo tanto la combinación de estos, pueden resultar un material acústico con buenas cualidades aislantes y absorbentes	Decibeles  Coeficiente térmico	Observación directa de los hechos.  Análisis de documentos  Registro fotográfico. Encuestas.  Registros	Sonómetro
Diseño de encapsulamiento	La interposición de una capsula acústica entre el foco ruidoso y el receptor dotando al encapsulamiento de un tratamiento absorbente en su interior este proporcionará una solución y disminución del ruido.	Espesor del material aislante.  Dimensiones.  Tipo de material	Especificaciones sobre los comportamientos técnicos de los materiales usados o propuestos.  Análisis de documentos	Recolección de datos

#### 4 CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

##### 4.1 Análisis, Interpretación y Presentación de resultados

Tabla 18

Tarea	Medición en dB(A)	Tiempo real (h)	Límite de emisión sonora dB (A) Decreto 2393 Art. 55	Laeq t dB (A)	Tiempo permitido Laeq t (h/d)	Dosis	Evaluación	LEX, 8h	tp	Observación
Ensayado o Cosido Apilado	92,45 92,98 90,71	8	85	91,3	8	2	Riesgo Intolerable	91,3	1,9	Tiempo máximo permitido que el trabajador puede efectuar sus funciones en esas condiciones es 1,9 horas

Elaborado 17: El Autor Medición de ruido del motor eléctrico

### Medición del motor con la aplicación de la capsula primer prototipo

Tabla 19  
Medición del motor con el primer prototipo

Tarea	Medición en dB(A)	Tiempo real (h)	Límite de emisión sonora dB (A) Decreto 2393 Art. 55	Laeq t dB (A)	Tiempo permitido Laeq t (h/d)	Dosis	Evaluación	LEX, 8h	tp	Observación
Ensayado	92,45	8	85	89,3	8	2	Riesgo Intolerabl	89,3	2,6	Tiempo máximo permitido que el trabajador puede efectuar sus funciones en esas condiciones es 2,6 horas
Cosido	92,98									
Apilado	90,71									

Elaborado 18: El Autor

### Medición del motor con la aplicación de la Capsula Rediseñada

Tabla 20  
Medición del motor con la Capsula Acústica

Tarea	Medición en dB(A)	Tiempo real (h)	Límite de emisión sonora dB (A) Decreto 2393 Art. 55	Laeq t dB (A)	Tiempo permitido Laeq t (h/d)	Dosis	Evaluación	LEX, 8h	tp	Observación
Ensayado o Cosido Apilado	75,9 76 77	8	85	76	8	0	Riesg 0	76,3		El trabajador puede realizar sus funciones normalmente sin existir riesgo

Elaborado 19: El Autor

## 4.2 Conclusión de los resultados

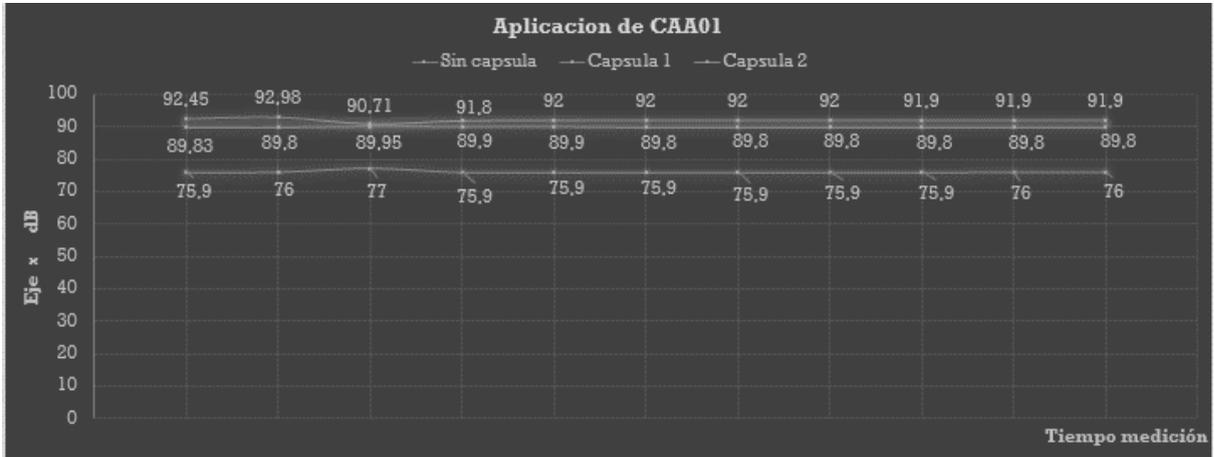


Figura 39: Comparación de datos y capsulas

Fuente 39: Excel

Mediante la aplicación de la Capsula acústica el primer prototipo con materiales como: fibra textil en este caso tela de alfombra, plumón y aglomerado Mdf de 6mm, existe una disminución de 91,3 a 89,3 obteniendo como resultado una reducción de 2 dB, y esto no permite cumplir con la norma, por tal motivo se decide el rediseño de la capsula acústica con la aplicación de otros materiales como: Lana de vidrio, paneles acústico de espuma de poliuretano y aglomerado Mdf de 18 mm además la adición de una segunda capa teniendo como resultado final un doble encapsulado incidente el en motor y obteniendo como resultado una reducción de 91,3 a 76,3 dB siendo como resultado final una disminución de 15 dB de ruido laboral en la planta en el área de producción.

## 4.3 Prueba de Hipótesis

### 4.3.1 Hipótesis Estadística

$H_0 = U_1 = U_2$  No existen diferencias entre las medias

$H_1 = U_1 \neq U_2$  Si existe diferencia entre las medias.

### 4.3.2 Nivel de Confianza

El nivel de confianza (Z) que se utiliza en el presente proyecto de investigación es de 95% que en las tablas estadísticas equivale a 1,96 es decir que se toma un margen de error del 5%.

### 4.3.3 Cálculo

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Antes - Despues	15,79471	,04631	,00502	15,78472	15,80469	3144,724	84	,000

*Figura 40: Prueba T de muestras*

*Fuente 40: SPS Estadistic*

### 4.3.4 Decisión

Obteniendo un Sig. Bilateral de 0 siendo este valor menor que 0,05 por consiguiente se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación lo que indica que mediante el diseño y la instalación de una capsula de aislamiento acústico si permite reducir el ruido laboral en el área de producción.

## 5 CAPÍTULO V: ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

### 5.1 Descripción de la alternativa de solución

La capsula de aislamiento acústico posee un diseño en la que su principal objetivo es precautelar la vida útil del motor eléctrico, por tal motivo su diseño, constitución e instalación y de esta forma no se entorpece el funcionamiento del mismo y de igual manera la producción, en la parte frontal cuenta con una abertura de 50 cm de diámetro para succión de aire hacia el motor en la parte posterior cuenta con orificios de 5 cm para la descarga del aire esto debido a los canales que posee el motor para enfriamiento del mismo, además cuenta con una abertura de 25cm donde se ubica el acople que da movimiento a la peletizadora.

La constitución de capsula es una combinación de materiales aislantes acústicos siendo estos fibras textiles, espuma de poliuretano, aglomerado entre otros debido al riesgo y la acción de mitigación del mismo se decidió realizar un doble encapsulado con estos materiales adicionando a esta protección anticorrosiva al aglomerado y un revestimiento de acero inoxidable para salvaguardar la vida útil de los materiales usados.

Está compuesta por 5 paneles constituidos por los materiales ya mencionados se realizó este bosquejo debido al espacio estructural que posee la planta de producción ya la complejidad que se presentó al momento de la instalación, su articulación es con pernos y arandelas para su fijación, gracias a este diseño resulta sencillo el montaje, desmontaje de la capsula de aislamiento acústico para realizar trabajos de manteniendo y revisiones.

5.2 Diseño

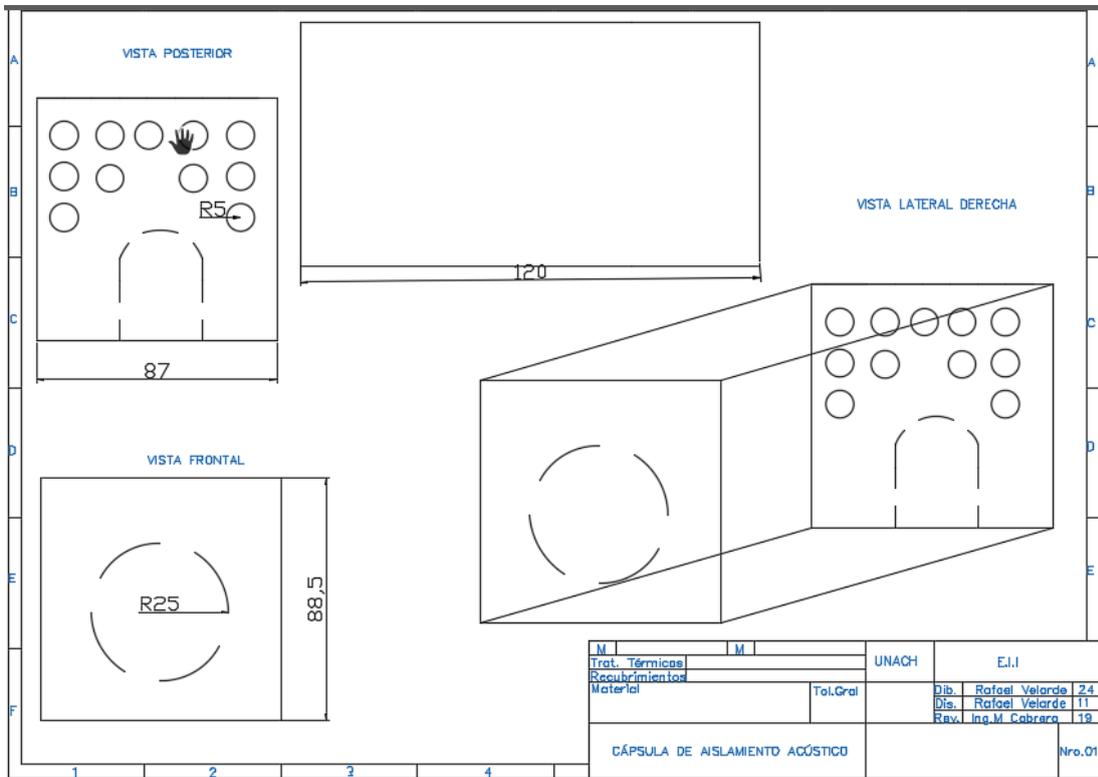


Figura 41: Plano Cápsula Acústica

Elaborado 20: El Autor

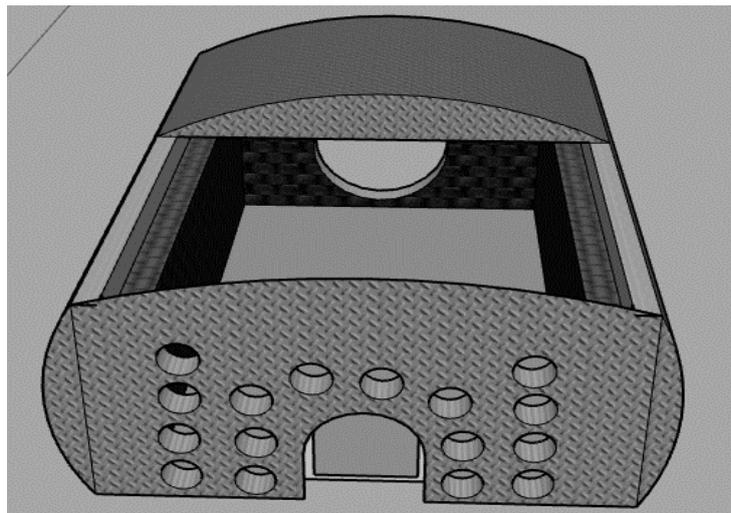
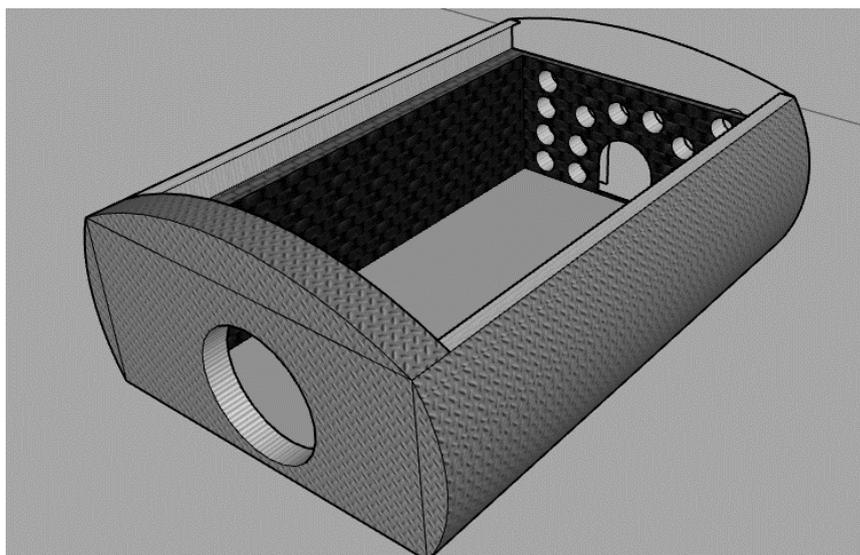


Figura 42: Capsula Acústica vista posterior

Elaborado 21: El Autor



*Figura 43: Capsula acústica vista frontal-lateral*

*Elaborado 22: El Autor*

### 5.3 Presupuesto

Tabla 21  
*Presupuesto*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
Alfombra	m	3	2	6,00
Caucho sintético	m	1	9	9,00
Pernos	c/u	20	0,67	15,00
Pernos rosca total	c/u	10	0,58	6,55
Madera Mdf 18 mm	m	4	45,5	182
Madera Mdf 6mm	m	2	20	89,60
Cubierta metálica	c/u	1	150	168,00
Lana de vidrio	c/u	1	78	87,36
Anticorrosivo	c/u	1	11,25	12,60

Malla	m	3	8,60	9,50
Tuerca mariposa	c/u	15	0,25	3,75
Espuma de Poliuretano	c/u	18	8,00	150
Movilización	c/u			150
<b>Total</b>				<b>889,36</b>

*Elaborado 23: El Autor*

### **Mano de Obra**

Tabla 22  
*Mano de Obra*

<b>Descripción</b>	<b>Número</b>	<b>Días</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
Carpintero	1	25	20	500
Ayudante	1	10	20	200
Mecánico	1	2	25	50
<b>Total</b>				<b>750</b>

*Elaborado 24: El Autor*

### **Costo por decibel**

Tabla 23  
*Costo por decibel*

Costo total	1639,36
Decibeles reducidos	15
Costo de decibel	<b>110</b>

*Elaborado 25: El Autor*

## 5.4 Aplicación

La capsula de aislamiento acústico **CAA01** como producto final de la tesis “DISEÑO DE ENCAPSULAMIENTO DEL MOTOR DE UNA PELETIZADORA DE BALANCEADO PARA REDUCIR EL RUIDO ANALIZANDO MATERIALES ATENUANTES EN LA EMPRESA EXIBAL” instalada en el motor de la peletizadora ubicada en la planta de producción de la empresa Exibal, la misma que posteriormente implantada ha permitido reducir el nivel de ruido en 15 dB logrando en esta zona de trabajo tener un nivel de ruido de 76,3 dB el mismo que se encuentra muy por debajo del nivel mínimo permitido en la normativa vigente Decreto Ejecutivo 2393 que indica que el máximo permitido para una jornada de 8 horas es 85 dB, esto le permite a la empresa prevenir enfermedades profesionales por manejar un nivel de presión sonora muy bajo la capsula entro en funcionamiento el 12 de Agosto del 2019 fue instalada y entregada para constancia se levantó una acta de recepción en la cual firman las dos partes.

## 6 CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- Al analizar el riesgo se determinó un ruido laboral de 91,3 dB en el área de producción generado por el motor eléctrico de la peletizadora de balanceado.
- Examinando diferentes materiales tales como: fibras textiles, aglomerados y espumas de poliuretano se logró determinar que los materiales más idóneos para el aislamiento resulta de una combinación de MDF de 18mm, lana de vidrio y espuma de poliuretano más conocida como panel acústico absorbente, este montaje de materiales de contextura sólida, porosa proporciona absorción y reflexión de ondas sonoras, por tanto esta estructura brinda una mayor atenuación de ruido.

- La cápsula tiene forma rectangular con una altura de 88,5 cm, un ancho de 87 cm y un largo 120 cm, además cuenta con una abertura de 50 cm en lado frontal para succión de aire, por la parte posterior contiene orificios de 5 cm y dos canales para la descarga del mismo una vez que haya circulado enfriando al motor. Cuenta con 5 partes móviles con articulaciones unidas por medio de pernos, mariposas, arandelas para hacer sencillo su montaje y desmontaje por efectos de mantenimiento.
- El ruido elevado generado por el motor eléctrico en una jornada de 8 horas se encuentra fuera de los límites permitidos por el Decreto 2393, con el diseño del encapsulamiento del primer prototipo se logró reducir 2dB, por consecuencia no se obtuvo la disminución deseada; se crea un rediseño del mismo en el cual se alcanza una reducción de 15 dB obteniendo un ruido final de 76,3 dB valor que se encuentra dentro de los parámetro establecidos en la normativa, atacando directamente a la fuente generadora de riesgo auditivo usando una combinación de materiales y una doble capa, se consiguió manejar un nivel sonoro muy por debajo de la norma que indica que el nivel de ruido máximo permitido para una jornada laboral es 85 dB, con esta reducción se consigue la eliminación de equipo de protección personal, la prevención de enfermedades profesionales y el aumento en la productividad de la Empresa.

## **6.2 Recomendaciones**

- Se recomienda hacer mediciones periódicas de ruido laboral presente en el puesto de trabajo haciendo un monitoreo sobre las condiciones en las cuales se desempeñan los trabajadores.

- Realizar mantenimiento preventivo programado sobre el motor eléctrico y sus componentes para que no exista pérdidas en productividad ya que al momento de ser realizada la investigación fue el primer obstáculo que se generó.
- Preservar la funcionalidad de la capsula de aislamiento acústico mediante la aplicación de programas de orden y limpieza del entorno en la cual se desempeñan mediante el análisis, aplicación y capacitación al personal que labora en el sitio.
- Se recomienda además realizar audiometrías a los trabajadores e instalar un control más riguroso por parte del personal de seguridad y salud ocupacional.

## 7 CAPÍTULO VII BIBLIOGRAFÍA

### 7.1 Bibliografía

Aguilar, P. (2011). Diseño de aislamiento y acondicionamiento del auditorio del hospital San Bartolo. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad de las Américas, Quito.

Andimat. (Junio de 2009). *www.andimat.es*. Obtenido de *www.andimat.es*: <https://www.andimat.es/storage/soluciones-de-aislamiento-acustico-andimat-jun09.pdf>

Bozano, A., & Vera, J. (2014). Análisis y método constructivo del panel metálico mixto con aislamiento térmico-acústico en cubiertas. (*Tesis de Ingeniería*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.

Cabrera, J. (2010). *Acústica y Fundamentos del sonido*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá.

Canal construcción. (2018). *Canal construcción*. Obtenido de Canal construcción: <http://canalconstruccion.com/materiales-para-aislamiento-acustico.html>

- Cárdenas, S., & Gálvez, K. (2010). Diseño acústico de un salón de clases. (*Tesis de Ingeniería*). Instituto Politécnico Nacional, México.
- Constitucion política del Ecuador. (2004). LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION. En A. Nacional, *LEY DE GESTION AMBIENTAL* (págs. 3-4). Lexis.
- Contreras, E., & Sánchez, R. (2010). Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos como apoyo a la asignatura Diseño de Maquinas II. ( *Tesis de Ingeniería*). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Coral, C. (2016). Cabina de aislamiento acustico para operadores de calderos del departamento de mantenimiento del hospital provincial general docente Riobamba. (*Tesis de Maestria*). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.
- Flores, J. (2008). Aislamiento acústico en proyecto de reciclaje casa Lopetegui Mena. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Gálvez Muñoz, K. M., & Cárdenas Martínez, S. (2010). DISEÑO ACÚSTICO DE UN SALÓN DE CLASES. (*Tesis de ingeniería*). INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, Mexico.
- Gimenes de Paz, J. (2012). *Ruido para los posgrados en Higiene y Seguridad Industrial*. Bogota: Ediciones de la U.
- Gordón, N. (2017). Acondicionamiento acústico de la plaza del centro de eventos de la ciudad mitad del mundo mediante paneles decorativos absorbentes de ruido. (*Tesis de Arquitectura*). Universidad Tecnológica Equinocial, Quito.
- Granda, E. (2012). Rediseño y automatización de la máquina peletizadora para la planta de Balanceados Espejo. ( *Tesis de Ingeniería* ). Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- INERCO acústica. (s.f.). *INERCO acústica*. Obtenido de INERCO acústica: <http://www.inercoacustica.com/>

ISO 9612. (2009). Determinacion de la exposicion del ruido al trabajo. (*Método de Ingeniería*).

AENOR, Madrid.

Mena, J. (2013). Diseño del aislamiento y acondicionamiento acústico de un local en planta baja para actuaciones de grupos rock situado en la población de Oliva (Valencia). (*Tesis de Mestría* ). Universidad Politécnica de Valencia, Gandia.

Ministerio de trabajo Argentina. (s.f.). *GUIA PRÁCTICA SOBRE EL RUIDO EN EL AMBIENTE LABORAL*.

Ministerio del ambiente Peru. (2011). *COMPENDIO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL PERUANA*. Lima: MINAM.

Montes, K. S., & Sandoval, M. R. (2012). Medicion y evaluación del ruido laboral en las areas de molino y recepción de trigo y maíz en la empresa molinos POULTIER S.A. de la ciudad de Latacunga en el periodo 2012.(Tesis de Ingeniería) Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. En M. R. Sandoval, & K. S. Montes. Latacunga.

NTC OHSAS 18001. (s.f.). *Norma Técnica Colombiana*. Bogota: ICONTEC.

OIT. (25 de Marzo de 2010). *Listado de enfermedades profesionales*. Obtenido de Organizacion internacional del trabajo: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_125164.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_125164.pdf)

Ruiz, D. (2012). La acústica en los espacios escolares. (*Tesis de diseñadora*). Instituto Politécnico Nacional, Cuenca.

*Significados.com*. (06 de Diciembre de 2016). Obtenido de <https://www.significados.com>

Tecnología, Á. (s.f.). *Tecnología*. Obtenido de Tecnología: <https://www.areatecnologia.com/>

UNE-ISO 31000. (2018). *Gestion del Riesgo*. Madrid: Aenor Internacional S.A.U.

## 8 CAPÍTULO VIII ANEXOS

### 8.1 Anexo 1: Motor eléctrico de la peletizadora de balanceado



### 8.2 Anexo 2: Conexión eléctrica del motor



**8.3 Anexo 3: Primer prototipo de encapsulado con plumón, alfombra y aglomerado 6 mm**



**8.4 Anexo 4: Bloques de material aislante acústico primer encapsulado**



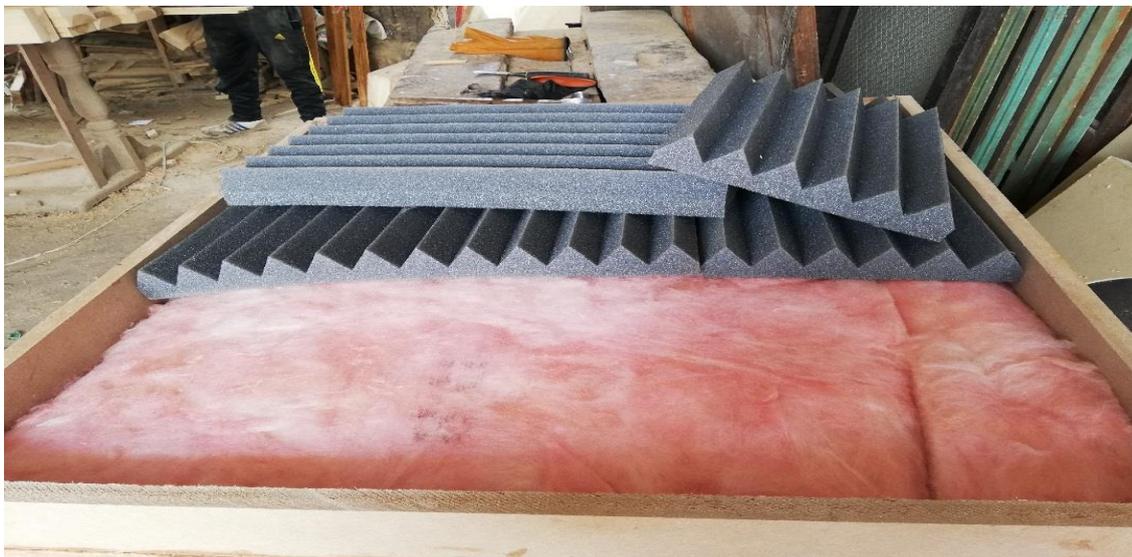
### 8.5 Anexo 5: Articulación de capsula acústica por medio de pernos



### 8.6 Anexo 6: Adición de paneles acústicos de espuma de poliuretano



### 8.7 Anexo 7: Combinación de materiales absorbentes lana de vidrio y espuma de poliuretano



### 8.8 Anexo 8: Calibración de sonómetro



### 8.9 Anexo 9: Medición ruido laboral



### 8.10 Anexo 10: Adición de anticorrosivo al aglomerado



### 8.11 Anexo 11: Viste posterior de Capsula de aislamiento acústica CAA01



### 8.12 Anexo 12: Vista frontal de Capsula de aislamiento acústico



### 8.13 Anexo 13: Vista lateral de Capsula de aislamiento acústico



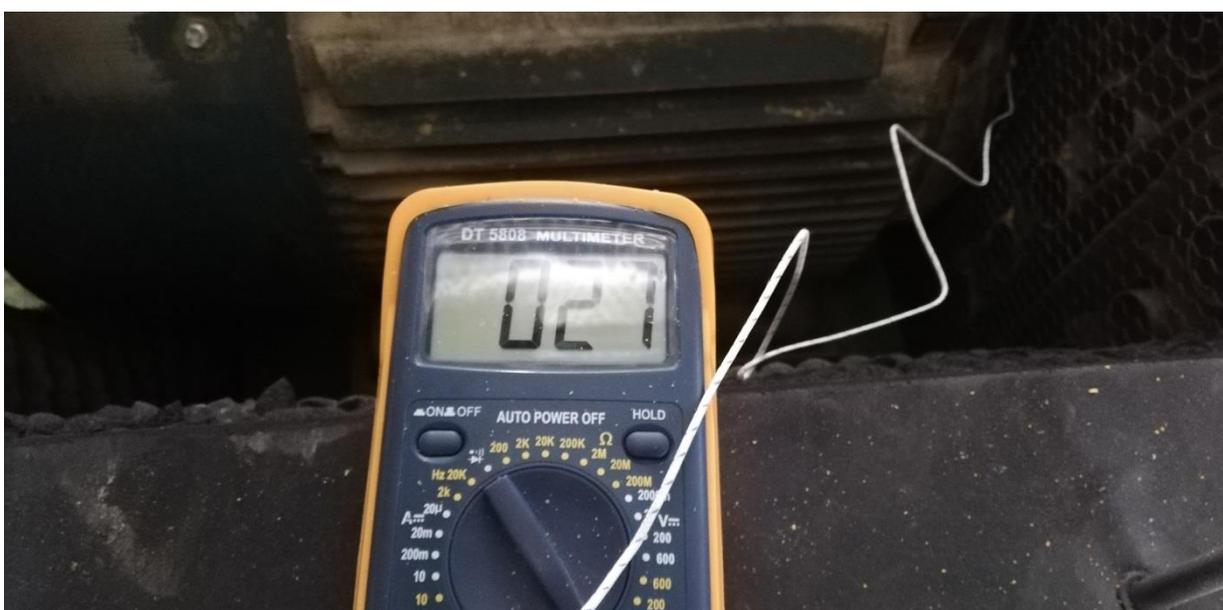
### 8.14 Anexo 14: Medición de ruido con la aplicación de la capsula acústica



### 8.15 Anexo 15: Comprobación de temperatura



### 8.16 Anexo 16: Medición de temperatura del motor



## 8.17 Anexo 17: Acta de recepción de la Cápsula Acústica

### ACTA DE ENTREGA RECEPCION

En la ciudad de Riobamba a los 12 días del mes de Agosto del año 2019 comparece por una parte el tesista Rafael Velarde y por la otra parte el señor Luis Gilberto Guamán Guamán en calidad de Jefe de Mantenimiento de la empresa Exibal para celebrar la presenta acta de entrega recepción de Capsula de Aislamiento Acústico (CAA 01) como producto final de la tesis denominada "DISEÑO DE ENCAPSULAMIENTO DEL MOTOR DE UNA PELETIZARODA DE BALANCEADO PARA REDUCIR EL RUIDO ANALIZANDO MATERIALES ATENUANTES EN LA EMPRESA EXIBAL" instala en el motor de la peletizadora ubicada en la planta de producción de la empresa Exibal, la misma que posterior a su implementación a permitido reducir el nivel de ruido en 15.3 dB permitiendo en esta zona de trabajo tener un nivel de ruido de 76 dB el mismo que se corrobora a través de las mediciones realizadas y que se encuentra muy por deajo del nivel mínimo permitido en la normativa vigente en el país que es de 85 dB para constancia de lo antes mencionado firma por triplicado ambas partes.

  
Rafael Luis Velarde Benalcazar  
TESISTA  
C.I. 060410210

  
Sr. Luis Gilberto Guamán Guamán  
TECNICO  
CI 0201970670



## 8.18 Anexo 18: Encuesta

 <b>ENCUESTA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL</b>			
<b>Objetivo:</b> Identificar la existencia del factor de riesgo ruido en el área de producción.			
<b>Alcance:</b> Todo el personal operativo que tenga relación con producción.			
<b>Introducción:</b> Marque con una x según corresponda.			
N°	PREGUNTA	SI	NO
1	El ruido en su puesto de trabajo produce molestias		
2	El ruido obliga continuamente a elevar la voz a las personas que conversen a medio metro de distancia.		
3	Considera usted que existe varias fuentes de ruido en la empresa		
4	Considera que el ruido emitido por el motor de la peletizadora es muy elevado.		
5	Se han realizado mediciones iniciales de ruido.		
6	Se realizan mediciones de ruido de forma periódica		
7	Se llevan a cabo reconocimientos médicos específicos a las personas expuestas a ruido.		
8	Se suministran y utilizan protectores auditivos a las personas expuestas a ruido		
9	Se ha planificado la adecuación de medidas preventivas tendentes a la reducción del ruido		
10	Considera Ud. adecuado la aplicación de una capsula acústica para la reducción re ruido en el motor de la peletizadora		
11	Considera que el nivel de ruido en los puntos referidos es mayor de 80 dB		
12	Realiza doble turnos cuando existe demanda de productos.		
13	Considera Ud. que el tomar medidas mejora el ambiente de trabajo.		

## 8.19 Anexo 19: Hoja de Calibración del sonómetro

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CC-4450-027-18





**IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE**

EMPRESA: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CHIMBORAZO  
 DIRECCIÓN: AV ANTONIO JOSE DE SUCRE KM 1.5 VIA A GUANO  
 TELÉFONO: 32364314

**IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO**

EQUIPO: SONOMETRO	CLASE: 1	MODELO DE PRE-AMPLIFICADOR: HD2010FNE2
MARCA: DELTA OHM	UNIDAD DE MEDIDA: dB	SERIE DE PRE-AMPLIFICADOR: 13016480
MODELO: HD2010UC/A	RESOLUCIÓN: 0.1	
SERIE: 13053043147	RANGO: (30 a 143) dB	
CÓDIGO CLIENTE: 28816S3	MODELO MICROFONO: UC-52	
UBICACIÓN: NO ESPECIFICA	SERIE MICROFONO: 143058	

**PATRONES UTILIZADOS**

CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CAL	PRÓX. CAL
EL.PC.055	CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN ACÚSTICO	BRUEL AND KJER	4226	3185190	2018-04-30	2020-04-30
ELP.PT.042	CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN	TRANSMILLE	3041A	L1510F18	2018-07-20	2019-07-20
EL.PT.597	BARÓMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	1081	160458369	2018-05-17	2019-05-17
EL.PT.365	TERMCHIGRÓMETRO	CENTER	342	140103655	2018-04-02	2019-04-02

**CALIBRACIÓN**

MÉTODO: COMPARACIÓN DIRECTA CON CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN Y CALIBRADOR ACÚSTICO PATRÓN  
 PROCEDIMIENTO: PEC.EL.51  
 LUGAR DE CALIBRACIÓN: LAB. DE ELÉCTRICA Y ÓPTICA (ELICROM)

**CONDICIONES AMBIENTALES EN PRUEBAS ACÚSTICAS**

TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA (°C):	24.9
HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%HR)	56.4
PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA (hPa)	1012

**PRUEBAS ACÚSTICAS**

**FRECUENCIA DE REFERENCIA**

**PONDERACIÓN A**

Frecuencia	Patrón	Equipo	Error	Tolerancia	Incertidumbre
Hz	0.0	0.0	0.0	dB	0.0
1000	94	94.0	0.0	1.5	0.31
	104	104.0	0.0	1.5	0.31
	114	114.0	0.0	1.5	0.31

**PONDERACIÓN C**

Frecuencia	Patrón	Equipo	Error	Tolerancia	Incertidumbre
Hz	0.0	0.0	0.0	dB	0.0
1000	94	94.0	0.0	1.5	0.31
	104	104.0	0.0	1.5	0.31
	114	114.0	0.0	1.5	0.31

Nota: Promedio de 5 mediciones por cada punto



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CC-4450-027-13



RESPUESTA DE FRECUENCIA A BANDA DE OCTAVA

PONDERACIÓN A

Frecuencia Hz	Patrón	Equipo	Error	Tolerancia dB	Incertidumbre
31.5	54.6	55.6	1.0	1.5	0.41
63	67.8	68.0	0.2	1.5	0.35
125	77.9	77.9	0.0	1.0	0.35
250	85.4	85.3	-0.1	1.0	0.38
500	90.8	90.5	-0.3	1.0	0.33
1000	94.0	94.0	0.0	1.0	0.31
2000	95.2	94.5	-0.7	1.0	0.34
4000	95.0	94.0	-1.0	1.0	0.35
8000	92.9	91.6	-1.3	1.5	0.40
12500	89.7	87.5	-2.2	3.0	0.58

PONDERACIÓN C

Frecuencia Hz	Patrón	Equipo	Error	Tolerancia dB	Incertidumbre
31.5	91.0	91.3	0.3	1.5	0.35
63	93.2	93.2	0.0	1.5	0.34
125	93.8	93.7	-0.1	1.0	0.35
250	94.0	93.7	-0.3	1.0	0.32
500	94.0	93.7	-0.3	1.0	0.32
1000	94.0	94.0	0.0	1.0	0.31
2000	93.8	93.2	-0.6	1.0	0.34
4000	93.2	92.3	-0.9	1.0	0.34
8000	91.0	90.3	-0.7	1.5	0.54
12500	87.8	85.7	-2.1	3.0	0.58

Nota: Promedio de 5 mediciones por cada punto

RESPUESTA DE PONDERACIÓN TEMPORAL

Ponderación Temporal	Patrón	Equipo	Error	Tolerancia dB	Incertidumbre
	0.0	0.0	0.0		0.0
FAST	93.0	92.2	-0.8	1.0	0.38
SLOW	89.9	89.0	-0.9	1.0	0.41

Nota: Promedio de 10 mediciones por cada punto

OBSERVACIONES

La estimación de la incertidumbre expandida se realizó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k=2.00$ , que para una distribución  $t$  (de Student) con  $\nu_{eff} = \infty$  (grados efectivos de libertad) corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom Calibración. El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento de la calibración.

CALIBRACIÓN REALIZADA POR:	Alex Bajaña	FECHA PRÓXIMA	2019-12
FECHA CALIBRACIÓN	2018-12-19	RECIBIDO POR:	
AUTORIZADO POR:	Ing. Sabino Pineda	RESPONSABLE - CLIENTE	
GERENTE TÉCNICO			



*[Handwritten signature]*

8.20 Anexo 20: Datos medición inicial Excel

											
91,8	92	92	92	92	91,9						
91,9	91,9	91,9	91,9	91,8	91,8					LpA,eqTe	91,3
91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	Datos	85				
91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8						
91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8					LEX,8h	91,3
91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	Tiempo	5 min				
91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8						
91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8					tp	1,9
91,8	91,8	91,8	91,7	91,7	91,7						
91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7						
91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7						
91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7						
91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7						
91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7						
91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7						

8.21 Anexo 21: Datos medición primer prototipo Excel

89,5	89,8	89,9	90	90	90						
90	90	90	90	90	90					LpA,eqTe	89,3
90	90	90	90	90	90	Datos	85				
90	90	90	90	90	90						
90	89,9	89,9	89,9	89,9	89,9					LEX,8h	89,3
89,9	89,9	89,8	89,8	89,8	89,8	Tiempo	5 min				
89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8						
89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,7					tp	2
89,7	89,7	89,7	89,7	89,7	89,7						
89,7	89,7	89,7	89,7	89,7	89,7						
89,7	89,7	89,7	89,7	89,7	89,7						
89,7	89,7	89,7	89,7	89,7	89,7						
89,7	89,7	89,8	89,8	89,8	89,8						
89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8						
89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8						

