



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE  
AUTOMATIZACIÓN**

**Tema:**

---

**EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y VIBRACIONES DE LA  
EMPRESA MASTER METAL**

---

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización

**ÁREA:** Seguridad y Salud Ocupacional

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Industrial

**AUTOR:** Jairo Leonel Aldas Silva

**TUTOR:** Ing. Fernando Urrutia Urrutia, Mg

**Ambato - Ecuador**

**marzo – 2022**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y VIBRACIONES DE LA EMPRESA MASTER METAL, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Jairo Leonel Aldas Silva, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, marzo 2022.

-----  
Ing. Fernando Urrutia Urrutia, Mg  
TUTOR

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y VIBRACIONES DE LA EMPRESA MASTER METAL** es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, marzo 2022.



---

Jairo Leonel Aldas Silva

C.C. 1804369922

AUTOR

## **APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Jairo Leonel Aldas Silva, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado “**EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y VIBRACIONES DE LA EMPRESA MASTER METAL**”, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, marzo 2022.

-----  
Ing. Pilar Urrutia, Mg.  
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

-----  
Ing. Luis Morales. Mg  
PROFESOR CALIFICADOR

-----  
Ing. Freddy Roberto Lema C, M.Sc.  
PROFESOR CALIFICADOR

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, marzo 2022.



---

Jairo Leonel Aldas Silva

C.C. 1804369922

AUTOR

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a Dios por brindarme la vida, fortaleza y sabiduría para poder terminar esta etapa de mi vida y permitirme alcanzar tan anhelado objetivo para la satisfacción familiar y personal.

A mis padres quienes con sus consejos y apoyo incondicional me ayudaron a no desmayar y así poder lograr el objetivo planteado y verme realizado como un profesional.

A mi esposa por ser mi fuente de aliento y energía, además de estar siempre a mi lado en los buenos y malos momentos.

A mi tutor por brindarme su mano amiga y brindarme sus conocimientos para poder culminar con el estudio.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO .....	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....	7
RESUMEN EJECUTIVO .....	12
ABSTRACT .....	13
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO .....	14
1.1 Tema de investigación.....	14
1.2 Antecedentes Investigativos .....	14
1.2.1 Fundamentación teórica .....	25
1.3 Objetivos .....	68
1.3.1 Objetivo general .....	68
1.3.2 Objetivos específicos .....	68
CAPITULO II.- METODOLOGÍA .....	69
2.1 Enfoque de la investigación .....	69
2.2 Métodos y Materiales .....	69
2.2.1 Modalidades de investigación .....	69
2.2.2 Población.....	71
2.2.3 Recolección de la información.....	71
2.2.4 Procesamiento y análisis de datos .....	73
2.2.5 Introducción de datos, análisis estadístico y discusión de resultados ..	74
2.3 Método aplicado .....	75
2.3.1 Ruido ambiental .....	76
2.3.2 Vibraciones .....	84
CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	87
3.1 Análisis y discusión de los resultados .....	87
3.2 Desarrollo: .....	89

3.2.1	Fase 1: Evaluación ambiental en base al ruido .....	96
3.2.2	Fase 2: Mediciones del ruido ambiental.....	114
3.2.3	Fase 3: Cálculo de la incertidumbre de las mediciones .....	117
3.2.4	Fase 4: Comparación de los resultados obtenidos de las mediciones con los valores límites vigentes en normativa .....	119
3.2.5	Fase 1: Evaluación ambiental en base a vibraciones .....	121
3.2.6	Fase 2: Mediciones de las vibraciones generadas por la empresa Master Metal .....	125
3.2.7	Fase 3. Comparación de los resultados obtenidos de las mediciones con los valores límites vigentes en normativa .....	128
3.3	Medidas de control protección y aseguramiento para mitigar el impacto que causan las fuentes generadoras de ruido ambiental.....	128
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		137
4.1	Conclusiones .....	137
4.2	Recomendaciones .....	138
BIBLIOGRAFÍA .....		139
ANEXOS .....		148

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Curvas frecuenciales A, B, C, D .....	37
Figura 2.	Longitud de onda .....	38
Figura 3.	Longitud de onda requerida para finalizar un ciclo .....	38
Figura 4.	Propagación del sonido por refracción .....	40
Figura 5.	Propagación del sonido por reflexión .....	40
Figura 6.	Escala de niveles sonoros, presión .....	42
Figura 7.	Sonómetro .....	49
Figura 8.	Dosímetro .....	50
Figura 9.	Ejemplo de una oscilación .....	56
Figura 10.	Ejes referenciales para la medición de vibraciones cuerpo entero .....	57
Figura 11.	Ejes referenciales para la medición de vibraciones mano-brazo .....	57
Figura 12.	Estructura mecánica del cuerpo humano .....	58
Figura 13.	Situaciones en las que se muestran las características de las fuentes de riesgo .....	63



Figura 14. Normativas a tener en cuenta para las mediciones de vibraciones.....	64
Figura 15. Vibrómetro con sus accesorios necesarios para la medición .....	65
Figura 16. Esquema de la utilización del vibrómetro y el acelerómetro para la medición de vibraciones .....	65
Figura 17. Diagrama de flujo para la identificación de fuentes de peligro y los PCA. ....	77
Figura 18. Metodología para la evaluación de vibraciones.....	85
Figura 19. Croquis de la ubicación de la empresa Master Metal y la vivienda considerada como crítica. ....	88
Figura 20. Posibles riesgos molestias causadas por el ruido ambiental y las vibraciones. ....	89
Figura 21. Posibles afectaciones de las instalaciones debido a las actividades de trabajo.....	90
Figura 22. Identificación de áreas que generan molestias al realizar sus actividades diarias. ....	91
Figura 23. Posible malestar durante la realización de las actividades diarias a causa del ruido y vibración producida en la empresa Master Metal.....	91
Figura 24. Posibles molestias al momento de comunicarse durante el desarrollo de las actividades diarias. ....	92
Figura 25. Posibles medidas de control en la maquinaria de la empresa. ....	93
Figura 26. Sugerencias por parte de las personas para minimizar las molestias causadas.....	93
Figura 27. Límites de ruido ambiental y vibración permitidos por la ley.....	94
Figura 28. Molestias causadas por el ruido y vibraciones durante la jornada laboral. ....	95
Figura 29. Molestias en el desarrollo de las actividades productivas de la empresa.	96
Figura 30. Planimetría del sitio en estudio.....	97
<i>Figura 31.</i> Proceso productivo para la elaboración de furgones en la empresa Master Metal. ....	99
Figura 32. Medición realizada en la cocina de una de las casas aledañas a la empresa. ....	114
Figura 33. Mediciones de vibraciones en cuerpo completo del dueño de una de las casas aledañas a la empresa.....	125

Figura 34. Ejemplificación de encerramiento de la maquinaria .	130
Figura 35. Sonómetro Utilizado	155
Figura 36. Ubicación del sonómetro	155
Figura 37. Vibrómetro utilizado	155
Figura 38. Mapa referencial de las instalaciones.	156

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escalas que tienen las bandas de octava .	37
Tabla 2. Niveles máximos de emisión de ruido para FFR .	51
Tabla 3. Criterios para la evaluación de la exposición de las vibraciones sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento (ISO 2631-1:1997) .	66
Tabla 4. Distribución del universo a estudiar.	71
Tabla 5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.	72
Tabla 6. Instrumentos de medición.	73
Tabla 7. Matriz para el procesamiento y análisis de datos.	74
Tabla 8. Matriz de análisis y discusión de resultados .	74
Tabla 9. Análisis de la recepción de materia prima y atención al cliente.	100
Tabla 10. Análisis del Corte de planchas de metal.	100
Tabla 11. Análisis de los dobles de las planchas cortadas para la elaboración de cerchas.	101
Tabla 12. Análisis del corte de las planchas para el piso del furgón.	101
Tabla 13. Análisis de la unión de las cerchas con el piso.	101
Tabla 14. Análisis del corte del chasis en forma de U.	102
Tabla 15. Análisis de la preparación de escuadras y soldadura del chasis.	102
Tabla 16. Análisis del corte de parantes esquineros y techo	102
Tabla 17. Análisis del corte de las puertas del furgón según las medidas .	103
Tabla 18. Análisis del fondeado con anticorrosivo el piso previo armado.	103
Tabla 19. Análisis de la unión del cuadro y realización de detalles .	104
Tabla 20. Análisis de la medición de la altura que tiene el furgón juntamente con el corte de las cerchas.	104
Tabla 21. Análisis de la Colocación del anticorrosivo en todas las partes del furgón.	

.....	104
Tabla 22. Análisis del corte y unión de forros en las partes del furgón dependiendo el modelo solicitado. ....	105
Tabla 23. Análisis de la colocación de los refuerzos metálicos necesarios .....	105
Tabla 24. Análisis de la limpieza, masillada y lijada del furgón .....	105
Tabla 25. Análisis de la limpieza, masillada y lijada del furgón .....	106
Tabla 26. Identificación de fuentes emisoras de ruido (maquinaria Área: Corte y doblado).....	106
Tabla 27. Identificación de fuentes emisoras de ruido (maquinaria Área: Ensamblaje). .....	110
Tabla 28. Identificación de fuentes emisoras de ruido (maquinaria Área: Acabado y pintura). ....	113
Tabla 29. Evaluación de las FFR. ....	115
Tabla 30. Datos de la medición realizada. ....	116
Tabla 31. Datos del sonómetro utilizado.....	116
Tabla 32. Condiciones meteorológicas de la medida.....	116
Tabla 33. Valores promedio encontrados en la medición.....	117
Tabla 34. Resultados analíticos obtenidos de la medición de ruido ambiental.....	118
Tabla 35. Tabla comparativa de los niveles de ruido ambiental.....	119
Tabla 36. Identificación de fuentes emisoras de vibraciones (Área: Corte y doblado). .....	121
Tabla 37. Datos de la medición realizada. ....	125
Tabla 38. Características técnicas del equipo. ....	126
Tabla 39. Resultados de la medición de vibraciones. ....	127
Tabla 40. Comparación de los valores límites con los medidos. ....	128
Tabla 41. Medidas de control protección y aseguramiento.....	132

## RESUMEN EJECUTIVO

La contaminación acústica perturba a toda la población, es por eso que el ruido ambiental y las vibraciones deben atenderse como una variable de evaluación en la organización del territorio y la proyección urbanística, ya que la Constitución indica que todas las personas, flora y fauna tienen derecho a vivir en un ambiente sano y ecológico. Así que el objetivo de la investigación pretende evaluar los niveles de ruido ambiental y vibraciones existentes en la empresa y así poder determinar si los niveles de exposición se encuentran dentro de los límites permitidos por la ley (anexo 5 del TULSMA para ruido ambiental y la ISO 2631-1 y la NTP 784 para vibraciones de cuerpo entero), además proponer un programa de medidas preventivas para mejorar la calidad de vida y las relaciones de la comunidad cercana a la empresa Master Metal.

La medición de los niveles de ruido ambiental y vibraciones contó con una metodología internacional como la PE-AL-57 ISO 1996-2-2017 y el anexo 5 del libro del TULSMA cuya normativa establece el valor límite permisible de 60 dB (A) para un uso de suelo comercial, además se utilizó la normativa ISO 2631-1 y la NTP 784 “Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento”, la cual menciona que para tomar una acción el valor de la aceleración debe ser de  $0,5 \text{ m/s}^2$  y un valor máximo permitido de  $1,15 \text{ m/s}^2$ .

Se concluye que las mediciones realizadas en el punto establecido como crítico la empresa Master Metal tiene niveles de ruido ambiental de 57,5 dB (A) los cuales no incumplen con lo dispuesto por la normativa ambiental vigente en el Ecuador, sin embargo el cálculo de la incertidumbre ( $57,5 \pm 8\% \text{ dB}$ ) determina que hay una posibilidad que si pueda superar los niveles límites establecidos, por lo cual desde el punto de vista investigativo no se debe descartar la posibilidad de afectación, por lo que se realizó un programa de medidas preventivas para disminuir el posible impacto generado por el ruido ambiental de la empresa, en cuanto a las vibraciones las mediciones realizadas de cuerpo entero el máximo del valor eficaz (RMS) de la señal de aceleración fue  $a_w=0,23 \text{ m/s}^2$ , valor por debajo de los límites para tomar acciones.

**Palabras clave:** Ruido ambiental, vibraciones, derecho al buen vivir, contaminación.

## ABSTRACT

Noise pollution disturbs the entire population, which is why environmental noise and vibrations must be taken into account as an evaluation variable in the organization of the territory and urban planning, since the Constitution states that all people, flora and fauna have the right to live in a healthy and ecological environment. Thus, the objective of the research is to evaluate the levels of environmental noise and vibrations existing in the company and thus be able to determine if the exposure levels are within the limits allowed by law (annex 5 of the TULSMA for environmental noise and ISO 2631-1 and NTP 784 for whole body vibrations), in addition to proposing a program of preventive measures to improve the quality of life and the relations of the community near the Master Metal company.

The measurement of environmental noise and vibration levels counted with an international methodology such as PE-AL-57 ISO 1996-2-2017 and annex 5 of the TULSMA book whose normative establishes the permissible limit value of 60 dB (A) for a commercial land use, in addition, ISO 2631-1 and NTP 784 "Evaluation of full body vibrations on comfort, perception and motion sickness produced by movement" were used, which mentions that to take an action the acceleration value must be 0.5 m/s<sup>2</sup> and a maximum allowable value of 1.15m/s<sup>2</sup>.

It is concluded that the measurements taken at the point established as critical, the company Master Metal has environmental noise levels of 57.5 dB (A) which do not violate the provisions of the environmental regulations in force in Ecuador, however the calculation of the uncertainty (57.5 ±8% dB) determines that there is a possibility that it may exceed the established limit levels, Therefore, from an investigative point of view, the possibility of an impact should not be ruled out, so a program of preventive measures was carried out to reduce the possible impact generated by the company's environmental noise. As for the vibrations, the measurements taken of the whole body, the maximum rms value of the acceleration signal was  $a_w=0.23\text{m/s}^2$ , a value below the limits for taking action.

**Keywords:** Environmental noise, vibrations, right to good living, pollution.

## **CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Tema de investigación**

#### **“EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y VIBRACIONES DE LA EMPRESA MASTER METAL”**

### **1.2 Antecedentes Investigativos**

#### **○ Contextualización del problema**

El crecimiento de la industria y la mecanización para ejecutar las tareas han facilitado la elaboración del proceso productivo en las empresas, trayendo consigo nuevos riesgos dependiendo del tipo de actividad que se desarrolle, los cuáles en muchos de los casos no son controlados, complicando la salud de los trabajadores y personas cercanas a las industrias, por lo que es de suma importancia poner énfasis en aquellos riesgos que pasan por inadvertidos [1]. De la variedad de riesgos que se producen en las industrias tenemos los físicos, químicos, biológicos, ergonómicos, psicosociales, ambientales y mecánicos. El presente estudio se basó en el estudio del ruido ambiental producido por fuentes fijas hacia el medio ambiente, y el discomfort que generan la presencia de vibraciones en las personas que viven cerca a las industrias [2].

El ruido ambiental y las vibraciones afectan a toda la población, sin hacer diferencia del nivel socio económico, cultural y étnico en el que se encuentren. A pesar de esto, muchas personas han llegado a convivir de manera natural con este tipo de problemas, dándole muy poca importancia. En la actualidad la industria moderna cursa una grave problemática en cuanto a la generación del ruido ambiental y vibraciones que generan sin poder contenerla o mantenerla dentro de los parámetros establecidos por el marco legal actual [3].

El ruido ambiental resulta inevitable ya que está presente en todo momento y puede llegar a ser contaminante cuando las emisiones que genera superan los niveles permisibles y causan molestias a la población [4]. El ruido ambiental urbano se puede

generar por dos fuentes móviles o fijas las cuales tienen un impacto colectivo, una fuente fija de ruido afecta a la población que colinda con la empresa o local en los cuales se ocupan equipos que generan ruido. Las fuentes fijas de ruido son las que causan molestias en los vecinos cuando el ruido se dispersa y se transmite a viviendas e inmuebles colindantes, esto se da principalmente por inconvenientes de aislamiento en los locales o empresas, siendo este un habitual motivo de queja por las molestias que causan en los habitantes de la ciudad [5].

Según la Organización Mundial de la Salud no se evidencia un riesgo en el ambiente laboral al estar expuesto a un ruido menor a los 75 dBA en una jornada laboral de 8 horas diarias [6]. Asimismo el American National Standards Institute establece el límite para los niveles de ruido en 80 dBA para una jornada de 8 horas [7]. La EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América) considera que las personas expuestas al ruido ambiental en periodos hasta de 24 horas y un  $N_{eq}$  menor de 70 dB(A) no sufrirán pérdida de la audición. La OMS en el 2003 estableció que, estar expuesto al ruido por tiempos prolongados puede ocasionar un impacto permanente sobre las funciones fisiológicas y psicológicas de los trabajadores y personas que viven cerca de industrias y calles ruidosas, puede alterar el comportamiento de las personas que se encuentran expuestas a altos niveles de ruido provocando efectos nocivos permanentes en la salud [8].

En Europa los niveles excesivos de ruido ambiental y las vibraciones que se generan en la industria han tomado mucha importancia puesto que repercuten de manera muy significativa sobre la calidad de vida que tienen las personas afectando directamente a la salud y la economía de las mismas, por lo que se han generado leyes y ordenanzas con las que pretenden minimizar los posibles impactos que se generen por este tipo de actividades.

Del mismo modo el incremento de la industrialización y mecanización en los procesos de fabricación ha sido muy significativo lo cual hace que cada vez más personas estén expuestas a riesgos producidos por vibraciones. Algunos estudios realizados en diversas ciudades de la Unión Europea demuestran que las actividades industriales contribuyen a la contaminación ambiental en un 10% [9]. Por lo que la Unión Europea

ha realizado esfuerzos con el fin de controlar y prevenir daños producidos por las vibraciones, además de que se conoce los daños que causa este riesgo físico en las personas al estar expuestos a una exposición prolongada, aún se requieren de mayores estudios de investigación sobre este tipo de afectación y así lograr obtener una idea más clara con respecto a las molestias y enfermedades que se den por la exposición a vibraciones [10].

Con relación a las vibraciones, se trata de un problema ambiental que al igual que el ruido es causa habitual de denuncia. El principal problema hace relación al efecto del choque de la energía que se genera en lugares de fácil excitación como, vidrios de puertas y ventanas, paneles, objetos sueltos colocados sobre muebles o colgados en muros y canceles, entre otros [5].

La Norma Internacional ISO 2631-2 advierte que la respuesta humana a las vibraciones en edificios es muy compleja, bajo ciertas circunstancias el grado de molestia o el efecto, no pueden explicarse de manera directa por la magnitud de la vibración medida y, bajo ciertas condiciones de amplitud y frecuencia, podría persistir la denuncia aun cuando la vibración sea más baja que el nivel de percepción [11].

La vibración es un problema recurrente que tienen las construcciones ya sean industriales o comerciales; la actividad que realiza la maquinaria interna, los sistemas de climatización, ascensores, entre otras son los generadores más comunes. Las vibraciones provocadas por las empresas generan malestar en los habitantes que con frecuencia se quejan por las molestias y deterioros que sufren las viviendas, asimismo de la modificación de sus niveles de seguridad, confort y daños en su salud. Los daños que ocasionan las vibraciones varían según el número de factores que engloban: la capacidad que tiene la fuente de vibración, las características con las que cuenta el terreno, principalmente la fuente emisora y el receptor, además de las condiciones estructurales que posee la vivienda. La fuerza, el tiempo de duración, la periodicidad y la cantidad de apariciones de las vibraciones, tienen mucha importancia en los niveles de molestias generados [12].

El origen común existente entre el ruido y las vibraciones son las máquinas que



producen niveles altos de este tipo de factores de riesgo dando lugar a una sensación de discomfort, razón por la cual la Constitución de la República del Ecuador en su artículo 14, establece que es derecho de la población el vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice el buen vivir de la población. Con el pasar de los años ha aumentado considerablemente el número de la población, por ende las familias se han visto en la necesidad de habitar en sectores aledaños a empresas o talleres ya existentes lo que evidencia problemas de contaminación acústica y de vibraciones que alteran las condiciones de tranquilidad, ocasionando la pérdida de la calidad de vida, provocando efectos nocivos para la salud tanto psicológicos y fisiológicos en la población [13] [14].

La contaminación acústica es la problemática que con mayor frecuencia se denuncia ante las autoridades. Cuando se proceden a cumplir con las inspecciones de las denuncias realizadas por los ciudadanos se ha podido determinar que el ruido y las vibraciones que se emiten por las fuentes fijas habitualmente se relacionan con otros problemas urbanos, entre ellas se encuentran; el uso del suelo, inconvenientes del ordenamiento territorial hasta problemas relacionados al tráfico vehicular. Entre los inconvenientes que causa la contaminación acústica están las pérdidas económicas puesto que se desvalorizan las propiedades por el mantenimiento que requieren las construcciones, afectaciones a la flora y fauna debido a que se pierde la productividad de las tierras, se afecta a la reproducción de aves e insectos además de existir una huida por parte de las aves, a la salud por causar efectos fisiológicos y psicológicos y a la calidad de vida de las personas [5].

En la provincia de Tungurahua los sectores con más generación de ruido ambiental y vibraciones son los que realizan actividades de pintura, imprenta, construcción, la industria textil, talleres de cerrajería, estructuras metálicas, industrias manufacturera y lavadoras, debido a que trabajan con máquinas y herramientas ya sean estas fijas o manuales como es el caso de la industria de las carrocerías [15]. En la provincia hay aproximadamente 80 empresas que están dedicadas a la fabricación de carrocerías, estas cifras demuestran que son el 65% de la producción nacional. Este tipo de actividad se basa en procesos metalmecánicos, por lo cual es muy común que sus trabajadores utilicen máquinas o herramientas en el área de producción [16].

La presente investigación está enfocada en evaluar los niveles de ruido ambiental y vibraciones que se producen en la empresa Master Metal, la cual fue creada en el año de 1990 en la ciudad de Ambato y se dedica a la fabricación de carrocerías. Al ser una empresa de origen familiar no se realizaron estudios previos que permitan mitigar los posibles riesgos que se puedan generar en la empresa. Dentro del proceso productivo de la empresa se encuentran un sin número de riesgos los cuales pueden afectar de una u otra manera a los trabajadores, así como a la colectividad aledaña al lugar de trabajo, pero el desarrollo de este proyecto se centra en el análisis de los riesgos antes descritos. Al utilizarse metal para la fabricación de las carrocerías se debe utilizar máquinas y herramientas las cuales son generadoras de ruido ambiental y vibraciones, cabe recalcar que estos riesgos no causan consecuencias inmediatas. Sin embargo, con el paso del tiempo pueden llegar a causar deterioros en la salud de las personas, afectar su calidad de vida, su economía e inclusive podría originar daños a la flora y fauna cercana a la empresa, lo cual puede ir aumentando gradualmente al paso de meses y años de la actividad. Del análisis realizado en la empresa se obtiene como problemática principal la ausencia de documentos o registros que consignen datos de los niveles de ruido ambiental y vibraciones que se dan en la empresa por la actividad diaria del proceso productivo. Por lo que el estudio va a permitir valorar si el ruido ambiental y las vibraciones están dentro de los límites establecidos por la ley para el desarrollo de estas actividades, brindando así al dueño de la empresa como a la comunidad la tranquilidad necesaria para poder realizar sus actividades normales, sin llegar a tener ningún tipo de afectación. En la empresa no se han realizado estudios previos del estado de los niveles ruido ambiental y las vibraciones, además existe una demanda previa por parte de la propietaria de una vivienda adosada a la empresa aduciendo la afectación de su salud y el desarrollo de sus actividades cotidianas. Por lo que es necesario identificar los niveles de ruido ambiental y vibraciones para evitar problemas con la comunidad.

#### ○ **Estudio del arte**

Con la finalidad de adquirir un mejor conocimiento del tema a tratar, se ha identificado estudios relacionados con el tema propuesto en la presente investigación; los de mayor relevancia son:

Los resultados obtenidos en una previa investigación sobre la Evaluación de Riesgos por Ruido realizada en la empresa Master Metal identificaron que en la empresa existen fuentes de riesgos asociados al ruido en la fabricación de las carrocerías, en donde 6 tareas tienen niveles mayores a los 85 dBA que establece el Decreto 2393, los cuales generan impactos laborales que de no ser corregidos a tiempo podrían causar alguna enfermedad acústica no deseada, lo que podría ser causante de problemas para la empresa [17].

La Oficina de Reducción y Control del Ruido de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA por sus siglas en inglés) publicó, en 1974, el documento denominado: Informe sobre los Niveles de Ruido Ambiental Recomendados para Proteger el Bienestar y la Salud Pública con un Adecuado Margen de Seguridad. El Anexo B de este informe presenta una tabla extraída de este documento en la cual se muestra el nivel sonoro máximo recomendado por la EPA para diversos ambientes. Esta tabla muestra que la pérdida de la audición o deficiencia auditiva puede ocurrir a partir de la exposición a niveles de energía acústica mayores a 70 dB(A) en periodos de 24 horas; la interferencia y molestia durante las horas destinadas a dormir se presenta a partir de niveles de energía acústica superiores a 45 dB(A) [9].

En un trabajo de titulación realizado en la Universidad de la Salle de BOGOTÁ “Diagnóstico ambiental de ruido generado en el sector industrial y vehicular en la localidad de Kennedy y propuesta de mitigación o reducción de los niveles de presión sonora”, concluyó que la mayoría de fuentes fijas generadora de ruido FFR en la localidad de Kennedy son pequeñas y medianas industrias principalmente el sector textil, metalmecánico, alimenticio así como talleres de metales, muebles, calzado; las cuales se encuentran ubicadas en áreas residenciales y comerciales. El estudio determinó que éstas no cuentan con medidas que permitan mitigar los impactos sonoros hacia las viviendas aledañas a su lugar de trabajo. Además el desconocimiento de la normativa del uso de suelo y ruido ambiental por parte de los propietarios de las industrias, enfatiza esta problemática. De la misma manera, los resultados que se obtuvieron determinan que en su totalidad las fuentes móviles y la mayoría de fuentes fijas de ruido en la localidad de Kennedy, infringen con lo

dispuesto en la norma de ruido ambiental. De lo indicado la generación de ruido en exteriores es muy elevada superando la norma y contraviniendo la establecida por la OMS [18].

En una investigación titulada “Influencia de la contaminación sonora generada por el incremento del parque automotor en la salud de la población de la ciudad de Moyobamba”, concluyó que la contaminación sonora causada por el aumento del parque automotor en zonas no específicas para este tipo de trabajo influye en el estado de salud y confort de las personas de la ciudad de Moyobamba, lo cual se evidenció dado que en los ocho puntos de muestreo para fuentes fijas de ruido FFR considerados dicho estudio el nivel de presión sonora que genera el parque automotor oscila entre los 77.7 dB y 81.8 dB superando por mucho los 65 dB promedio [19].

En un estudio de ruido y vibraciones en el área de producción de las carrocerías Varma S. A se determinó que para los diferentes procesos de fabricación metalmecánica no se puede evitar el uso de máquinas fijas y herramientas manuales las mismas que generan vibraciones y contaminación acústica siendo el proceso de estructuración de la carrocería, vestidura y el proceso de pintado donde se utiliza en mayor cantidad las máquinas y herramientas generando una mayor exposición a las vibraciones y el ruido, registrando valores de ruido y vibraciones variables, algunos de los cuales sobrepasan los límites permisibles en la NTP 839 Límite de exposición diaria que da lugar a una acción A (8) es de  $2.5 \text{ m/s}^2$ , lo cual causa cierto tipo de molestia en los trabajadores [2].

Por otro lado, los resultados de una investigación realizada sobre la exposición al ruido un riesgo a cualquier edad, el estar expuesto al ruido ambiental y laboral puede considerarse de manera general un riesgo que dependerá de su magnitud y de las características propias de cada tema de estudio. En la definición de riesgo que brinda en su informe la UNE-ISO Guía 73 IN: 2010, enuncia que es la mezcla de las consecuencias que puede llegar a tener un suceso y su probabilidad. En cuanto a las afectaciones a la salud de las personas que provoca estar expuesto al ruido (sin olvidar posibles efectos en la seguridad), se puede aseverar que son vastas y diversas yendo mucho más allá de los daños auditivos, además de los efectos que puede causar en la

seguridad. Dichos resultados van unidos a los distintos niveles de referencia enmarcados en normas establecidas, además de argumentos legales que sean aplicables dependiendo de la aplicación. Para la probabilidad, los datos de ocurrencia del ruido ambiental y laboral son significativos del suceso inicial, pero cambia de acuerdo al grupo que se encuentre en exposición siendo los considerados grupos vulnerables los que más afectaciones puedan llegar a tener [20].

Asimismo, un estudio realizado a la industria maderera en la ciudad de Cuenca tuvo como objetivo detectar las posibles repercusiones en la salud a los trabajadores que causa el ruido. Este análisis se llevó a cabo mediante un diagnóstico, en el cual se realizó una medición directa del ruido que producen las diferentes industrias en diferentes procesos en horario diurno, dando como resultado que algunos de los datos tomados superan los niveles permitidos según la normativa nacional de salud y trabajo, además de apreciar que existe poco interés por parte de los dueños y trabajadores por el cuidado de su salud [21].

De la misma forma, otro artículo publicado sobre la Contaminación Ambiental que se genera por el ruido en la Revista Médica Electrónica menciona que hay un conocimiento muy claro acerca de lo negativo que puede llegar a tener un ambiente ruidoso en las personas. Las molestias que pueden generar son de diferente índole, las cuales pueden ir desde padecimientos del sueño y producir muchos problemas de concentración, hasta tener consecuencias degenerativas en las personas dependiendo el tiempo de exposición, la intensidad y persistencia del ruido. El problema que el ruido produce se ha convertido en un problema grave para concentraciones urbanas y la industria [22].

Julián Pérez Correa, docente investigador de la Universidad Espíritu Santo, reconoce que algunas especies muestran muchos problemas derivados del ruido (y las vibraciones). “Por ejemplo, las aves, en algunos casos tienen que modificar completamente la frecuencia o intensidad de sus cantos, cambiar las notas dentro de los mismos o incluso modificar su ciclo biológico para cantar en horas donde hay menos ruido. Si no tuviesen esta capacidad (algunas especies no las tienen), existirían cambios muy grandes en cuanto a su comportamiento social e incluso su

comportamiento reproductivo”. Asimismo, señala que, las especies de flora, responden a las vibraciones y ruidos generando toxinas e incluso se ha identificado cambios en su morfología relacionados al estrés acústico. Si bien es cierto, el ruido es una fuente de contaminación que altera los ciclos normales de la vida, tanto del ser humano como de la vida silvestre, es un elemento con características no permanentes en el ambiente, que se puede eliminar con la aplicación de buenas prácticas a nivel urbano, industrial y productivo, mitigando de forma paulatina los impactos negativos al ambiente y a la salud humana [23].

La contaminación acústica afecta a la biodiversidad hasta el punto de llegar a alterar el equilibrio de los ecosistemas silvestres. Los animales seleccionan sus hábitats teniendo en cuenta diversos factores, entre ellos, el ruido. Una especie que no tolere los ruidos difícilmente podrá adaptarse al resto de condiciones de un determinado hábitat. Principalmente, los efectos de la contaminación acústica afectan a las especies animales provocando que estas huyan de determinados entornos. Su desplazamiento puede alterar los ecosistemas de la zona. Lo que puede ocurrir es que la contaminación acústica afecta a aquellas especies depredadoras que acaben marchándose en busca de otro hábitat. Por tanto, sus presas pueden crecer fuera de control llegando a incluso a alterar la vegetación y flora de una determinada zona [24].

Del mismo modo un estudio de la vibración y su efecto sobre la salud indica que el cuerpo humano tiene la capacidad de soportar ciertos niveles de energía de vibración, por lo que al estar a una exposición a largo plazo empieza a deteriorarse. Además se menciona que los factores como el diseño ergonómico, la amortiguación, atenuación, la resonancia y muchos otros factores, tienen una gran influencia en las características de la exposición y los niveles de intensidad de las vibraciones a los cuales se exponen de una u otra manera el cuerpo humano al usar máquinas o herramientas vibrátiles [25].

Las conclusiones que se presentan en el informe de los casos reales de análisis de vibración mencionan que con el movimiento que realizan las máquinas a la hora de realizar su trabajo es posible diferenciar los problemas vibratoriales que se presentan en la industria, pudiendo ser el desbalance existente, deslizamiento producido por las

máquinas, así como el tipo de suelo para el asentamiento de las mismas, etc. Los cuales se presentan a la misma frecuencia, pero las características de movimiento que éstas presentan son diferentes para cada problema. Analizado cada problema existente se sugiere cambios significativos para que se mitiguen las vibraciones y eviten daños en la salud de los operarios y las personas cercanas al lugar de trabajo [26].

Varios estudios han sido desarrollados en campo o laboratorios los cuales han indagado las respuestas objetivas y subjetivas que tienen los humanos frente a las vibraciones, entre ellos tenemos publicaciones como el modelo matemático de la masa aparente del cuerpo humano por debajo de la vibración del cuerpo de la popa que tienen como objetivos desde la identificación de los factores que afectan las respuestas biodinámicas en presencia de vibraciones [27], hasta los factores que afectan el confort y la salud [28] en donde mencionan que estar expuesto durante varias horas a vibraciones generan discomfort en las personas. Asimismo investigaciones como la influencia que tiene la masa corporal en la vibración de todo el cuerpo, en las que se encuentra una relación lineal negativa entre la masa corporal y los niveles de exposición a vibraciones [29].

De acuerdo con [30], en su estudio sobre la vibración y su efecto sobre la salud los factores tales como el diseño ergonómico, la amortiguación, atenuación, la resonancia y muchos otros factores, tienen una gran influencia en las características de la exposición y los niveles de intensidad de las vibraciones. El cuerpo humano puede tolerar ciertos niveles de energía de vibración, por exposición a largo plazo, empieza a deteriorarse.

Cada una de estas investigaciones realizadas tiene un sustento técnico-científico altamente útil, lo cual será un aporte de mucha utilidad para el desarrollo del proyecto propuesto por el investigador.

#### ○ **Justificación**

El proyecto de investigación a desarrollarse en la empresa Master Metal es de gran **interés**, puesto que está enfocado en la evaluación de la contaminación ambiental que

produce el ruido ambiental y las vibraciones, buscando garantizar que los niveles de ruido ambiental no superen los 60 dB permitidos en una zona comercial que se encuentra la empresa y que la aceleración ponderada en frecuencia  $a_w$  no sobrepase los  $0,315 \text{ m/s}^2$  que es el valor límite para el control de vibraciones y así certificar que el impacto generado hacia el ambiente no cause molestias a la biodiversidad de flora y fauna cercana y a los habitantes del sector, mejorando la calidad del ambiente de trabajo en el proceso productivo de la empresa y el derecho al buen vivir de las especies involucradas.

El trabajo de investigación es de mucha **importancia** para la empresa Master Metal, porque se va a dar solución a una queja formal que existe ante la municipalidad de Ambato por parte de una de las viviendas que colindan con la empresa en la cual menciona que existe malestar por el ruido y las vibraciones al realizar las actividades diarias de las personas del inmueble, además se pretende precautelar la salud del personal de trabajo de la comunidad y las especies de flora y fauna cercanas a la empresa, al realizar este tipo de estudio sobre el ruido ambiental y vibraciones, su finalidad será conocer el grado de peligrosidad a los que están expuestos, pudiendo evitar sanciones de los organismos pertinentes, además de mejorar las relaciones con la comunidad.

Existe **factibilidad** para realizar la investigación ya que se dispone de la total colaboración por parte de la gerencia brindando el acceso total a sus instalaciones y del dueño de la casa demandante, para poder recabar la información que se requiera, además de contar con los recursos bibliográficos relevantes a este tipo de factores de riesgo, recursos económicos y también de los equipos necesarios para las mediciones, asimismo se cuenta con los conocimientos previos del equipo investigador en temas afines al tema propuesto y así poder culminar con el tema expuesto.

La investigación permite tener **beneficiarios** directos, los cuales serán principalmente la gerencia, trabajadores, personas que habitan en áreas aledañas al lugar de trabajo e investigadores y algunas especies de flora y fauna, ya que mediante la evaluación del ruido ambiental y vibraciones que pudiere producir la empresa se podrá evitar o reducir el riesgo de sufrir efectos perjudiciales para la salud, razón por la cual mediante este



estudio se obtendrá información de las áreas con mayor riesgo y de ésta manera proponer medidas de control protección y aseguramiento que mitiguen los niveles de exposición de ruido ambiental y vibraciones, mejorando así la calidad del ambiente y por ende el buen vivir. Del mismo modo los entes de control tendrán un beneficio, puesto que la investigación desarrollada mide los niveles de exposición de ruido ambiental y vibraciones que genera la empresa hacia el medio ambiente, además se beneficiará indirectamente a la comunidad carrocera siendo una fuente de consulta para trabajos similares.

La **utilidad teórica-práctica** de esta investigación aportará a la ciencia con tópicos concernientes al problema de investigación generadas por el propio investigador y con la guía del tutor, además brindará un aporte bibliográfico en concordancia al tema expuesto siendo una fuente confiable de consulta para las personas que muestren interés en proyectos relacionados con la evaluación del ruido vibraciones y en lo práctico se brindara la solución a la empresa Master Metal en caso de incumplir las normas .

### **1.2.1 Fundamentación teórica**

#### **○ Seguridad industrial**

La Seguridad Industrial se define como el conjunto de actividades de carácter obligatorio cuyo objetivo principal es prevenir y limitar los riesgos, lo que minimiza los riesgos en las industrias, además de la protección contra accidentes en las personas, bienes o al medio ambiente que se deriven de la actividad industrial [31].

Según [32], la seguridad industrial es la materia que establece las normas y técnicas que se deberá utilizar para la prevención de riesgos laborales, los cuales afectan directamente el bienestar de los trabajadores, contratistas, visitantes y cualquier otra persona que se encuentre en lugar de trabajo, evitando así que las personas expuestas a cualquier tipo de riesgo sufra alguna enfermedad ocupacional.

#### **○ Higiene Industrial**

Se define como la ciencia que se anticipa, identifica, realiza la evaluación y que además controla los riesgos los cuales se pueden ocasionar en el zona de trabajo o en ambientes que se correlacionan con él, y que pueden llegar a producir daños en la salud de los trabajadores, hay que tener en cuenta el daño que puede generar en las comunidades vecinas así como al medio ambiente [31].

- **Trabajo y salud**

- **Trabajo**

El trabajo es la actividad que se identifica por el esfuerzo que realiza el hombre con el fin de producir alguna cosa material, dado por dirección de otros o por sí mismo y que tiene un fin utilitario [33].

Al igual que [34] menciona al trabajo como un esfuerzo o una labor realizada por las personas, y que nunca va a desaparecer. Es una actividad que se puede dar por diversas formas y las cuales pueden ser: económica, científica, social, entre otras.

- **Salud**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) precisa al termino salud como un estado de perfecto bienestar tanto físico, mental y social, además menciona que no sólo es la ausencia de enfermedad [35].

- **Accidente**

Un accidente es un suceso repentino e imprevisto el cual que puede tener consecuencias negativas para alguien como lesiones e incluso la muerte [36].

- **Incidente**

Es el suceso imprevisto que tiene el potencial de conducir a un accidente, a diferencia

del accidente no tiene por qué causar algún daño en personas o cosas [36].

- **Peligro**

Es toda amenaza o probabilidad de acontecimiento de que un fenómeno potencialmente nocivo en una zona y en un período de tiempo determinado cause algún daño o que suceda algo malo [37].

- **Enfermedad ocupacional**

Son afecciones agudas o crónicas, producidas de una manera directa por el ejercicio del trabajo realizado por las personas y que como resultado generan alguna incapacidad [38].

- **Riesgo**

El riesgo es la probabilidad o posibilidad de que un peligro potencial se convierta en un desastre. La vulnerabilidad o las amenazas por sí solas no representan una amenaza, pero cuando se juntan se convierten en un riesgo, la probabilidad de que ocurra un desastre [39].

Los riesgos se pueden reducir o mitigar si somos cuidadosos con el medio ambiente en el que nos encontramos y somos conscientes de nuestras debilidades y vulnerabilidades frente a las amenazas existentes, además podemos tomar medidas para garantizar que las amenazas no se conviertan en desastres [39].

- **Clasificación de los riesgos**

- Riesgo Físico
- Riesgo Químico
- Riesgo Biológico
- Riesgo Psicológico
- Riesgo Ergonómico

- Riesgo mecánico
- Riesgos ambientales

De las variedades de riesgos existentes para el estudio nos basaremos en el riesgo físico que se produce por el ruido ambiental y vibraciones generadas por las empresas por lo que es necesario conocer los diferentes términos ambientales.

#### ○ **Riesgo Ambiental**

Para el tratamiento de los diversos tipos de contaminación en el Ecuador, se rige en base a los criterios brindados por el Ministerio del Ambiente, mediante el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) libro VI anexo 5 cuyo anexo es el que se adecua al ruido ambiental [40].

#### ○ **Medio ambiente**

Es un conjunto de elementos del medio natural como la vegetación, la fauna, la tierra, el clima, el agua, y su interrelación. Varios autores concuerdan que no es fácil brindar un significado, puesto que el medio ambiente es un bien, formado por nutridos factores que lo hacen complejo a la hora de establecer un postulado [41].

El término “medio ambiente” se basa en múltiples factores: biológicos, ecológicos, físicos y paisajísticos que, además de tener su propia dinámica natural, se entrelazan con las conductas del hombre. Estas interacciones pueden ser de tipo económico, político, social, cultural o con el entorno, y hoy en día son de gran interés para los gobiernos, las empresas, los individuos, los grupos sociales y para la comunidad internacional [42].

#### ○ **Derecho Ambiental**

“El conjunto de principios y normas jurídicas que regulan las conductas individual y colectiva con incidencia en el ambiente” [43].

“El conjunto de normas que regulan las relaciones de derecho público y privado, tendientes a preservar el medio ambiente libre de contaminación, o mejorarlo en caso de estar afectado”[44].

- **Contaminación**

La contaminación según el Ministerio del Ambiente del Ecuador es la presencia de contaminantes en el medio ambiente dependiendo del tiempo de permanencia pueden causar condiciones negativas para la salud de las personas, su bienestar además de causar un deterioro importante a la flora y fauna [45].

- **Contaminación Ambiental**

Se define como la presencia de innumerables tipos de agentes nocivos para la salud que pueden ser físicos, químicos o biológicos los cuáles significan un perjuicio en la salud, bienestar o la seguridad de las personas, animales o inclusive la vegetación existente. La contaminación ambiental en la actualidad ha sido uno de los peores males existentes, debido a que es muy fácil acabar con el equilibrio del medio [46].

- **Contaminación Acústica**

Es la presencia en el ambiente ya sea exterior o interior de las edificaciones, industrias, hospitales, etc. de ruidos que directa o indirectamente causan molestias, angustias, daños, o riesgos para la salud de las personas o el medio ambiente en general, afectando el derecho constitucional al buen vivir [47].

La contaminación acústica afecta a todo el medio ambiente que lo rodea, lo cual contribuye a que el desarrollo de las actividades diarias, ya sea de carácter social, educativo, ambiental e inclusive de trabajo se vean afectadas.

- **Fuentes de la contaminación acústica**

En las ciudades existen diversas fuentes de contaminación acústica las cuales ayudan

de manera exponencial al ruido urbano. Dentro de las diferentes causas están el ruido originado por las actividades diarias que realizan las personas para su beneficio [13].

En la actualidad existen diversas fuentes de contaminación acústica entre las principales se encuentran aquellas que vienen de los vehículos motorizados, zona rosa, zona roja, locales públicos siendo estos los de mayor impacto, entre las zonas comerciales, fábricas y talleres industriales comprenden tan solo un 10% de esta contaminación [48].

#### ○ **Contaminación acústica industrial**

Las industrias en la actualidad son las primeras contaminadoras de ruido en las grandes urbes, debido a que para poder realizar sus productos tienen que utilizar máquinas y herramientas industriales las cuales pueden causar molestias a las personas que se encuentran en los alrededores de las mismas, causando incluso enfermedades asociadas al ruido así como de concentración por parte de los habitantes dependiendo sus actividades diarias [13].

La contaminación acústica por actividades industriales puede ser múltiple en frecuencia e intensidad, además las características de la maquinaria ocupada (modelo, tipo de funcionamiento, potencia, duración del funcionamiento de la maquinaria, tamaño, focos de dirección de ondas sonoras, etc.) Asimismo se debe recalcar los ruidos que son procedentes de los lugares en construcción o mantenimiento, tanto en edificios como en infraestructuras, que dependiendo de su tamaño pueden generar ruidos continuos de niveles fluctuantes altos e impulsivos [49].

Por la actividad diaria realizada en las industrias el ruido interno que se generan en las plantas industriales causa un daño significativo en la salud de los trabajadores, puesto a que están expuestos directa e indirectamente con las labores realizadas. Es por esto que para prevenir la salud auditiva de los trabajadores y la comodidad que tienen los trabajadores a la hora de realizar sus labores es necesario realizar acciones que permitan mitigar los impactos generados por las máquinas y herramientas que se utilizan en las industrias [13].

Por otro lado la contaminación acústica externa que se produce en las industrias tiene una afectación directa con la comunidad vecinal o personas que se encuentran viviendo cerca de las fábricas o industrias y que en algunos casos las máquinas industriales superan los niveles de ruido permisibles por la ley [13].

- **Contaminación acústica de hogares y vivienda.**

La contaminación acústica que se da en las viviendas es inevitable ya que en la actualidad la mayoría de las personas usan toda variedad de instrumentos eléctricos y en algunos casos industriales en sus hogares que van de cosas tan básicas como, timbres, la televisión aparatos de cocina e incluso llegan a utilizar taladros lo que genera algún tipo de malestar [13].

- **El ruido**

El ruido se cataloga como un sonido molesto y desagradable, que puede consistir de un tono puro simple, pero en la mayoría de los casos contiene muchos tonos a diferentes frecuencias e intensidades. Los niveles excesivamente altos de ruido son potencialmente nocivos para la audición. La variedad de ruidos que una persona normal puede percibir es infinita. Las principales variables que definen físicamente a un ruido son: sus componentes espectrales, su dinámica temporal, sus amplitudes, sus fases relativas y su duración. La combinación de estas variables físicas en todos sus rangos de acción, hacen del sonido un fenómeno físico complejo [50].

A partir de un punto biofísico el ruido puede definirse como el efecto en el órgano de la audición provocado por las vibraciones del aire o de otro medio mismos que no poseen armonía [51].

- **El ruido como contaminante**

Al ruido se lo considera como contaminante desde 1972 por el Congreso del Ambiente de las Naciones Unidas que tuvo reunión en Estocolmo, además el Scientific Committee on Problems Environment, también lo incluyó como contaminante [52].

- **Ruido ambiental**

El ruido ambiental se lo puede definir como un sonido exterior indeseado o desagradable generado por diferentes fuentes. Dichas fuentes son sonidos emitidos por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo, por emplazamientos de actividades industriales y de construcción y por las zonas rosa. La gran mayoría de los sonidos son producidos por alguna actividad humana [51].

- **Tipos de Ruido**

- **Ruido según su origen.**

- a) Ruido laboral

El ruido profesional se encuentra en todos los sectores debido al uso de las diferentes maquinarias utilizadas para realizar las actividades relacionadas, algunas máquinas no cuentan con la tecnología suficiente para minimizar el ruido, por el contrario emiten ruidos excesivos e intolerantes. Todo esto nos lleva a un gran conflicto, pues la salud de los trabajadores, su estilo de vida y su desempeño laboral se ven afectados, cuanto más se expone un trabajador a condiciones que afectan su salud, menor es la calidad del trabajo que se presentará. El malestar puede comenzar con episodios de estrés o irritabilidad y terminar con pérdida auditiva [53].

- b) Ruido Urbano

La creación de ruido urbano se da de diferentes formas, globalmente hablaremos de dos: las de origen natural y las de origen antropológico. Este último ha ido ganando importancia con el tiempo debido a los desarrollos tecnológicos e industriales en diferentes ciudades del mundo. Las principales fuentes de ruido urbano ya han sido ampliamente identificadas, las más conocidas son: vehículo, transporte aéreo y ferroviario, obras públicas y de construcción, actividades colectivas principalmente ocio [53].



### c) Ruido de Fondo

El ruido de fondo es lo que está presente cuando todas las actividades han cesado, es decir, cuando una o más actividades de las que estamos midiendo se han detenido. El ruido de fondo también se denomina ruido residual, es muy interesante señalar que cuanto mayor es la diferencia entre el ruido provocado por la actividad y el ruido de fondo, mayor es la posibilidad de un ambiente molesto [53].

Es importante medir este tipo de ruido porque sin tener en cuenta errores superiores a tres decibelios, que se deben íntegramente a la fuente fija en estudio, otro error muy común es tener en cuenta las bajas frecuencias que se encuentran presentes, por supuesto en los diversos entornos, ya que aportan decibeles que no se emiten directamente desde la fuente [53].

#### ○ **Sonido**

El sonido es una variación física que se produce por medio de las ondas sonoras, cuyo medio puede ser sólido líquido o gaseoso el cual puede ser detectado por el oído humano, del mismo modo se define como la sensación auditiva estimulada por una perturbación física. El entorno a través del cual recorren las ondas sonoras poseen masa y elasticidad. De este modo se evidencia que las ondas sonoras siempre necesitan de un medio [54].

Para que el sonido se pueda generar siempre debe existir:

- Fuente sonora
- Camino de transmisión
- Receptor

El sonido se da cuando al oído interno llegan vibraciones mecánicas, las cuales se transmiten a través del aire, el oído humano es capaz de captar una vibración de frecuencia que comprende entre los 15 y 20.000 hercios y es el cerebro quien transforma esas vibraciones en sonido [54].

EL hercio (hz) es una unidad de frecuencia que equivalente a un ciclo por segundo. Llamándose infrasonidos a las vibraciones que tienen una frecuencia menor de 15 Hz y los ultrasonidos a lo que tienen una frecuencia mayor a 20 Khz. (Kilo Hertzios) [55].

- **Velocidad del sonido**

Es la velocidad de la onda con la que se propaga hacia un medio elástico; entonces, la ésta velocidad depende únicamente de las características del medio en el que se propague, el tipo, su densidad, su estado físico, etc. La velocidad del sonido se mide en m/s [1].

- **Propiedades y cualidades del sonido**

- **Intensidad**

Es la propiedad del sonido que hace que se escuche como un sonido fuerte o como un sonido débil, se relaciona con la intensidad de la onda sonora, o intensidad acústica. La intensidad acústica se define como el total de energía que fluye por el entorno como derivación de la expansión de la onda sonora. Es la energía que pasa por una superficie, la cual se encuentra perpendicularmente a la trayectoria de propagación. Corresponde a una potencia por unidad de 22 superficies y la cual se expresa en W/m<sup>2</sup> [55].

La magnitud para que exista una capacidad de sensación sonora depende de cuan pequeña o grande sea la intensidad acústica, además depende mucho de la sensibilidad del oído. El intervalo de intensidades acústicas que va desde el umbral de audibilidad, o valor mínimo perceptible, hasta el umbral del dolor. Para expresar intensidades sonoras se emplea una escala cuyas divisiones son potencias de diez y cuya unidad de medida es el decibelio (dB) [55].

La ecuación para el cálculo de la conversión entre intensidad y decibelios es la siguiente:

$$S = 10 \text{ Log } \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

Cuyos parámetros significan lo siguiente:

$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$  y corresponde a un nivel de 0 decibelios. El umbral del dolor corresponde a una intensidad de  $1 \text{ W/m}^2$  o 120 dB.

- **Amplitud.**

La amplitud es la primera propiedad que una onda de sonido tiene, siendo la cantidad de presión sonora que ejerce una vibración sobre un medio. Además, esta intensidad es la percepción que tenemos como fuerte o débil [56].

- **Frecuencia.**

En una onda de seno la frecuencia es la segunda propiedad fundamental, cuya medición se la realiza en Hercios (Hz) y que nos ayuda a reconocer cuantos ciclos por segundo van en esa onda. Siendo un ciclo una onda que sube hasta un punto máximo de amplitud, bajando hasta el eje central y llegando a un punto máximo de amplitud en el eje negativo y que de la mismas manera vuelve a subir hasta alcanzar el eje central [57].

Cuando hablamos de tonos nos referimos a una frecuencia única. Dentro del sonido llamamos octava a un tono del doble de la frecuencia o a un tono con la mitad de la frecuencia [53].

- **Ponderaciones Frecuenciales**

**a) Ponderación Frecuencial A**

La ponderación de frecuencia A es la ponderación más utilizada en las mediciones acústicas. El simple hecho de que se omita la ponderación de frecuencia que se utilizará en una medición se toma como ponderación A [58].

La ponderación de frecuencia A está definida en la norma estándar internacional IEC

61672:2003 de la Comisión Internacional Electrotécnica, y en numerosas normativas relativas a la medición del nivel de presión sonora aniveles nacionales. En España queda definida en UNE 20464:1990 c.

Las curvas de ponderación A han sido diseñadas para la determinación de sonidos de bajo nivel, aunque actualmente se utilizan para diversas medidas como:

- Medidas de ruido ambiental y laboral.
- Ruido de fondo.
- Evaluaciones de ruido potencialmente nocivo para la salud.

#### **b) Ponderación Frecuencial B**

La ponderación frecuencial B es similar a la ponderación A con la diferencia de que utiliza niveles de presión acústica intermedios. Se utiliza la simbología dB (B) y los decibelios ponderados en frecuencia se leen con una escala de ponderación B [58].

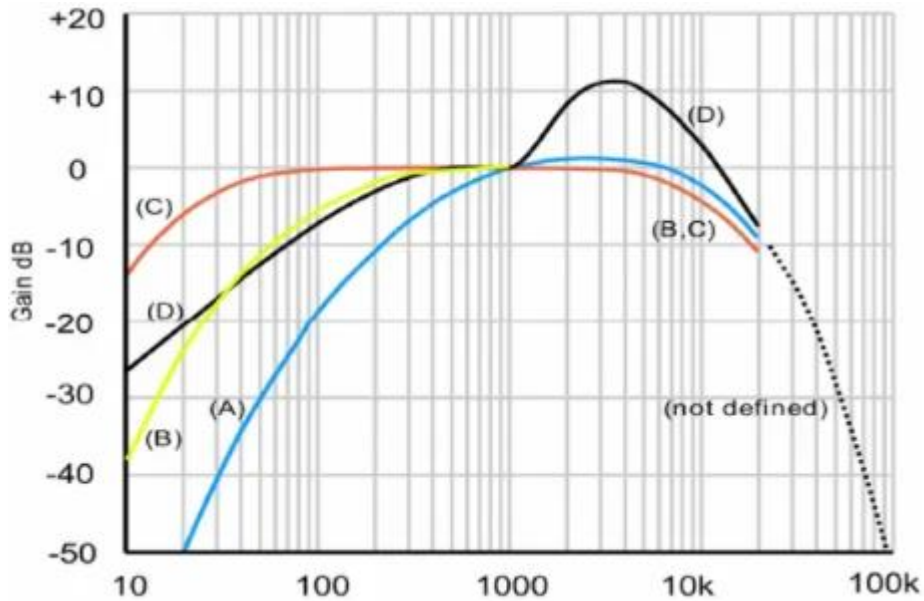
La ponderación tipo B se utiliza a menudo para medir los niveles de escucha de música, aunque está en desuso debido a la generalización de la ponderación A [58].

#### **c) Ponderación Frecuencial C**

La clasificación C se utiliza para la clasificación de ruidos con alta presión sonora y tiene el simbolismo dB (C). Junto con la ponderación A, se utilizan para dar significado a las bajas frecuencias del espectro [58].

#### **d) Ponderación Frecuencial D**

Evaluación para la medición de niveles de presión sonora extremadamente altos, como los emitidos por planos espaciales, este se caracteriza por su rango de frecuencia de 1 a 10250 Hz. Así como la calificación B la D no está incluida en la norma, es internacional, pero su concepto y definición siguen siendo válidos [58].



**Figura 1.** Curvas frecuenciales A, B, C, D [58].

### - Bandas de octava

Las bandas de octava se utilizan para dividir el espectro de frecuencias en grupos, los cuales son denominados grupos frecuenciales. Las bandas más utilizadas en ruido son las bandas de octava, estas bandas no son más que un grupo de frecuencias comprendidas entre  $f_1$  y  $f_2$  en donde  $f_2 = 2 * f_1$ , por lo tanto entre una frecuencia de 100 y 200 Hz existe una octava de diferencia [53].

Estas bandas presentan escalas como se ve a continuación.

**Tabla 1.** Escalas que tienen las bandas de octava [53].

Escalas que tienen las bandas de octava (Hz)
63
125
250
500
1000

2000
4000
8000

- **Velocidad**

La velocidad es la propiedad más precisa que tiene el sonido, además de ser la más simple. Por lo que puede medirse con mucha precisión. La velocidad es independiente de los otros parámetros como la frecuencia o la intensidad. Dependiendo de la densidad y la elasticidad del medio únicamente [57].

- **Longitud de Onda**

El sonido es considerado como un movimiento ondulatorio el cual se difunde a través de un medio elástico, un claro ejemplo es el aire. El comienzo de este parámetro es un movimiento vibratorio, parecido a la vibración de una membrana, y al momento de llegar a nuestro oído provoca que el tímpano adquiera un movimiento vibratorio similar al de la fuente de la que proviene [59].



**Figura 2.** Longitud de onda [59].

La distancia perpendicular entre dos frentes de onda con una misma fase, es considerada como la longitud de onda de un sonido [59].



**Figura 3.** Longitud de onda requerida para finalizar un ciclo [59].

Esta longitud es la distancia similar que la recorrida por la onda sonora completo de vibración en un único ciclo. La longitud de onda, está representada por la letra griega lambda ( $\lambda$ ), la cual relaciona la frecuencia  $f$  (Hz) con la velocidad del sonido (cm o ft/s) a través de la siguiente ecuación:

$$\lambda f = C \quad (2)$$

#### - **Periodo**

Se entiende por periodo al espacio de tiempo que demora en ejecutarse un ciclo completo de oscilación, su unidad de medida son los segundos [57].

$$T = \frac{\lambda}{f} \quad (3)$$

#### - **Potencia Sonora**

Es la energía emitida en una unidad de tiempo a través de una fuente sonora específica [55].

#### - **Presión sonora**

Al producirse un sonido, la presión ejercida por el aire que envuelve el entorno cambia ligeramente conforme avanza la onda de propagación, creciendo y decreciendo en fracciones mínimas se segundo, a esta diferencia instantánea de presión a causa de la onda sonora se conoce como presión sonora [55].

Si comparamos la presión sonora tolerable con la presión atmosférica, la primera en mención es muy pequeña, y al tener una presión sonora mil veces menor que la atmosférica resultara en un dolor fulminante en los oídos que puede llegar hasta pérdida de la audición [55].

- **Propagación del Sonido**

El sonido viaja más rápido en condiciones de aire húmedo porque el aire húmedo contiene más partículas ligeras. En casi todos los casos la velocidad del sonido depende del calor específico, ya que el sonido no se propaga en el vacío, esto sucede porque el sonido necesita moléculas para moverse [60].

- **Mecanismos de propagación del sonido**

- a. Refracción**

El sonido viaja en línea recta en un medio de densidad uniforme, pero así como la luz puede sufrir un fenómeno llamado refracción, en este fenómeno el sonido se desvía de su camino original cuando entra en contacto con un medio de densidad diferente [53].

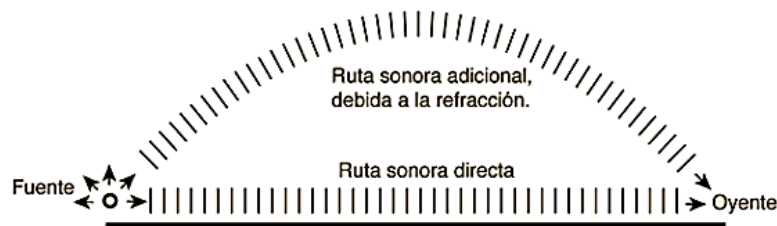


Figura 4. Propagación del sonido por refracción [60].

- b. Reflexión**

El sonido se refleja cuando las ondas sonoras golpean medios con diferentes densidades, lo que satisface la ley de Snell, que establece que los ángulos de incidencia y reflexión son los mismos. El reflejo más importante y más conocido es el eco [53].

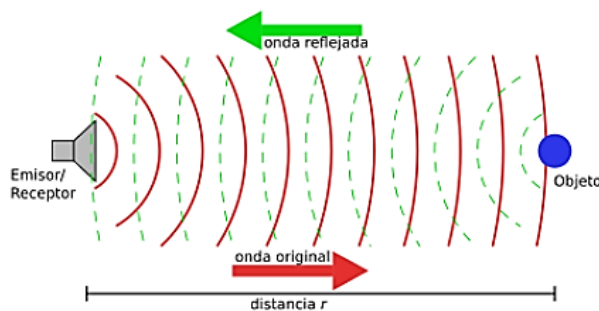


Figura 5. Propagación del sonido por reflexión [60].



- **Unidades de Medida**

- **Belio**

Permite medir magnitudes afines con la sensación fisiológica causada por los sonidos. El instrumento empleado es el decibel [57].

- **Decibel (dB)**

Es una unidad adimensional que permite enunciar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una de referencia, el decibel también permite detallar niveles de presión, potencia o intensidad sonora; es catalogado como diez veces el Log decimal de su analogía numérica de belio [57].

La unidad de medida de los niveles de presión acústica decibelio (dB), enmarca una relación logarítmica. El oído es sensible a frecuencias percibidas entre 500 y 2000 Hz, por ello los instrumentos de medida están asignados de un filtro “A” capaz de rehacer lo que percibe el oído humano [57].

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{P^2}{P_0^2} \quad (4)$$

- **Decibelio con ponderación A (dBA)**

Medida la cual se encuentra adaptada a la apreciación del oído humano, además se inhibe parte de las bajas y las muy altas frecuencias. Asimismo, una vez realizada la medición se filtra el sonido para recoger solamente las frecuencias más dañinas para el oído, por lo que la exposición a ruido medida en dBA es un buen indicador [61].

- **La escala de niveles sonoros.**

La respuesta del oído a la energía sonora es no lineal. Por lo cual, se hace recurrente

la utilización de una escala no lineal que permita medir niveles sonoros, puesto que la respuesta del oído humano es logarítmica se emplea escalas logarítmicas para medición de niveles sonoros. La escala que frecuentemente se utiliza más en Acústica es la de dB de presión. Al hablar de presión de referencia se sabe que, a una frecuencia de 1.000 Hz, el umbral de audición esté a 0 dB [57].


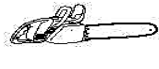

Efecto en los seres humanos	Nivel sonoro en dB(A)	Fuente del sonido
Sumamente lesivo	140	Motor de aparato a reacción Remachadora
	130	
	120	Avión a hélice
-----		
Lesivo	110	Perforadora de rocas Sierra mecánica Taller de metalistería
	100	
	90	Camión
Peligroso	80	Calle con mucho tráfico
	70	Automóvil de turismo
Impide hablar	60	
	60	Conversación normal
Irritante	50	Conversación en voz baja
	40	Música emitida por radio a bajo volumen
	30	Susurros
	20	Piso tranquilo de una ciudad
	10	Susurro de hojas
-----		
	0	UMBRAL DE LA AUDICIÓN

Figura 6. Escala de niveles sonoros, presión [57].

### ○ Presión Sonora

La presión sonora viene dada en unidades logarítmicas como se observa en la siguiente ecuación:

$$P(dB) = 20 \log\left(\frac{P}{P_{ref}}\right) \quad (5)$$

Donde:

P = Presión en pascales

$P_{ref} = 0.1$  pascuales, los datos obtenidos se representan en decibeles y demuestra una aproximación del nivel de presión en el umbral de audibilidad humana [53].

- **Nivel de presión sonora continua equivalente**

Se denomina nivel de presión sonora continua equivalente al sonido que se genera con la misma energía en un cierto período de tiempo, cuya ecuación es la siguiente [62]:

$$L_{Aeq, tp} = 10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{N_{psi}}{10}} \right] \quad (6)$$

Donde:

$L_{Aeq, tp}$ : Nivel de presión sonora continua equivalente con ponderación A.

$N_{psi}$ : Nivel de presión sonora equivalentes medidos.

$n$ : número de mediciones.

- **Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido (L<sub>Keq</sub>)**

El ruido específico generado emitido por una fuente fija de ruido, se cuantifica y evalúa para efectos del cumplimiento de los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en la normativa ecuatoriana a través del  $L_{keq}$  [63].

$$L_e = L_{keq} \quad (7)$$

Donde:

$L_e$ =Ruido Especifico

$L_{Aeq, tp}$ =Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A del ruido total

- **Ruido residual**

Para la determinar de la corrección por ruido residual o ruido de fondo se aplica la

siguiente ecuación:

$$K_r = -10 \log(10 - 10^{-0.1 \Delta L}) \quad (8)$$

Dónde:

$\Delta L_r =$  Ruido total promedio -Ruido residual promedio

Para la resta energética se tiene la ecuación:

$$\Delta L_r = 10 \left( \log_{10} \frac{L_{total}}{10} \right) - \left( \log_{10} \frac{L_{residual}}{10} \right) \quad (9)$$

○ **Fuentes emisoras de ruido (FER)**

Se describe a toda actividad, trabajo o medio que tenga la capacidad de crear emisiones de ruido al medio ambiente, esto incluye al ruido que el ser humano genera y se clasifica De las principales fuentes emisoras de ruido están: fuente natural y fuente artificial [62].

a) **Fuente natural**

La naturaleza sufre cambios, algunos leves y otros drásticos, por lo que se los considera como una fuente natural de ruido, por ejemplo: truenos, erupciones volcánicas, terremotos, entre otros.

b) **Fuente artificial**

En este tipo de fuente, la producción de ruido se genera por las actividades que realiza o desempeña el hombre. Se puede subdividir en las siguientes fuentes:

- **Fuente fija de ruido (FFR)**

Se describe a toda actividad que pueda originar un emisor de ruido que pueda generar

ruido hacia la colectividad que está situadas dentro de los límites físicos y legales de un predio ubicado en un lugar fijo o determinado [62].

Este tipo de fuente de ruido se pueden dar en: lavaderos de carros, centros comerciales, fábricas o industrias, carros o buses, represas, zona rosa etc.

#### - **Fuente Móvil de Ruido (FMR)**

Se define a la fuente móvil como el ruido provocado por todo vehículo motorizado capaz de emitir ruido al ambiente [64].

Este tipo de fuente de ruido se pueden dar por el tráfico provocado por los automotores, habitualmente las FMR se encuentran en la urbe, ciudades, etc.

#### o **Fuentes generadores de ruidos según el uso de suelo**

Se define al uso de suelo como el puesto que se asigna a los predios en concordancia con las actividades que van a ser realizadas en dicho lugar. Los cuales se les puede clasificar de la siguiente manera:

#### - **Zona Residencial**

La zona residencial es aquella cuyo principal objetivo es la vivienda permanente de las personas. Son las áreas destinadas para que las personas realicen sus actividades de descanso en paz y calidez. [65].

#### - **Zona Industrial**

Es aquella zona que tiene por objeto las actividades de elaboración, transformación, tratamiento y manipulación de insumos en general para producir bienes o productos tangibles [40].

En este tipo de área industrial, las personas que trabajan necesitan protección para la

pérdida auditiva para hacer frente a los efectos del ruido que emana del lugar [65].

- **Zona Hospitalaria y Educativa**

Son aquellos en los que el hombre necesita unas condiciones especiales de serenidad y tranquilidad en cualquier momento del día [62].

- **Zona Comercial**

Aquella zona cuyos usos permitidos de la tierra son comerciales, es decir, áreas donde los humanos requieren conversación, y dicha conversación es esencial para el propósito del uso de la tierra [62].

- **Zonas Mixtas**

Aquella zona donde conviven muchos de los usos del suelo previamente definidos. El área residencial mixta incluye principalmente uso residencial, pero en el que se desarrollan actividades comerciales. La zona comercial mixta incluye un uso de suelo predominantemente comercial, pero en el que puede ocurrir la presencia, limitada, de fábricas o talleres. Por zona industrial mixta nos referimos a un área con un uso industrial predominante, pero donde es posible encontrar tanto residencias como actividades comerciales [62].

- **Equipamiento de Servicios Sociales**

Son áreas de actividades generadoras de bienes y servicios, cuyo principal objetivo es satisfacer las necesidades de la ciudadanía en términos de desarrollo social, ejemplo: salud, educación, cultura, bienestar, recreación y deporte, religión, etc [3].

- **Equipamiento de Servicios Públicos**

Estas áreas están predestinadas para la gestión y mantenimiento del territorio nacional así como sus estructuras [3].

## - **Zona Agrícola Residencial**

Corresponde a asentamientos humanos relacionados con la agricultura, ganadería, ganadería, silvicultura, piscicultura, etc [3].

### ○ **Efectos auditivos en las personas**

La pérdida temporal de la audición puede ocurrir cuando una persona está expuesta a ruidos fuertes durante un período prolongado. Sin embargo, si la persona está expuesta a niveles intensos de ruido durante varios años, puede ocurrir una pérdida permanente de audición, lo que resulta en lo que se conoce como sordera. Además, existen otros efectos nocivos sobre la salud de las personas como el estrés, las enfermedades cardiovasculares y gastrointestinales, la pérdida del confort del sueño, entre los más importantes [3].

### ○ **Efectos del ruido sobre el sueño**

Estar expuesto al ruido ambiental es una de las principales causas de la interrupción del sueño, y cuando la interrupción del sueño se vuelve crónica, los resultados son cambios de humor, rendimiento reducido y otros efectos a largo plazo sobre la salud y el bienestar [66]. Además otros efectos también pueden ser:

- Dificultad para conciliar el sueño: insomnio.
- Despertares frecuentes.
- Levantarse demasiado temprano.
- Cambios en las etapas del sueño y su profundidad.

El ruido durante el sueño puede producir:

- Aumentos en la presión arterial y frecuencia cardíaca.
- Vasoconstricción.
- Cambios en la respiración.
- Arritmias cardíacas.

- Mayor movimiento corporal.

Además, al día siguiente puede provocar:

- Fatiga.
- Estado de ánimo deprimido.
- Disminución del rendimiento.
- La contaminación acústica nocturna aumenta la molestia total durante las próximas 24 horas [66].

#### **a) Insomnio**

El insomnio puede verse como un signo de dificultad para dormir debido al ruido.

El insomnio crónico se asocia con alteraciones del comportamiento (fatiga, bajo rendimiento laboral, problemas de memoria, dificultad para concentrarse, accidentes automovilísticos, etc.), psicológicas (depresión, ansiedad, abuso de alcohol y otras sustancias) y médicas (deterioro cardiovascular, obesidad, problemas endocrinos deterioro, dolor, deterioro del sistema inmunológico) [66].

#### **b) Efectos cardiovasculares**

El ruido ambiental tiene efectos temporales y permanentes en los seres humanos y otros mamíferos a través de los sistemas nerviosos endocrino y autónomo. El ruido actúa como un factor de estrés biológico inespecífico, provocando respuestas que preparan al cuerpo para una respuesta de "lucha o huida". Reacciones endocrinas y del sistema nervioso autónomo que afectan al sistema cardiovascular.

Exposición diaria prolongada a niveles de ruido superiores a 65 dB o exposición aguda a niveles de ruido superiores a 80-85 dB [66].



### c) **El estrés**

El estrés es una condición en la que se ve amenazada la homeostasis del cuerpo (capacidad para mantener un estado interno estable). Las amenazas a la homeostasis se conocen como "factores estresantes" y las respuestas del cuerpo para restaurarlos son "respuestas adaptativas" [66].

### d) **Interrupción de la comunicación oral**

La contaminación acústica afecta la capacidad de comprender conversaciones normales y puede conducir a una variedad de discapacidades personales, discapacidades y cambios de comportamiento. Además influyen en la concentración, cansancio, inseguridad, falta de confianza en uno mismo, irritación, malentendidos, capacidad reducida para trabajar, interrupción de las relaciones interpersonales y reacciones de estrés [66].

#### ○ **Instrumentación y equipos de medida acústica**

##### - **Sonómetro**

El sonómetro es un instrumento que se encuentra diseñado para realizar mediciones de los niveles de presión sonora de los ruidos ambientales, en un lugar y tiempo determinado. La mayoría de los sonómetros en la actualidad son portátiles, lo que hace que las mediciones sean mucho más sencillas [3].



**Figura 7.** Sonómetro [67].

En otras palabras, el sonómetro es un instrumento utilizado para medir objetivamente el nivel de presión sonora de un lugar de estudio. Este aparato nos permite identificar el daño auditivo, para ello trabaja empleando una escala de ponderación “A” de forma parecida al oído humano, dejando pasar solo las frecuencias más sensibles, respondiendo al ruido de forma semejante que lo hace éste. Permitiendo obtener mediciones objetivas y reproducibles del nivel de presión. Este equipo consta de un micrófono, una sección de procesamiento y una unidad de lectura.

#### - **Tipos de sonómetros**

Según la precisión que se busque y el uso para el que esté destinado el sonómetro se tienen los siguientes tipos:

- a) Clase 0: Utilizados sobre todo como referencia y son utilizados en laboratorios.
- b) Clase 1: Se utilizan para mediciones precisas en el terreno.
- c) Clase 2: Se utilizan para mediciones generales de campo
- d) Clase 3: Utilizados para reconocimientos y mediciones aproximadas [53].

#### - **Dosímetro**

Utiliza un micrófono y una serie de circuitos medidores de presión sonora. Es un monitor que permite conocer la cantidad de ruido en porcentaje (%) de un determinado lugar. Este instrumento sirve para medir tanto ruidos de fuentes fijas como móviles.



**Figura 8.** Dosímetro [67].

○ **La incertidumbre de la medición de ruido**

El resultado de la medición de cualquier magnitud física, como es el ruido, debe ir acompañado de una indicación de la calidad de dicho resultado, de manera que quienes manejen ese dato puedan evaluar la idoneidad del mismo. Sin esta indicación, que es precisamente la incertidumbre, las mediciones no podrían compararse entre sí ni con valores de referencia. La incertidumbre de medida se define como el parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando (siendo el mensurando la magnitud particular objeto de la medición).

○ **Determinación de la incertidumbre**

$$U_{\text{medida}} = \sqrt{I^2 + X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (10)$$

Donde:

I: Debido a la instrumentación (dB). Se debe dar un valor de 1 o 2 según el tipo de instrumento (tipo 1 o tipo 2).

X: Condiciones de operación (dB). Desviación promedio determinada a partir de las mediciones realizadas en condiciones de repetibilidad.

Y: Condiciones ambientales (dB). El valor depende de la distancia de medición y las condiciones meteorológicas que prevalecen.

Z: Ruido residual (dB). El valor varía dependiendo de la diferencia entre los valores totales medidos y el sonido residual.

○ **Niveles máximos de emisión de ruido (L<sub>Keq</sub>) para fuentes fijas de ruido.**

**Tabla 2.** Niveles máximos de emisión de ruido para FFR [63].

NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR		
USO DE SUELO	L <sub>Keq</sub> (dB)	
	Periodo Diurno	Periodo Nocturno

	07:01 hasta 21:00 horas	21:01 hasta 07:00 horas
<b>Residencial</b>	55	45
<b>Equipamiento de servicios Sociales (EQ1)</b>	55	45
<b>Equipamiento de servicios públicos (EQ2)</b>	60	50
<b>Comercial (CM)</b>	60	50
<b>Agrícola Residencial (AR)</b>	65	45
<b>Industrial (D1/D2)</b>	65	55
<b>Industrial (D3/D4)</b>	70	65
<b>Uso múltiple</b>	Cuando existan usos de suelo múltiple o combinados se utilizara el Lkeq más bajo de cualquiera de los usos de suelos que componen la combinación Ejemplo: Uso de suelo: Residencial + ID2 Lkeq para este caso = Diurno 55 dB y Nocturno 45 dB.	
<b>Protección ecológica (PE) Recursos Naturales</b>	La determinación de Lkeq para estos casos se los llevara a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en la normativa.	

### ○ **Vibración**

La definición que tiene la norma ISO 2041: 2009 acerca de la vibración es: “La Oscilación mecánica sobre un punto de equilibrio”. Dichas oscilaciones llegan a ser aleatorias o periódicas [68]. Asimismo se expresa que un cuerpo oscila cuando tiene cambios alternativos, afectando el punto de equilibrio, pero sin cambiar de sitio. Con lo que se puede decir que es el movimiento que oscila en un cuerpo dependiendo de su punto de equilibrio, el cual se realiza mediante una fuerza de excitación [69].

### ○ **Vibraciones de equipos**

Es el movimiento de vaivén que sufre una máquina o una sección de ella en cualquier

sentido a partir de su punto de equilibrio, el cual con el pasar del tiempo puede dañar un elemento o la máquina completa dependiendo de su frecuencia, velocidad y energía de impulso [70].

#### ○ **Vibraciones mecánicas**

Son movimientos oscilatorios que se generan mediante la acción de un cuerpo vibrante. Dicho de otra manera, es una manifestación de la energía que mediante los movimientos oscilatorios transmiten a partir de un foco de origen a través de un medio físico cualquiera [71].

Una definición alternativa de vibración es el intercambio de energía cinética que se da en cuerpos rígidos alrededor de su posición de equilibrio, sin producirse desplazamiento alguno, y que puede darse de dos formas [70].

- Vibraciones del cuerpo completo.
- Vibraciones mano-brazo.

#### ○ **Medición de la exposición humana a las Vibraciones Cuerpo Entero (VCE)**

A las vibraciones del cuerpo entero (VCE) se denominan los efectos de las pulsaciones/vibraciones sobre la posición en la que se encuentre la persona ya sea sentado, acostado o de pie. Aquí todo el cuerpo está expuesto a las vibraciones [72].

Las vibraciones se analizan de acuerdo a su amplitud, periodicidad, trayectoria y exposición. En general la amplitud se la expresa mediante valores de aceleración ( $m/s^2$ ) para ciertas bandas de frecuencia. Las Normas ISO para vibraciones en personas toman como parámetro de medida la aceleración [72].

Para la medición de las vibraciones lo que se debe tomar en cuenta es la aceleración, la velocidad o el desplazamiento que se genera en la vibración, para esta medida el parámetro más usado, asimismo es el parámetro que aparece en las normas de regulación sobre la exposición a vibraciones [73].

En la Norma ISO 2631 y la NTP 784 se habla primordialmente de las vibraciones que se transmiten hacia el cuerpo dependiendo de la superficie en la que se encuentre apoyado, que puede ser pies o pelvis. Cuyas frecuencias van de 1 a 80 Hz en superficies sólidas [74].

Las vibraciones pueden ser estudiadas dependiendo los parámetros, como por ejemplo el desplazamiento pues al haber un fenómeno vibratorio este se desplaza de su posición estacionaria. Al generarse un movimiento, de la misma manera puede utilizarse la velocidad y aceleración como parámetros a estudiar. Según la Norma ISO 2631 el parámetro la aceleración es eminentemente trascendente para realizar una medición vibratoria en el cuerpo humano [74].

Las cuales se expresan en:

- Desplazamiento (m)
- Velocidad (m/s)
- Aceleración ( $m/s^2$ )

Para evaluar una vibración continua la mejor forma es través de la aceleración ponderada de frecuencias, por lo que es imprescindible aplicar el indicador adecuado (valor rms) [74].

#### ○ **Vibraciones Mano-Brazo**

Como su nombre lo indica Son las vibraciones que se transmiten a través del sistema mano-brazo del trabajador, cuyo origen es el manejo de máquinas-herramientas generadoras de vibraciones. Se da por la transmisión de energía mecánica a las extremidades superiores de los trabajadores en un rango de frecuencias que van desde los 8 hasta 1600 Hz [71].

Los mayores afectados por este tipo de vibraciones son las industrias del sector forestal, el sector de la construcción y el sector industrial, puesto que es en este tipo de actividades donde más se hace el uso de maquinaria manual y herramientas de

percusión. Los valores límites de exposición diaria normalizado para un periodo de 8 horas (A (8)) en  $5 \text{ m/ s}^2$ , y el valor de A (8) que da lugar a una acción en  $2,5 \text{ m/ s}^2$ .

#### ○ **Características de una vibración**

Se entiende por vibraciones cualquier movimiento oscilante que efectúa una partícula alrededor de un punto fijo. Este movimiento puede ser regular o aleatorio en dirección, frecuencia y/o intensidad. Son más habituales aquellas vibraciones aleatorias.

Los efectos que pueden provocarse por la exposición a vibraciones en el cuerpo humano dependen de las siguientes particularidades [75].

- Magnitud de la vibración
- Frecuencia
- Dirección en que incide en el cuerpo
- Tiempo de exposición

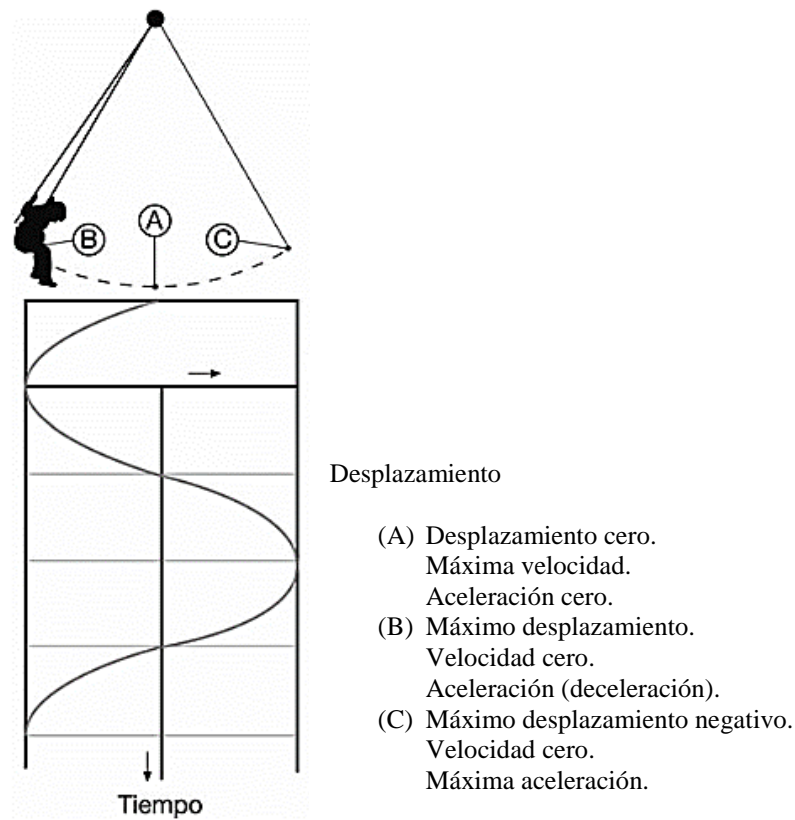
La magnitud con la que cuenta la vibración y su frecuencia de duración, proporcionan una idea de la cantidad de energía que se transmite por la vibración [75].

La magnitud se puede medir en función del desplazamiento que se origina por la vibración. De la misma manera al tratarse de un movimiento puede medirse en términos de la velocidad o la aceleración producidas. De las tres posibilidades es más conveniente utilizar la aceleración producida ya que, los instrumentos como, los acelerómetros piezoeléctricos muestran significativas ventajas (fiabilidad, tamaño, etc.) ante otros tipos de instrumentos transductores [75].

La frecuencia al igual que en el ruido se indica por el número de veces que vibra por segundo y cuya medida se la realiza en hercios (Hz) [75].

La dirección de la vibración que incide en el cuerpo interesa fijarla en relación a unos ejes ortogonales ligados al cuerpo humano y no a referencias espaciales como es habitual [75].

Como se observa en la figura 6: Un ciclo completo comprende desde que comienza a moverse en B hasta que regresa al mismo sitio donde empezó, viajando por A y C.



**Figura 9.** Ejemplo de una oscilación [10].

La figura 9, muestra cuantas veces el balancín regresa a B en un determinado tiempo.

El desplazamiento que hace el balancín al moverse por A y C se llama amplitud de onda y se expresa en la unidad de medida metro. Además la intensidad de este movimiento se lo puede medir en otras magnitudes como son: mediante magnitudes de velocidad (m/s) o ( $m/s^2$ ).

Para las vibraciones se emplea normalmente la aceleración ( $m/s^2$ ), pero en ocasiones se puede usar una escala logarítmica. De no ser en parámetros de aceleración la unidad de medida es el decibelio (dB), al igual que ocurre con el ruido.

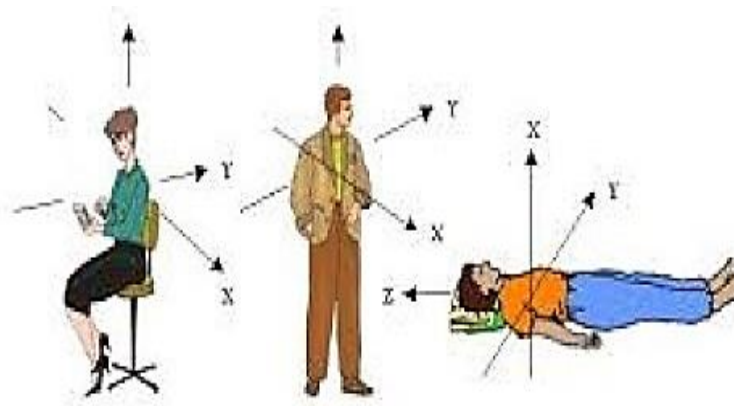
La vibración puede ser de manera unidireccional y en una sola frecuencia o, en varias direcciones y frecuencias, lo que es más usual. Por lo que es necesario conocer la dirección de las vibraciones según los ejes de medición [10].



### ○ Ejes de medición

Dependiendo de la posición de evaluación indicada ya sea cuerpo entero o mano brazo, la evaluación debe realizarse en el punto de apoyo del cuerpo con la superficie que vibra. La evaluación se realiza de acuerdo los ejes basicéntricos cuyas características son las siguientes [76]:

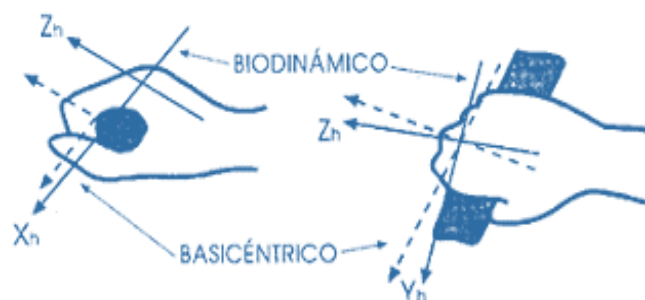
### ○ Ejes para vibraciones cuerpo entero



**Figura 10.** Ejes referenciales para la medición de vibraciones cuerpo entero [76].

- Eje x: Dirección espalda – pecho. Sentido positivo: hacia el frente
- Eje y: Dirección hombro – hombro. Sentido positivo: hacia hombro izquierdo
- Eje z: Dirección pies – cabeza. Sentido positivo: hacia la cabeza [75].

### ○ Ejes para vibraciones mano-brazo



**Figura 11.** Ejes referenciales para la medición de vibraciones mano-brazo [75].

- Eje z: Dirección del eje longitudinal del 3er hueso metacarpiano. Sentido positivo: hacia la extremidad distal del dedo.
- Eje x: Dirección dorso - palma. Sentido positivo: hacia la palma
- Eje y: Dirección perpendicular a los otros dos. Sentido positivo: hacia el pulgar [75].

○ **Resonancia**

Fenómeno que se origina cuando a un cuerpo que se encuentra vibrando se le aplica una fuerza periódica cuyo periodo de vibración coincide con el del cuerpo humano, de esta forma se aumenta la amplitud de la vibración. A lo que se define como frecuencia de resonancia. A la frecuencia de resonancia hay que tenerla en cuenta para diseñar un lugar de trabajo ya que el cuerpo humano se comporta como una estructura física, cuya estructura es capaz de amortiguar las vibraciones; pero también en unas bandas de frecuencia determinadas, puede vibrar aumentando de forma progresiva la amplitud del movimiento [10].

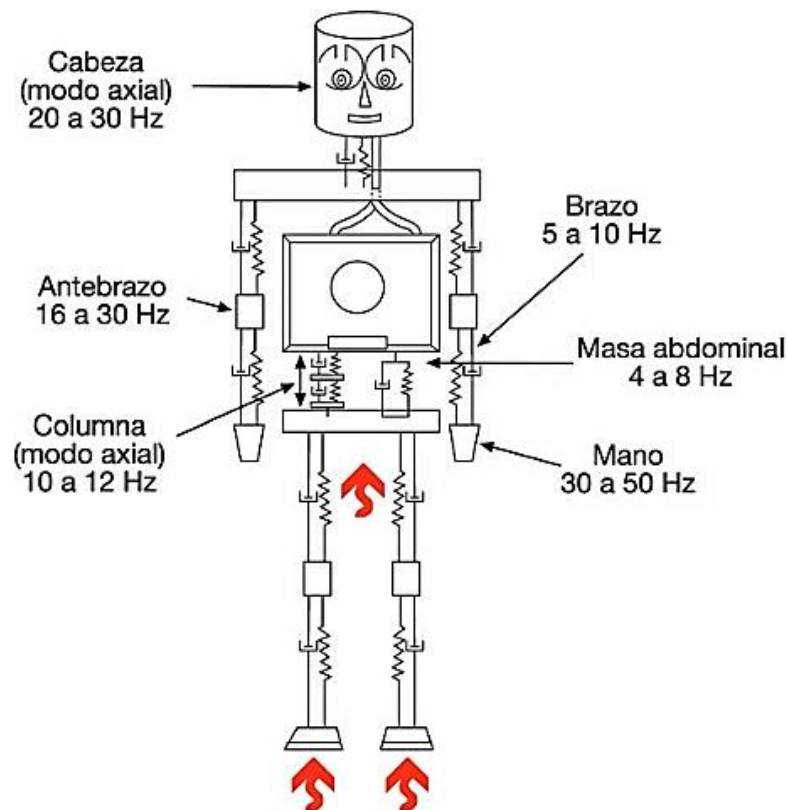


Figura 12. Estructura mecánica del cuerpo humano [10].

Como el cuerpo humano no es asimétrico su respuesta a las vibraciones se verá afectada por la dirección de entrada de las mismas.

○ **Efectos psicofisiológicos, subjetivos y en el rendimiento de las vibraciones**

Los efectos que causan las vibraciones dependen de la intensidad y frecuencia a la que el cuerpo este expuesto.

- **Efectos Psicofisiológicos**

**Vibraciones mano-brazo:**

Los efectos adversos también van a depender entre otros factores de la presión de agarre, de la fuerza estática aplicada, de la postura de la extremidad superior, así como del tiempo de exposición y de recuperación. Los trastornos podrán ser:

- Trastornos vasculares: De los trastornos vasculares al que más se lo conoce es el denominado fenómeno de Raynaud. Este fenómeno consiste en una obstrucción temporal de la circulación sanguínea a los dedos, provocando una sensación de palidez o dedo blanco, causando que la destreza de los dedos y su sensibilidad no sea la misma y que en casos más graves incluso pueden producir ulceración y gangrena.
- Trastornos neurológicos: causa hormigueo y entumecimiento en los dedos y en la mano. De estar expuesto a tiempos prolongados puede aparecer el síndrome del túnel carpiano.
- Trastornos osteoarticulares: se evidencia un aumento de lesiones en huesos y en articulaciones, como por ejemplo la artrosis de muñeca y codo al estar expuesto a vibraciones de baja frecuencia.
- Trastornos musculares: se puede llegar a tener agotamiento muscular y dolencias en mano y brazos, dando lugar a una reducción de la fuerza de agarre. Además se puede enfermar de tendinitis y tenosinovitis en las extremidades superiores.

- Otros trastornos: puede haber pérdida auditiva, pero no está claro si se encuentra asociado al ruido que conllevan vibraciones o propiamente de las vibraciones [10].

### **Vibraciones de cuerpo entero**

Para los efectos que pueden producir las vibraciones de cuerpo entero se debe diferenciar entre los efectos agudos y los efectos a largo plazo que éstos pudieran causar.

#### **Con relación a los efectos agudos:**

- Trastornos respiratorios: puede causar hiperventilación, posiblemente causada por la influencia mecánica de las vibraciones en el diafragma y el pecho.
- Trastornos musculoesqueléticos: en algunos estudios realizados sobre los Trastornos musculoesqueléticos causados por la exposición a vibraciones han encontrado que la vibración activa algunos músculos. Esta activación crea movimientos musculares pasivos e involuntarios.
- Trastornos sensoriales: estar expuesto a vibraciones de gran amplitud provocan el mareo inducido por el movimiento.
- Otros efectos: dentro de los efectos agudos que puede ocurrir por la exposición a vibraciones tenemos al aumento de la frecuencia cardíaca, presión arterial y consumo de oxígeno. Además se ha identificado cambios en algunas hormonas como las catecolaminas y los adrenocorticotropos [10].

#### **Con relación a los efectos a largo plazo**

- Efectos sobre el sistema musculoesquelético: cuando las vibraciones se prolongan en el tiempo, las alteraciones de la columna vertebral pueden ser patológicas. Pueden producir una alta incidencia de cambios degenerativos y desviaciones de curvatura, principalmente en la región lumbar. Es un factor que aumenta la

posibilidad de tener artrosis de las articulaciones.

- Efectos sobre el sistema nervioso: las principales alteraciones por las vibraciones se producen en exposiciones superiores a 20 Hz. Generalmente son inespecíficas, como dolor de cabeza, irritabilidad, etc. En ocasiones pueden producir alteraciones en las estructuras corticales y subcorticales, alterando el riego sanguíneo al cerebro.
- Efectos sobre el sistema coclear-vestibular: puede provocar una mayor incidencia de trastornos vestibulares, como mareos. La pérdida de audición inducida por ruido puede aumentar.
- Efectos sobre el sistema circulatorio: existen diversos trastornos circulatorios ligados a las vibraciones en el sistema circulatorio. Los cuales se dividen en cuatro grupos principales: trastornos periféricos; varices de miembros inferiores, hemorroides y varicocele; trastornos isquémicos e hipertensión; y alteraciones neurovasculares.
- Efectos sobre el sistema digestivo: las vibraciones pueden incrementar la incidencia de enfermedades del aparato digestivo: úlceras gástricas y duodenales, gastritis, apendicitis, colitis.
- Efectos sobre el sistema reproductor femenino, el embarazo y el sistema genitourinario masculino: Las mujeres tienen un mayor riesgo de sufrir cambios: trastornos menstruales, amenaza de aborto y otras complicaciones del embarazo; se encontró una mayor incidencia de prostatitis en los hombres [10].

#### - **Efectos Subjetivos**

Estar expuesto a vibraciones, inclusive por debajo de los límites expuestos en normativas, puede causar molestias o molestias a los trabajadores.

La apreciación subjetiva de la exposición a vibraciones está influenciada por

parámetros físicos como la intensidad y la frecuencia.

- **Intensidad:** en la mayoría de los estudios sobre vibraciones asocian el aumento de los efectos subjetivos con el aumento lineal de la intensidad, aunque algunos estudios indican que esta relación lineal no se ha establecido del todo.
- **Frecuencia:** hay estudios que mencionan que en el caso de las exposiciones de cuerpo entero, la máxima sensibilidad a las vibraciones se da en el rango de 1 a 80 Hz y en el caso mano-brazo, en el de 81.000 Hz, sin embargo hay estudios contradictorios.

En el caso de las exposiciones de cuerpo entero, las exposiciones por debajo de 1 Hz pueden causar "mareo por movimiento" [10].

- **Efectos sobre el rendimiento**

Estar expuesto a vibraciones puede provocar movimientos corporales involuntarios. Un ejemplo de esto es una actividad visual prolongada con exposición a vibraciones, las vibraciones dan lugar a un movimiento relativo entre los ojos y el punto focal. A veces puede causar problemas de visión y esto, a su vez, afecta el rendimiento. El rango de frecuencia crítico para el daño visual está entre 2 y 20 Hz [10].

- **Evaluación desde el punto de vista ergonómico de las vibraciones hacia el confort, percepción y mareo producido por el movimiento**

En la actualidad todavía no hay un consenso sobre la adopción de una metodología única para evaluar la exposición a vibraciones desde un punto de vista ergonómico. Se utilizan diferentes métodos objetivos y subjetivos que se relacionan entre sí. Los métodos objetivos incluyen: fisiológicos (EMGs, etc.); físico (medición de la aceleración de la vibración, impedancia, transferibilidad, etc.); biomecánica (relacionado con la postura, etc.).

Asimismo se usan métodos subjetivos; Observaciones, cuestionarios, escalas de

valoración, encuestas, etc., con las que se puede valorar la incomodidad [77].

- **Evaluación del riesgo por exposición a vibraciones en ergonomía**

### **Evaluación de riesgos**

Para la evaluación de los riesgos producidos por las vibraciones el primer paso es identificar las fuentes de vibración. En este punto, se debe hacer una distinción entre las vibraciones de la mano y el brazo y las vibraciones de todo el cuerpo.

Además es necesario conocer las características de las fuentes: fuentes externas, equipos de trabajo, transmisión a través del edificio, como se observa en la figura 10.



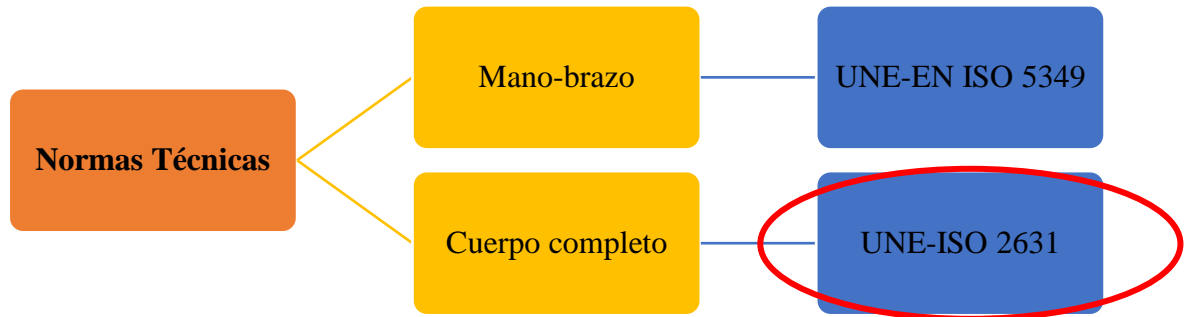
**Figura 13.** Situaciones en las que se muestran las características de las fuentes de riesgo [10].

Asimismo, se deben conocer las características del individuo es estudio (como: edad, sexo, condiciones de salud que padece) y las características del entorno (temperatura, humedad, factores que puedan interferir en la medición, etc.).

- **Normas Técnicas**

La normativa técnica UNE-EN ISO 5349 tiene como objetivo evaluar las vibraciones

mano-brazo, mientras que la normativa UNE-ISO 2631 está dirigida a las vibraciones de todo el cuerpo (Figura 11).



**Figura 14.** Normativas a tener en cuenta para las mediciones de vibraciones.

Mencionadas dichas normativas para el presente estudio se utilizará la ISO 2631.

Normativa ISO 2631: Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de todo el cuerpo la cual consta de dos partes.

El primero establece los requisitos generales para evaluar la exposición a vibraciones de todo el cuerpo, distinguiéndose tres tipos de efectos: sobre la salud, sobre el bienestar y la percepción, y sobre los males del movimiento.

La segunda parte de la norma trata de las vibraciones en los edificios, la cual tiene en cuenta las frecuencias entre 1 Hz y 80 Hz que es probable que produzcan este tipo de efecto. Esta regla se realiza desde el punto de vista de la comodidad y el malestar por parte de los ocupantes. Define un método de medición y evaluación, incluida la determinación de la dirección y ubicación de la medición [10].

#### ○ **Instrumentos de medición**

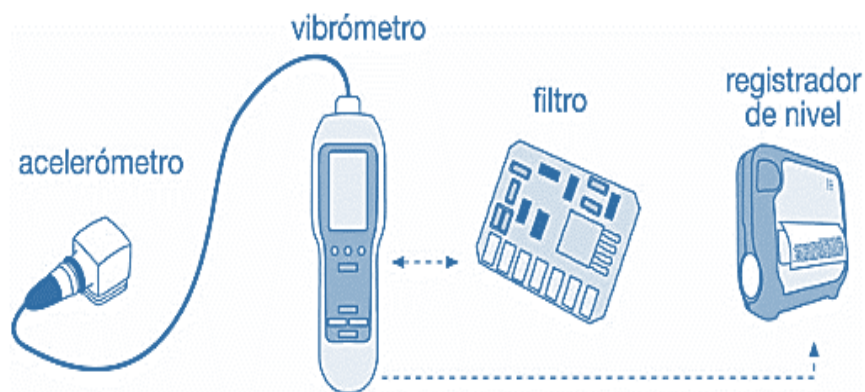
El vibrómetro es el instrumento que sirve para realizar las mediciones de las vibraciones. De la misma manera que sucede con las mediciones de ruido, se necesitan una serie de filtros de ponderación que sean capaces de realizar las mediciones de aceleraciones complejas y transformarlas en un valor.





**Figura 15.** Vibrómetro con sus accesorios necesarios para la medición [10].

El acelerómetro correspondería a la utilización de un micrófono en las mediciones de ruido. Se lo debe ubicar en la zona de contacto del cuerpo con el elemento que transmita las vibraciones [10].



**Figura 16.** Esquema de la utilización del vibrómetro y el acelerómetro para la medición de vibraciones [10].

Dependiendo del modelo del vibrómetro hay unos que realizan las mediciones en los tres ejes ortogonales; pero además hay vibrómetros que no, para este caso se deberán realizar tres mediciones consecutivas en cada eje [10].

○ **Niveles Permisibles de Exposición a Vibraciones**

**Tabla 3.** Criterios para la evaluación de la exposición de las vibraciones sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento (ISO 2631-1:1997) [75].

<b>Evaluación de los efectos debidos a la exposición a vibraciones</b>	<b>Valores de aW (según ISO 2631-1:1997)</b>
<b>Confort</b> <b>(0,5 a 80 Hz)</b>	$aw < 0,315 \text{ m/s}^2$ no molesto $0,315 < aw < 0,63 \text{ m/s}^2$ ligeramente molesto $0,5 < aw < 1 \text{ m/s}^2$ bastante molesto $0,8 < aw < 1,6 \text{ m/s}^2$ molesto $1,25 < aw < 2,5 \text{ m/s}^2$ muy molesto $aw > 2,5 \text{ m/s}^2$ extremadamente molesto
<b>Percepción</b> <b>(0,5 a 80 Hz)</b>	$0.015 \text{ m/s}^2$ $(0,01 - 0,02) \text{ m/s}^2$
<b>Mareo producido por el movimiento</b> <b>(0,1 a 0,5 Hz)</b>	$0,5 \text{ m/s}$

○ **Marco legal**

- **Constitución de la República del Ecuador en su Art. 14 establece que:**

Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que avale la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados [78].

Que, el numeral 5 del artículo 3 de la Constitución de la República del Ecuador establece como un deber del Estado, planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al Buen Vivir

- **Ley de Gestión ambiental, publicada en el Registro Oficial No. 418 del 10 de septiembre del 2004.**

Art 1. Establece los principios y las directrices de políticas ambientales que determinan las responsabilidades, obligaciones y niveles de participación de los sectores públicos y privados en la gestión ambiental y señala los límites permisibles de controles y sanciones en la materia [79].

Art 2. La gestión ambiental se sujeta a principios de corresponsabilidad, solidaridad, cooperación, coordinación, reciclaje, y reutilización de los desechos, utilización de tecnologías amigables y sustentables con el medio ambiente respecto a las culturas y prácticas tradicionales [79].

Art. 18.- El Plan Ambiental Ecuatoriano, será el instrumento técnico de gestión que promoverá la conservación, protección y manejo ambiental; y contendrá los objetivos específicos, programas, acciones a desarrollar, contenidos mínimos y mecanismos de financiación así como los procedimientos de revisión y auditoría [79].

Que, en el artículo 33 de la Ley de Gestión Ambiental se establecen como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento;

- **Anexo V Niveles máximo de emisión de ruido y metodología de medición para fuente fija y fuentes móviles, niveles máximos de vibración y metodología de medición.**
- **La NTP 1996-1; 2007, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental.**

Parte 1: índices básicos y procedimiento de evaluación.

- **La NTP 1996-2:2018**, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.
- **ISO 2361**: Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero.
- **La NTP 784**:Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

- Evaluar el ruido ambiental y vibraciones existentes en la empresa Master Metal y su incidencia con los predios colindantes.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar las fuentes de ruido ambiental y vibraciones y los lugares de mayor afectación de riesgos producidos por éstos al ambiente alrededor de la carrocería.
- Medir los niveles de ruido ambiental y vibraciones en las locaciones determinadas como de riesgos producidos por la empresa carrocera Master Metal.
- Determinar si los niveles de exposición al ruido ambiental, y vibraciones que se producen por la empresa Master Metal se encuentran dentro de la normativa legal vigente.
- Proponer medidas de control, protección y aseguramiento para las fuentes emisoras de ruido ambiental y las vibraciones generados por la empresa Master Metal.

## **CAPITULO II.- METODOLOGÍA**

### **2.1 Enfoque de la investigación**

La presente investigación es de carácter cuantitativo debido a que se enfocó en una investigación sobre los factores de riesgo (ruido ambiental y vibraciones), y como pueden repercutir en la salud de los operarios y moradores ubicados en áreas aledañas a la empresa, y si fuese el caso buscar soluciones al problema encontrado; se realizó una observación directa con la finalidad de obtener las características actuales de la situación de la empresa y contrastarlos con conocimientos científicos y técnicos. Además se emplearon técnicas e instrumentos de medición los cuales fueron de ayuda para la determinación de los niveles de ruido ambiental y vibraciones que genera la empresa, además se comprobó si los valores encontrados durante las mediciones están dentro de la normativa legal vigente, mejorando el buen vivir de la comunidad con la empresa.

### **2.2 Métodos y Materiales**

#### **2.2.1 Modalidades de investigación**

El presente tema de investigación es de tipo aplicado y dentro de las modalidades o tipos de investigación empleadas fueron: investigación bibliográfica – documental y de campo, las cuales ayudaron a dar cumplimiento a los objetivos planteados.

##### **○ Investigación Aplicada**

Este tipo de investigación permitió hacer uso de los conocimientos obtenidos a lo largo del proceso académico de la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización los cuales brindan la capacidad para resolver un problema, para ello se empleó diversas técnicas como la identificación, estimación y valoración de los riesgos producidos por el ruido ambiental y vibraciones que puedan afectar al Buen Vivir de las personas cercanas a un lugar de trabajo, para poder culminar con los objetivos planteados y así poder garantizar que la empresa Master Metal cumpla con

los requerimientos establecidos por la ley.

- **Investigación descriptiva**

Este tipo de investigación realiza un informe detallado sobre el fenómeno de estudio y sus características, por lo que para el presente estudio se desea tener una información clara sobre cuál es la situación con respecto al ruido y vibraciones ambientales.

- **Investigación Bibliográfica – Documental**

La investigación utilizó dicha modalidad ya que es una técnica textual la cual recoge ideas necesarias de los autores originales, para su ejecución se usaron fuentes de información teórica de documentos válidos y confiables como libros, revistas, artículos científicos, publicaciones realizadas anteriormente (tesis, paper de ruido ambiental y de vibraciones), internet y otras, lo que respalda el criterio obtenido sobre el tema a tratar. Dichos documentos permitieron recoger la fundamentación básica para desarrollo de la investigación.

- **Investigación de Campo**

El estudio estuvo sujeto a esta modalidad de investigación debido a que se realizó en las instalaciones de la empresa Master Metal lugar donde se originan los hechos, además de una de las edificaciones colindantes a la empresa, dicha vivienda se encuentra ubicada al lado derecho de la empresa, su estructura es de una sola planta y cuyos dueños impusieron una demanda al municipio de la ciudad de Ambato en contra de la empresa alegando que el trabajo realizado por la maquinaria para realizar las carrocías causan discomfort en las personas que habitan dicha propiedad, logrando estar en contacto directo con el ambiente en el que se realizó el presente estudio y así poder recabar la información necesaria acorde a la realidad de la actividad que se realiza, satisfaciendo los objetivos del proyecto.

### 2.2.2 Población

Como la población no supera los 100 elementos, la presente investigación no requirió la obtención de una muestra significativa a partir de la población, esto debido a que el universo demográfico en el que se trabajó es de aproximadamente 21 personas entre personal operativo, administrativo y personas aledañas a la empresa Master Metal, por lo que se procedió a ocupar todo el universo para la investigación. Además que al ser una investigación de ruido y vibraciones ambientales se toma en cuenta a la población afectada fuera de las instalaciones de la empresa Master Metal, para lo cual se anexa un mapa referencial (figura )

**Tabla 4.** Distribución del universo a estudiar.

<b>Distribución del universo en estudio</b>	
Gerente de la empresa	1
Trabajadores	5
Casa 1	6
Casa 2	9

### 2.2.3 Recolección de la información

Para la recolección de la información se aplicó técnicas como: observación cuyo instrumento fue la lista de chequeo, entrevista la cual se realizó mediante su instrumento llamado guía de entrevista, encuesta cuyo instrumento fue un cuestionario estructurado, por último se realizó una medición mediante el uso de instrumentos aptos para cada riesgo analizado. Para el ruido ambiental se hizo necesario el uso de un sonómetro integrador clase 2 con protocolos de medición con la ayuda de la normativa ISO 1996-2-2017 y el A.M. 097-A, TULSMA LIBRO VI, anexo 5. Niveles máximos de emisión de ruido y metodología de medición para fuentes fijas y fuentes móviles máximos de vibración y metodología de medición. Para las vibraciones se utilizó un vibrómetro triaxial basado en la norma ISO 2631 1 Parte 2. 2003.

**Tabla 5.** Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

<b>Técnica</b>	<b>Herramienta / Instrumento</b>	<b>Actividad</b>
<b>Investigación bibliográfica/documental</b>	Exploradores web, Base de datos, repositorios (fuentes secundarias).	Se recabó información respecto a teoría relacionada a ruido ambiental y vibraciones.
<b>Observación directa</b>	Lista de chequeo	Se puso atención a través de todos los sentidos, con la finalidad de recoger datos para su análisis e interpretación, permitiendo llegar a conclusiones y toma de decisiones para una correcta evaluación del ruido ambiental y las vibraciones, la cual se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa Master Metal y una de las casas que se encuentran colindando con la misma, como lo indica la figura 19.
<b>Entrevista</b>	Guía de entrevista. Entrevista abierta	Se pudo conocer la situación actual en la que se encuentra la empresa y los predios colindantes a la empresa (figura 19). Misma que se realizó a los dueños de las instalaciones implicadas en el estudio.
<b>Encuesta de profundidad</b>	Cuestionario estructurado	Se recabó información relevante sobre antecedentes de ruido ambiental y de vibraciones que tiene la empresa, y así determinar cuáles son los PCA y las fuentes emisoras de ruido ambiental. Además se detectó el lugar en que los niveles de vibraciones generan discomfort a las personas que realizan la



		demanda. Esta técnica fue aplicada a todo el universo en estudio.
--	--	---

- **Medición de parámetros de ruido ambiental y vibraciones:** Se realizó en las instalaciones de la empresa, además de una de las casas representativas que colindan con la misma (figura 19) la cual ha sido detectada como crítica, usando para las mediciones los siguientes instrumentos.

**Tabla 6.** Instrumentos de medición.

Riesgo Analizado	Instrumento	Modelo	Norma
<b>Ruido Ambiental</b>	Sonómetro integrador clase 2 con protocolos de medición	LCGEI-0091	- PE-AL-57 ISO 1996-2-2017. - A.M. 097-A, TULSMA LIBRO VI, anexo 5. Niveles máximos de emisión de ruido y metodología de medición para fuentes fijas y fuentes móviles máximos de vibración y metodología de medición [62].
<b>Vibraciones</b>	Vibrómetro triaxial	CASELLA CEL-960	ISO 2631 1 Parte 2. 2003

#### 2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

El plan de procesamiento y análisis de datos se sujetó a las siguientes consideraciones:

- Revisar la información general obtenida.
- Analizar la información con la cual se logró plantear estrategias o mejoras en

la solución del problema planteado.

- Interpretar los resultados recolectados los cuales ayudaron a proponer una solución a la problemática en caso de detectarse que los niveles sobrepasen los valores establecidos en la Normativa para ruido ambiental (PE-AL-57 ISO 1996-2-2017 y el anexo 5 del libro del TULSMA) y para vibraciones (ISO 2361).

Para esta apartado se hizo el uso de softwares, los cuales se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Matriz para el procesamiento y análisis de datos.

<b>Herramientas</b>	<b>Descripción</b>
<b>Microsoft Word</b>	Este software permitió la elaboración del informe final
<b>Microsoft Excel</b>	Software que ayudó con el procesamiento de los datos obtenidos por la entrevista y encuesta realizadas, además de realizar gráficos estadísticos de los mismos.
<b>Microsoft Visio</b>	Software que se utilizó para indicar la información en diagramas de flujo.
<b>AutoCAD</b>	Software que permitió realizar planos de en 2d de la empresa y sus predios colindantes.

### 2.2.5 Introducción de datos, análisis estadístico y discusión de resultados

**Tabla 8.** Matriz de análisis y discusión de resultados

<b>Método/ Técnica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Estadístico</b>	La información recabada en la aplicación de entrevistas y

	encuestas se procesó mediante técnicas estadísticas descriptivas utilizando el software Microsoft Excel 2010. La metodología estadística empleada en este software fue sumatorias, continuando con la elaboración de diagramas de pasteles haciendo uso de herramientas estadísticas de tal forma que puedan ser analizadas e interpretadas sin inconvenientes.
<b>Cualitativo</b>	Técnica de observación que se empleó para la recopilación de datos no numéricos obtenidos a través de un enfoque descriptivo. Además del uso de encuestas con las cuales se compararon las características primordiales de las variables (ruido ambiental y vibraciones) establecidas durante el estudio con respecto a otras investigaciones.
<b>Cuantitativo</b>	Técnica que fue usada para analizar, comparar y presentar la información obtenida a través de las metodologías para evaluar los niveles de riesgo producidos por el ruido ambiental y las vibraciones para lo cual se emplearon gráficas con porcentajes que muestran el discomfort con relación a las variables en estudio.

### 2.3 Método aplicado

A continuación se detallada el proceso que se realizó para el análisis, medición y valoración del ruido ambiental y las vibraciones:

- **Herramientas empleadas para la identificación de fuentes de peligro y los puntos críticos de afectación**

Cabe indicar que las herramientas que se mencionan a continuación se utilizaron tanto para el ruido ambiental así como las vibraciones

- **Observación directa**

Esta técnica permitió evidenciar el ruido ambiental y las vibraciones producidas por la ejecución de las tareas realizadas en la empresa Master Metal hacia el ambiente exterior de la misma, así como al ambiente habitable de la casa mencionada en el numeral 2.2.1, y se encuentra visible en la figura 19.

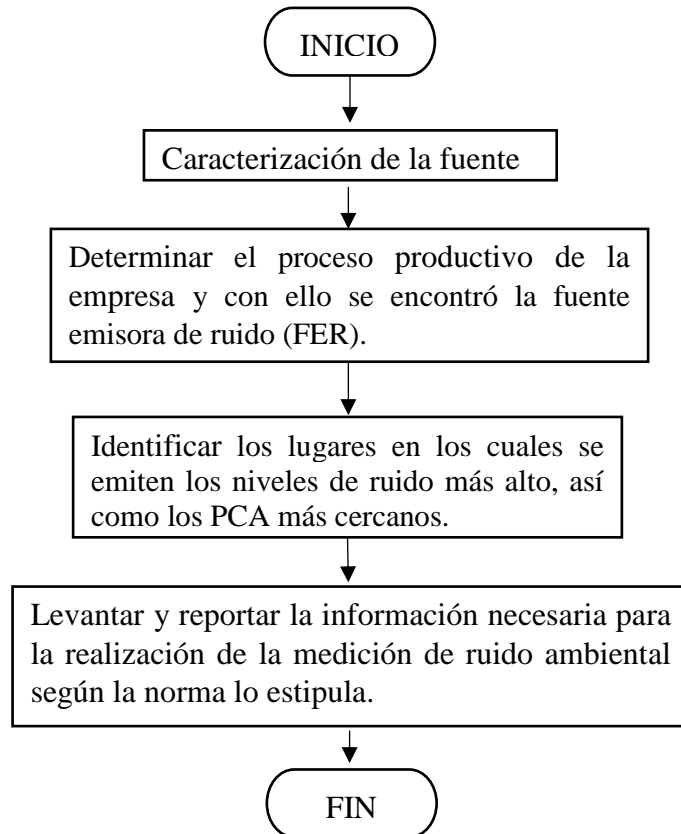
- **Encuestas**

Para la creación de la encuesta final se procedió a la revisión de varios trabajos de investigación cuyo denominador común fue el ruido ambiental y las vibraciones, la presente encuesta consta de 10 preguntas aplicadas a todo el universo en estudio y tuvo el propósito de ayudar a la evaluación de las condiciones en que se encuentran las personas que colindan con el lugar de trabajo, y que conjuntamente con un análisis estadístico apropiado facilitó la determinación de los niveles de exposición al ruido ambiental y vibraciones, logrando determinar si se encuentran dentro de la normativa legal vigente.

### **2.3.1 Ruido ambiental**

○ **Fase 1: Evaluación ambiental en base al ruido**

Para la identificación de las fuentes emisoras de ruido ambiental y los puntos críticos de afectación se siguió el siguiente esquema.



**Figura 17.** Diagrama de flujo para la identificación de fuentes de peligro y los PCA.

○ **Caracterización de la fuente fija de ruido FFR**

Para determinar la fuente fija de ruido fue fundamental conocer su concepto; la fuente fija de ruido se considera a una fuente emisora de ruido o a un conjunto de fuentes emisoras de ruido situadas dentro de los límites físicos y legales de un predio ubicado en un lugar fijo o determinado.

Dicho eso se eligió a la empresa Master Metal como FFR debido a que su maquinaria en funcionamiento (tabla 26) es un conjunto de fuentes emisoras de ruido.

○ **Proceso productivo que se realiza en la empresa Master Metal:**

En la empresa se realizan varias actividades y tareas siendo la fabricación de furgones la más representativa puesto que es la que más demanda tiene por parte de los clientes de la empresa, siendo una actividad válida para la selección de una Estrategia de

medición idónea.

- **Maquinaria y herramientas que generan ruido ambiental:**

Con la ayuda de la técnica de observación directa se aplicó listas de chequeo (Tabla 26. Identificación de las fuentes emisoras de ruido), para la identificación de las características de la maquinaria y las herramientas utilizadas en el proceso productivo de los furgones, determinando así las fuentes emisoras de ruido ambiental las cuales fueron utilizadas en el análisis final del presente estudio.

## **Fase 2: Metodología para la medición del ruido ambiental**

Para la realizar las mediciones de ruido ambiental se utilizó el sonómetro integrador clase 2 marca QUEST serie BHH040003 código LCGEI-0091 y un calibrador de la misma marca, además de definió que la medición tendrá una duración de 5 Repeticiones de 15 segundos cada una. Según A.M. 097-A, TULSMA LIBRO VI, anexo 5. Niveles máximos de emisión de ruido y metodología de medición para fuentes fijas y fuentes móviles máximos de vibración [62] y la normativa ambiental ISO 1996-2-2017 [80].

- **Metodología para la medición, cuantificación y determinación del nivel del ruido para FFR (anexo 7).**

- **Determinación de los puntos de monitoreo**

- El punto crítico de afectación (PCA) determinado fue una de las casas colindantes a la empresa, dicha vivienda se encuentra ubicada al lado derecho de la empresa cuya estructura es de una sola planta (figura 19) y cuyos dueños impusieron una demanda al municipio de la ciudad de Ambato en contra de la empresa alegando que el trabajo realizado por la maquinaria para realizar las carrocerías causan discomfort en las personas que habitan dicha propiedad.
- Se determinó la fuente fija (FFR) a la empresa Master Metal cuando sus máquinas

(tabla 26) se encuentran en funcionamiento por lo que emiten los niveles de presión sonora (NPS) más altos en el perímetro exterior (fuera del lindero) hacia el PCA mostrado en la figura 19 [40].

- **Determinación del número de puntos de medición**

La normativa ambiental vigente en nuestro país (anexo 6) no precisa un número mínimo de puntos de medición, por lo que:

- Para la presente investigación se tomó en cuenta un punto de medición, el cual la vivienda mencionada como PCA.

o **Determinación de los sitios donde se va a realizar la medición del ruido ambiental**

- Como no existe una evaluación ambiental base se procedió a realizar un sondeo del nivel de ruido específico en el perímetro exterior de la fuente fija de ruido (FFR) el cual se determinó que es la empresa Master Metal y el punto crítico de afectación más cercano (PCA) el cual se estableció a la vivienda que se encuentra más cercana a la empresa descrita anteriormente y se definió el punto de medición en base a los criterios que se mencionan en el primer ítem (Determinación del número de puntos de medición) el cual fue la vivienda demandante [40].

o **Consideraciones para el punto de medición.**

Se estableció el punto de medición en consideración con el lugar donde el ruido específico era más alto, por fuera del perímetro, límites físicos, linderos o líneas de fábrica de la fuente fija de ruido. Además se tomó en cuenta la topografía que tiene el medio y la ubicación del PCA.

La medición se ejecutó en el punto establecido y la persona evaluadora tuvo que minimizar el efecto de superficies que reflejen el sonido. Por lo que el estudio se

realizó a una distancia de 3 metros de la empresa. [40].

- **Momentos en los que se llevará a cabo la medición**

La medición se realizó cuando la FFR emitió los NPS más altos para cada punto de evaluación determinado [40], es decir cuando la maquinaria estuvo en funcionamiento.

- **Requisitos que se debe tener en cuenta para los equipos de medición**

Para las mediciones de ruido ambiental se debe utilizar sonómetros integradores clase 1 o clase 2, de acuerdo a la Norma de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 61672-1:2002, o cualquiera que la sustituya. Además se debe utilizar un calibrador acústico que sea apropiado para el sonómetro para verificar el correcto funcionamiento del sonómetro durante las mediciones realizadas [40].

Para la presente investigación se usó un sonómetro integrador clase 2 marca LCGEI-0091 el cual cuenta con su respectiva calibración anexo 7.

- **Condiciones ambientales que se deben tener en cuenta durante la medición**

Las mediciones de ruido ambiental se debieron efectuar en condiciones climáticas óptimas, es decir sin presencia de lluvias, truenos, etc. Como las mediciones no tuvieron viento el micrófono no contó con protección contra viento [40].

- **Ubicación del Sonómetro**

Para realizar la medición el instrumento se lo colocó sobre un trípode a una altura de 1,5 m desde el suelo, direccionando el micrófono hacia la fuente de ruido con una inclinación de 45 a 90 grados, sobre su plano horizontal. Para evitar perturbaciones el operador estuvo a una distancia de 1 metro [40].



- **Ruido Residual en el Momento de la Medición.**

Al momento de la medición, el ruido residual que hubo fue mínimo debido a que se realizó en el interior de una de las casas que colindan con la empresa lo cual contribuyó a que influya de manera mínima en el ruido total, es decir que la contribución del ruido específico de la FFR en el ruido total sea máxima [40].

- **Metodología para determinar los niveles del ruido específico y el Lkeq**

Para la medición del ruido total y residual la normativa en uso contempla dos métodos los cuales pueden ser usados según el operador lo requiera.

- Método de 15 segundos (Leq 15s): En este método se tomarán y reportarán un mínimo de 5 muestras, de 15 segundos cada una.
- Método de 5 segundos (Leq 5s): En este método se tomarán y reportarán un mínimo de 10 muestras, de 5 segundos cada una [40].

Para el presente estudio se utilizó el método de 15 segundos (Leq 15s).

- **Consideraciones para el muestreo**

Se utilizó el mismo método (Leq 15s o Leq 5s) para medir el ruido total y el residual.

- Las muestras se consideraron válidas porque la diferencia entre los valores extremos obtenidos en ella, fue menor o igual a 4 dB.
- Con el fin de validar los niveles de ruido durante las mediciones realizadas y facilitar el análisis y comparación de las muestras, se reportaron: el NPS mínimo (LAmin) y el NPS máximo (LAmax) medidos de cada muestra [40].

- **Protocolo de medición y determinación del nivel de presión sonora continua equivalente corregido (Lkeq)**

- Procedimiento para el cálculo del LKeq para el caso de: Ruido específico sin

características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas (Anexo 3). El cual se utilizó para el presente estudio [40].

○ **Determinación de los niveles de los ruidos específicos ((Le, LIe y LCe))**

El nivel de ruido específico se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Ruido específico} = \text{Ruido Total} - K \quad (11)$$

Dónde: K = corrección por ruido residual, según el caso.

K puede ser: Kr, Kri o Krc (Ver anexos 6). El término de corrección debido a la contribución por ruido residual (K), se lo determinó para todos los casos de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$K = -10 \log (1 - 10^{-0.1\Delta L}) \quad (12)$$

Dónde:

$\Delta L$  = Ruido total promedio – Ruido residual promedio

$\Delta L$  puede ser:  $\Delta L_r = LA_{eq, tp} - LA_{eq, rp}$  ( $\Delta L_r$  se utiliza para calcular Kr)

$\Delta L_c = LC_{eq, tp} - LC_{eq, rp}$  ( $\Delta L_c$  se utiliza para calcular Krc)

$\Delta L_i = LA_{Ieq, tp} - LA_{Ieq, rp}$  ( $\Delta L_i$  se utiliza para calcular Kri)

Para todos los casos, el valor de diferencia de nivel ( $\Delta L$ ) es válido solo si este es igual o mayor a 3 dB. Si la diferencia de nivel  $\Delta L_r$  es inferior a 3dB se deberá tomar en el apartado de los casos que se requiere a la autoridad ambiental. Si  $\Delta L_c$  y/o  $\Delta L_i$  son menores que 3 dB no se calculará Kri y/o Krc.

Para determinar las correcciones  $K_{imp}$  y  $K_{bf}$  se requirió conocer el Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente del ruido específico medido con ponderación A (Le), si no se puede determinar él (Le) a través de mediciones los valores para Lie y LCe se descartan.

Los valores de las mediciones realizadas nunca deben ser reportados con decimales, por lo que los valores fueron redondeados [40].

### **Fase 3: Tratamiento de la incertidumbre de las mediciones**

Una medición realizada carente de una indicación cuantitativa de la calidad de su valor final medido es inservible para contar como valor real [81]. Como existe una dispersión de datos, se requiere de un indicador de calidad que asegure la confiabilidad en los resultados y así poder decir que es un valor real, es por esto que se determina la incertidumbre cuyo valor establece el error que puede presentar la medición sea positiva o negativa [82].

Para evaluar y determinar la incertidumbre mediante un modelamiento matemático la norma ISO 1996-2: 2007; Acústica, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental establece sus componentes de medida [80].

El cálculo de la incertidumbre depende de la fuente sonora, de intervalos de tiempo durante la medición, las condiciones de operación, las condiciones meteorológicas, el método de medición, instrumentación y ruido residual [82].

### **Fase 4: Comparación de los resultados obtenidos de las mediciones con los valores límites vigentes en normativa**

Una vez obtenidos los resultados de las mediciones de ruido ambiental realizadas se compararon con los valores establecidos por la normativa legal vigente en el país, Anexo V Niveles máximo de emisión de ruido y metodología de medición para fuente fija y fuentes móviles, niveles máximos de vibración y metodología de medición.

### **Fase 5: Informe de las mediciones realizadas (Conclusiones y Recomendaciones).**

En base a los objetivos planteados se realizaron las conclusiones y recomendaciones a la empresa, además se propuso medidas de control protección y aseguramiento de la maquinaria para mejorar sus relaciones con la comunidad.

### **2.3.2 Vibraciones**

#### **Fase 1: Análisis de los condiciones de trabajo**

- **Maquinaria y herramientas que generan vibraciones:**

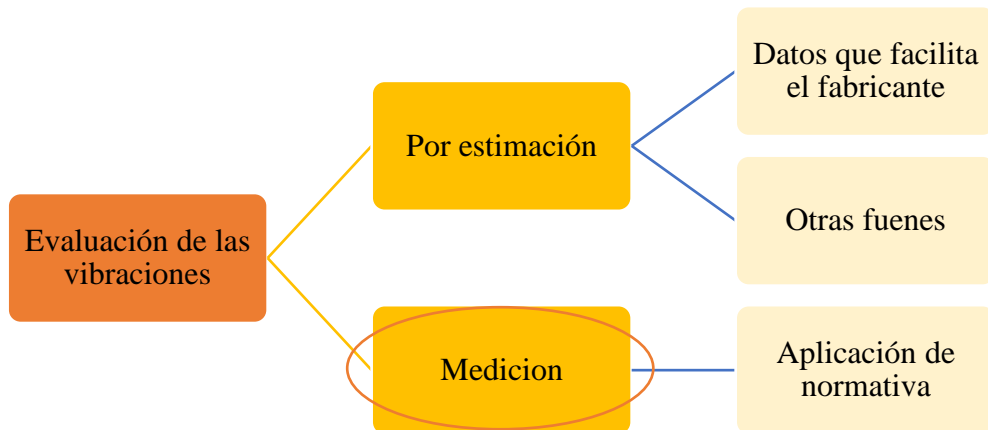
Para el análisis de las vibraciones se centró principalmente en el área de corte donde se realiza el corte, doblado y prensado del material, y al usarse maquinaria pesada (cizalla hidráulica, cizalla\_ guillotina de viga, y en menor impacto: plegadora hidráulica y manual) las cuales fueron identificadas por el técnico como las de mayor riesgo para producir vibraciones, determinando así las fuentes generadoras de vibraciones las cuales serán utilizadas en el análisis final del presente estudio.

#### **Fase 2: Metodología para la medición de vibraciones**

Se sabe que cada parte de nuestro cuerpo reacciona de manera diferente a las frecuencias vibratorias y que el cuerpo nuevamente no es simétrico, lo que significa que el cuerpo humano no es igualmente sensible a las frecuencias vibratorias. De todas las frecuencias que se pueden representar en un estudio de vibraciones, solo deben ser de interés los rangos de frecuencias que son perjudiciales para el trabajador. En el caso de una oscilación, debemos dirigir nuestra atención a los componentes de frecuencia de la señal que coinciden con las frecuencias características de la estructura receptora, ya que son las que tienen los efectos trascendentes en la salud. Los rangos de frecuencia de interés son:

Para la exposición de vibraciones de cuerpo completo, el rango de frecuencia, expresado en bandas de octava, que incluye las frecuencias centrales entre 0,5 Hz y 80 Hz.

Levantada toda la información necesaria, se procedió a determinar la metodología de evaluación.



**Figura 18.** Metodología para la evaluación de vibraciones.

Iniciando con el uso de un vibrómetro triaxial CASELLA CEL-960 se eligió un plan basado en: duración de las mediciones. La medición de las vibraciones realizadas en una de las casas cercanas a la empresa e identificada como PCA se basó en la norma ISO 2631 1 Parte 2. 2003 [11].

#### ○ Mediciones

Mediante un previo análisis realizado por un tiempo establecido en norma, se realizaron las mediciones en una de las casas colindantes a la empresa figura 19, la cual es la que más afectaciones tiene. Además de ser la casa que demanda a la empresa.

Para la correcta evaluación de la exposición de vibraciones del cuerpo completo se procedió a:

1. Recoger datos de:
  - a) Características de la tarea (tipo, duración, atención requerida, posturas, etc.).
  - b) Condiciones ambientales (ruido, condiciones termohigrométricas, etc.).
  - c) Características del individuo (edad, sexo, hábitos, etc.).
2. Se aplicó los criterios para la evaluación de las vibraciones globales descritos en la norma ISO 2631 parte 1: requerimientos generales y parte 2: vibraciones en edificios (1 Hz a 80 Hz). La norma describe diferentes métodos de medición de las

vibraciones, métodos de evaluación de los efectos sobre la salud, confort, percepción y mareo debido al movimiento. En concreto, el anexo C de la norma (Guía de los efectos de las vibraciones sobre la percepción y el confort) proporciona un método conveniente y uniforme de indicar la importancia subjetiva de la vibración aunque no presenta valores límites de exposición [11].

#### ○ **Instrumento de medición**

La medición de las vibraciones se realizó con un vibrómetro triaxial CASELLA CEL-960 cuyo componente principal es un transductor o acelerómetro en contacto con la superficie vibrante que convierte las vibraciones mecánicas en una señal eléctrica. Esta señal se trata adecuadamente en los circuitos del equipo de medida obteniendo los niveles de la aceleración expresados en  $m/s^2$  o  $rad/s^2$ . El cuerpo humano no es simétrico en su respuesta a las vibraciones, por este motivo se procedió según el sistema de coordenadas (figura 10).

#### **Fase 3: Comparación de los resultados obtenidos con los valores de referencia**

Una vez obtenidos los resultados de las mediciones realizadas de las vibraciones generadas por la empresa Master Metal en una de las casas considerada como punto crítico de afectación (figura 19) se compararon con los valores establecidos por la normativa legal vigente.

#### **Fase 4: Informe de las mediciones realizadas (Conclusiones y Recomendaciones).**

En base a los objetivos planteados en la presente investigación se procedieron a realizar las conclusiones y recomendaciones a la empresa, además se propuso un programa de medidas que la empresa debe tomar en cuenta para mejorar sus relaciones con la comunidad.

## CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis y discusión de los resultados

- **Tema de la propuesta**

“Evaluación del ruido ambiental y vibraciones de la Empresa Master Metal”

- **Información de la institución**

- **Base legal**

**Razón social:** Master Metal.

**Tipo de Empresa:** Familiar

**Representante Legal:** Fausto Barros

**Ruc:** 1890142296001

**Actividad Económica:** Fabricación de Carrocerías

- **Ubicación**

- **Nombre de la empresa:** Carrocerías Master Metal

- **Provincia:** Tungurahua

- **Cantón:** Ambato

- **Parroquia:** Magdalena

- **Teléfono:** 0984616180



Figura 19. Croquis de la ubicación de la empresa Master Metal y la vivienda considera como crítica.

### ○ Información general

La empresa Master Metal fue creada por el señor Fausto Barros en 1990 cuya función principal es la construcción de furgones aunque también se fabrican baldes para camionetas o camiones, casetas y plataformas. Master Metal está ubicada en Huachi la Magdalena, el trabajo en la empresa se realiza de 8 am a 5 pm. Para la realización de los trabajos existen 8 trabajadores los cuales se encargan de todo el proceso productivo. Además cuenta con dos casas que colindan a la misma una de las cuales



realizo la queja ante la autoridad ambiental.

### 3.2 Desarrollo:

Para la realización de la propuesta de desarrollo se da inicio con las entrevistas y encuestas realizadas al universo en estudio:

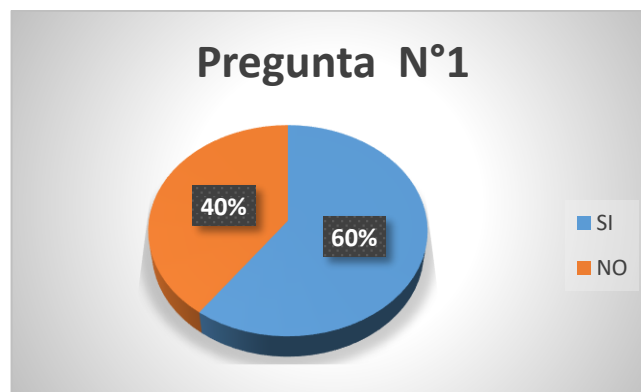
- **Análisis de los resultados.**

Los resultados estadísticos que se muestran a continuación se encuentran relacionados con las operaciones de trabajo que se realizan en la empresa, las cuales se realizaron mediante la aplicación a todo el universo de estudio y basándose en las técnicas e instrumentos de investigación previamente fijados como son la observación, entrevista, encuesta y la medición de los parámetros de ruido ambiental y vibraciones.

De la tabulación de los datos obtenidos se realizaron los gráficos estadísticos (diagramas de pastel), los cuales tienen la estadística de las diferentes opiniones del universo en estudio, de acuerdo a cada una de las preguntas realizadas.

- **Encuestas aplicadas a todo el universo inmerso en el estudio**

1. ¿Considera Ud. que en el área donde Ud. realiza sus actividades diarias, las molestias causadas por el ruido ambiental y las vibraciones suponen un riesgo grave para su salud?



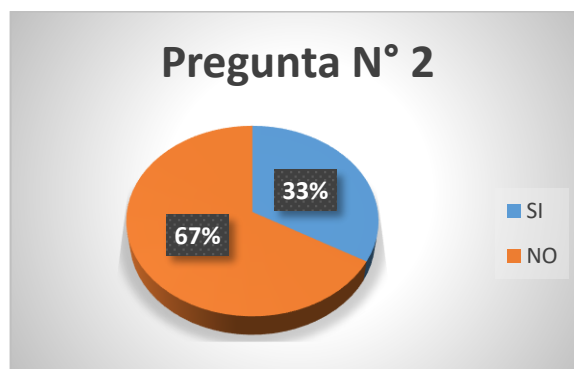
**Figura 20.** Posibles riesgos molestias causadas por el ruido ambiental y las vibraciones.

**Análisis:** En la pregunta planteada durante la encuesta, el 60% considera que las

molestias causadas por el ruido ambiental y las vibraciones ponen en riesgo su salud física y mental, mientras que el 40% restante manifiesta no sentir molestia alguna en torno a lo que su salud se refiere.

**Interpretación:** El ruido y vibraciones de carácter industrial son considerados factores de riesgo físico y que pueden ocasionar efectos auditivos como la pérdida del sentido del oído y no auditivos como trastornos de tipo nerviosos, cardíacos, disminución de la concentración, etc., por lo cual al ser este un riesgo en la salud de la población, la empresa debe emplear medidas de mejora en las condiciones laborales y en el buen vivir de los ciudadanos.

2. ¿Considera Ud. que se ven afectadas las instalaciones del lugar de trabajo así como las viviendas colindantes a la empresa, debido a las actividades mismas del trabajo?



**Figura 21.** Posibles afectaciones de las instalaciones debido a las actividades de trabajo.

**Análisis:** De la población encuestada un 67% menciona que las actividades realizadas en el proceso productivo de la empresa Master Metal no suponen un riesgo alto para que pueda haber daños en las instalaciones, mientras que un 33% cree que si existe un riesgo para las edificaciones por parte de las actividades de la empresa.

**Interpretación:** Las actividades realizadas en las carrocerías en su mayoría generan ruido y vibraciones en mayor o menor medida, por lo cual es común que las instalaciones y viviendas colindantes estecen en riesgo pudiendo ocasionar daños a las mismas motivo por el cual se debe tomar acciones oportunas de control para evitar afectar tanto las instalaciones de la empresa como la de las viviendas aledañas.

3. ¿Cuál de las siguientes áreas cree Ud. que genera más molestias? (Puede escoger una o más).

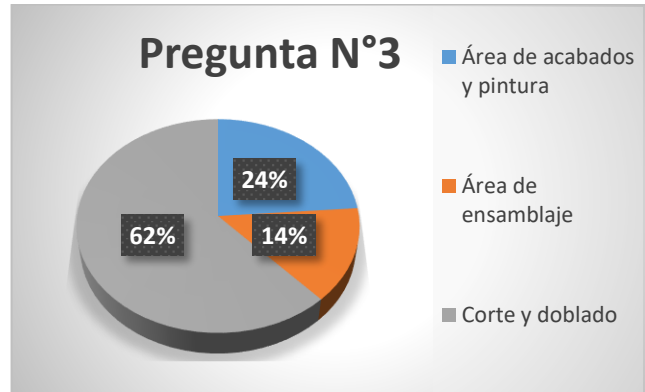


Figura 22. Identificación de áreas que generan molestias al realizar sus actividades diarias.

**Análisis:** Del total de encuestados, un 62% considera que el área que más molestias provoca durante la producción en la empresa Master Metal es el área de corte y doblado, el 24% manifiesta que las molestias se concentran más en el área de acabados y pintura, un 14% cree que el área de ensamblaje genera más molestias.

**Interpretación:** Según los encuestados consideran que durante el proceso productivo el área de corte y doblado es el área que más molestias ocasiona, ya que al utilizar este tipo de maquinaria pesada o grande genera mayor vibración y por ende ruido ambiental llegando a producir molestias demasiado fuertes.

4. ¿Ha sentido Ud. algún malestar al realizar sus actividades diarias sean estas de descanso, estudio o trabajo?

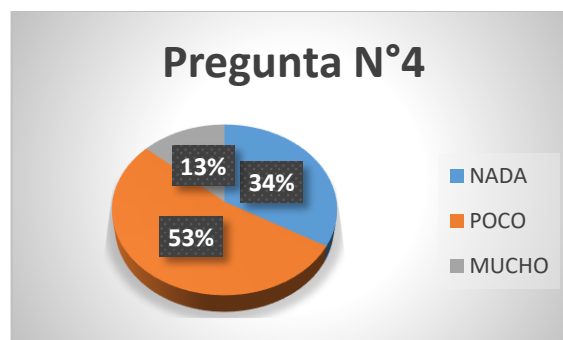
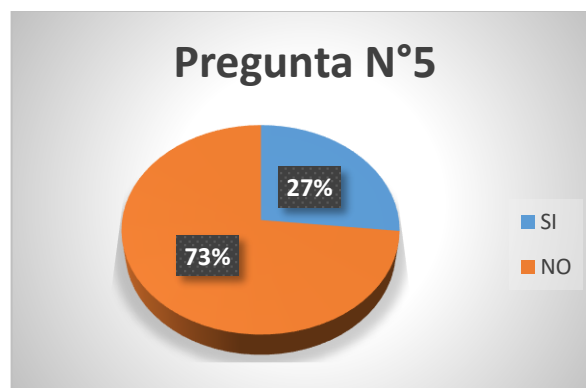


Figura 23. Posible malestar durante la realización de las actividades diarias a causa del ruido y vibración producida en la empresa Master Metal.

**Análisis:** Del total de personas encuestadas, el 53% manifiestan que sienten poco malestar durante la ejecución de sus actividades diarias a causa de la generación de ruido y vibración proveniente de la empresa Master Metal, un 34% menciona que no tienen molestia alguna y finalmente el 13% contesto que dichas molestias si generan malestar durante la realización de sus actividades diarias.

**Interpretación:** La incorrecta distribución de la planta y el escaso mantenimiento a la maquinaria empleada en todo el proceso productivo para la atenuación del ruido y vibración, son fuente principal para la presencia de molestias al momento de la ejecución de las labores cotidianas de la población de estudio.

5. En algún momento Ud. ha visto necesario elevar el tono de voz para hacerse entender durante el desarrollo de sus actividades diarias.

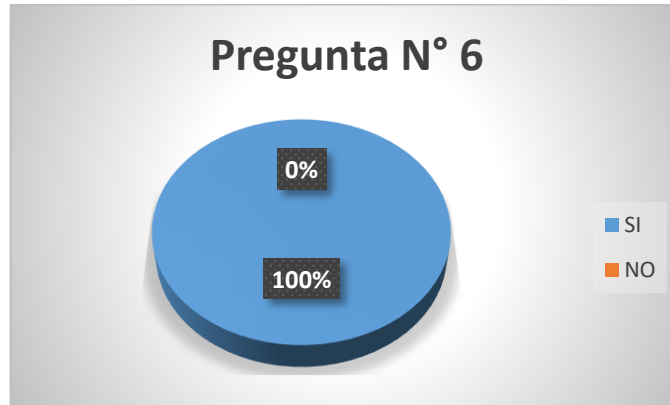


**Figura 24.** Posibles molestias al momento de comunicarse durante el desarrollo de las actividades diarias.

**Análisis:** En la encuesta realizada se puede evidenciar que un 73% no ve la necesidad de elevar su tono de voz para hacerse entender con las demás personas, durante el desarrollo de sus actividades diarias, mientras que un 27% de los encuestados manifiesta que el ruido y vibraciones generadas en la empresa Master Metal, les obliga a elevar su tono de voz para hacerse entender durante una conversación cotidiana.

**Interpretación:** El no poder hacer entenderse efectivamente durante el desarrollo de las actividades cotidianas es un inconveniente evidente dentro del desarrollo de las actividades diarias de la población y de la salud de los mismos, por lo que se vuelve oportuno generar controles que mitiguen estos problemas.

6. ¿Cree Ud. que la realización de medidas de control, protección y aseguramiento logren minimizar las molestias causadas por la actividad de la empresa?

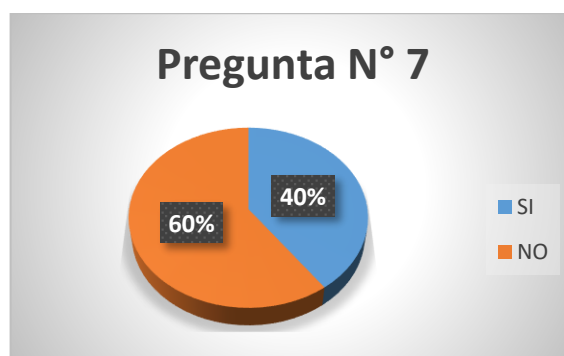


**Figura 25.** Posibles medidas de control en la maquinaria de la empresa.

**Análisis:** En ésta pregunta realizada en la entrevista todas las personas mencionan que de haber algún tipo de control, protección y aseguramiento en la maquinaria utilizada para el proceso productivo de la empresa minimizaría significativamente las posibles molestias que pueda haber.

**Interpretación:** El total del universo entrevistado que si bien es cierto que utilizar medidas de control, protección y aseguramiento logran minimizar los impactos causados tanto en personas como en edificaciones se necesita obtener información veraz para poder brindar a la empresa las posibles soluciones.

7. ¿Podría Ud. dar una sugerencia para minimizar las molestias causadas durante el proceso productivo de la empresa? En el caso de que su respuesta fuera afirmativa Comente.

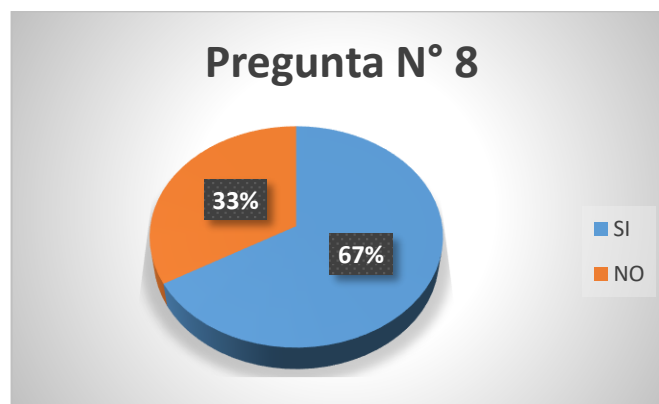


**Figura 26.** Sugerencias por parte de las personas para minimizar las molestias causadas.

**Análisis:** En la encuesta la mayoría de las personas no realizaron alguna sugerencia que pueda servir de base para que la empresa mejore en su proceso productivo, mientras que las personas restantes con un 40% mencionan que se debería colocar la maquinaria en lugares adecuados para la realización de esos trabajos, realizar mantenimiento de las maquinarias, además de poner algún tipo de protecciones a las mismas para minimizar las molestias que éstas puedan generar.

**Interpretación:** La mayoría de encuestados omitió dar una sugerencia para procurar reducir las molestias generadas durante el proceso productivo de la empresa, mientras que la minoría sugiere dar mantenimiento a toda la maquinaria existente con la finalidad de una óptima conservación para el desarrollo de las actividades productivas y el buen vivir de la población.

8. ¿Considera Ud. que existe un control por parte de las autoridades para saber si las labores realizadas en la empresa están dentro de los límites establecido en la ley?



**Figura 27.** Límites de ruido ambiental y vibración permitidos por la ley.

**Análisis:** Del total de personas encuestadas, un 67% considera que si existe regulación y control por parte de las autoridades para evitar que los límites sobrepasen los establecidos en la ley y puedan generar inconvenientes a la población, mientras que el 33% restante menciona que no existe control alguno para minimizar el ruido y vibraciones dentro de la empresa.

**Interpretación:** La mayoría de la personas en la pregunta planteada consideran que las autoridades no realizan un buen trabajo en cuanto a hacer cumplir la normativa legal

vigente en el país, por lo que acarrearán denuncias por parte de la población.

9. ¿En el desarrollo de la jornada laboral cuánto tiempo considera Ud. que existen molestias causadas por el ruido ambiental y vibraciones?

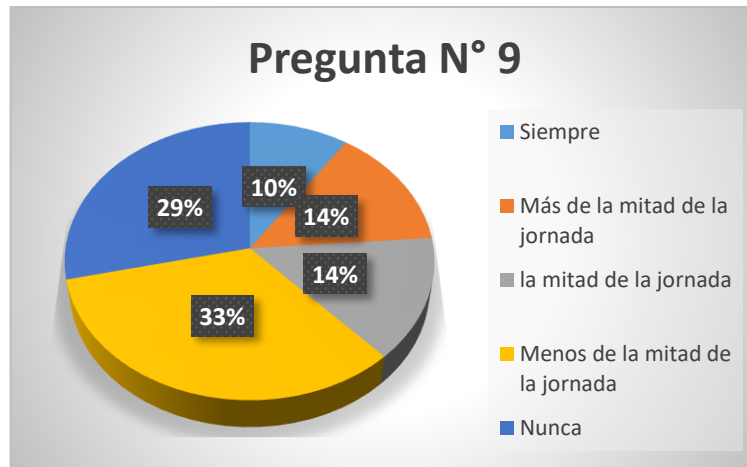
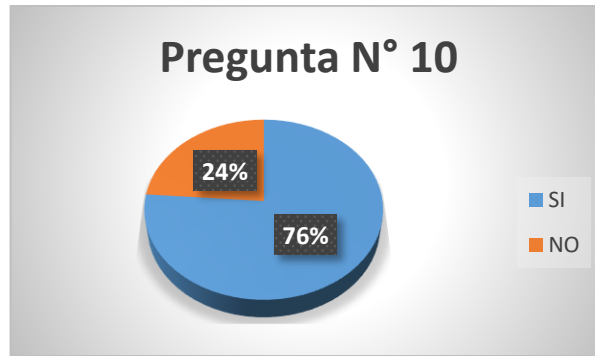


Figura 28. Molestias causadas por el ruido y vibraciones durante la jornada laboral.

**Análisis:** En la pregunta planteada durante la encuesta, un 33% considera que las molestias causadas por el ruido y vibraciones están presentes en menos de la mitad de la jornada laboral, un 29% menciona que no existen molestias durante la jornada laboral, 14% considera que existe ruido durante la mitad y más de la mitad de la jornada laboral y finalmente un 10% plasmo en sus respuestas que siempre existe ruido durante la jornada laboral.

**Interpretación:** Las actividades desarrolladas en las industrias carroceras son emisoras de niveles altos de ruido y vibración industrial, ocasionando en momentos molestias en el diario desenvolvimiento de las actividades de las personas, así como cambios repentinos en la conducta de los operarios, mostrando irritabilidad o molestias, por lo cual estas demostraciones obligan a la empresa a aplicar medidas de mejora o disminución de la contaminación tanto de ruido ambiental como de vibraciones en el entorno de trabajo.

10. ¿Considera Ud. que el tráfico vehicular causa más molestias que el desarrollo de las actividades productivas de la empresa?



**Figura 29.** Molestias en el desarrollo de las actividades productivas de la empresa.

**Análisis:** En la encuesta realizada se puede evidenciar que un 76% considera que el tráfico vehicular ocasiona más molestias de ruido ambiental y vibraciones, mientras que el 24% restante menciona que la actividad que más molestias produce es la ejecución de las labores productivas de la empresa.

**Interpretación:** En la última pregunta que se ejecutó al tomar en cuenta el ruido ambiental producido del exterior de la empresa, del total de la población el 76% considera que el ruido que viene de fuera si es relevante, puesto que en contraste con un 24% que cree que el ruido generado fuera de la empresa no irrumpe con el desarrollo de las actividades durante el proceso productivo.

Una vez realizadas las observaciones, entrevistas y encuestas, se procedió a desarrollar el estudio en dos etapas, la primera para el ruido ambiental y la segunda para las vibraciones comprendiendo así la situación actual en la que se encuentra la empresa, generando mediciones y comparaciones correspondientes con la normativa legal vigente, logrando obtener las conclusiones acordes a los objetivos planteados. Cabe recalcar que las preguntas que se realizaron fueron en base al ruido ambiental y las vibraciones por lo que se usaran para las 2 evaluaciones.

### **3.2.1 Fase 1: Evaluación ambiental en base al ruido**

#### **○ Planimetría del sitio a estudiar**

Para conocer la situación actual y como se encuentra limitadas las partes interesadas se presenta una planimetría, la cual ayudó a identificar como se encuentran divididos los sitios de trabajo en la empresa y la situación de las viviendas cercanas a la empresa.



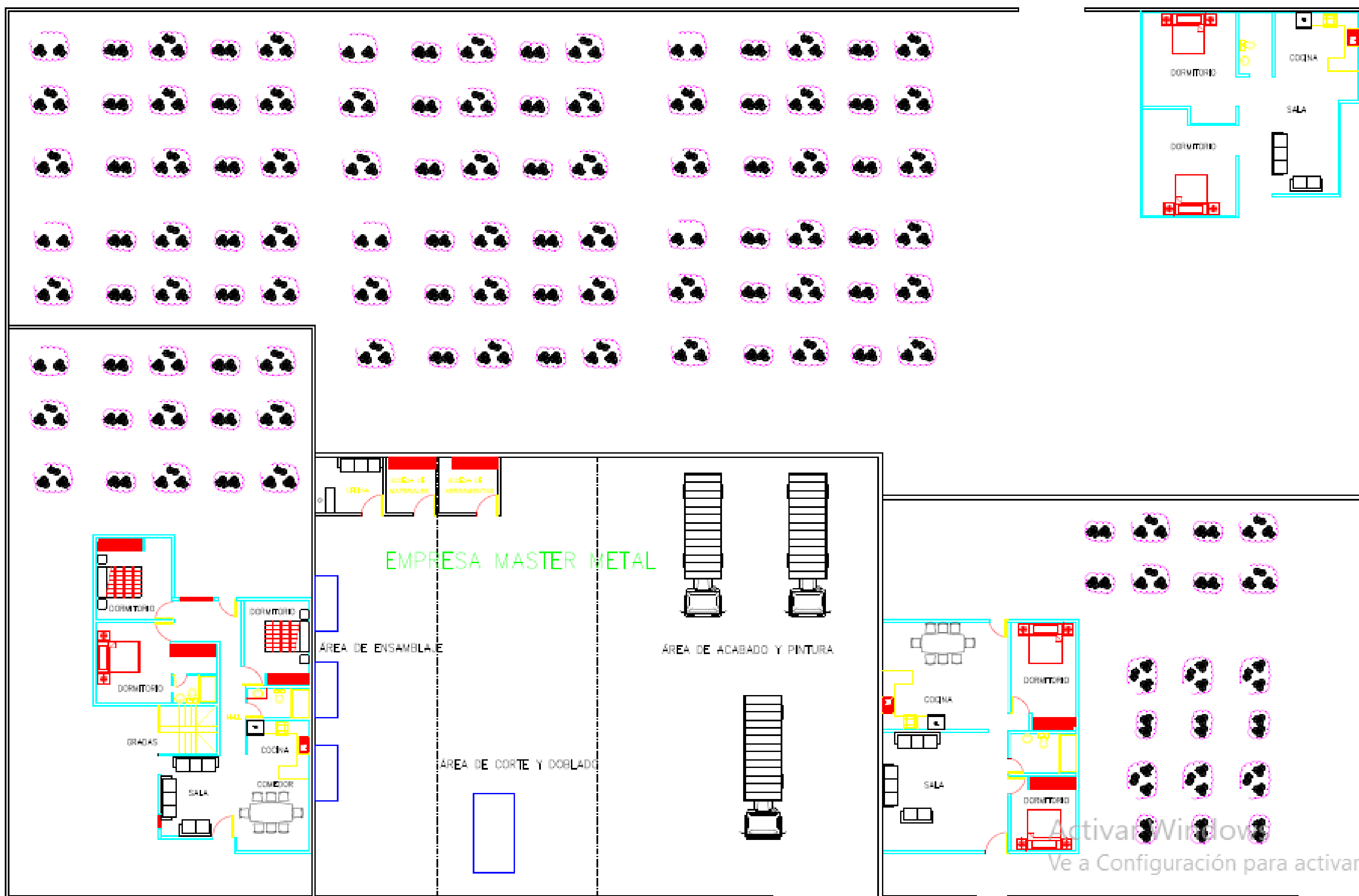


Figura 30. Planimetría del sitio en estudio

- **Caracterización de la fuente**

Al considerarse la FFR a una fuente emisora de ruido o a un conjunto de fuentes emisoras de ruido situadas dentro de los límites físicos y legales de un predio ubicado en un lugar fijo o determinado, se considera a la empresa Master Metal como una FFR debido a que por su naturaleza de trabajo y el uso de maquinaria generadora de ruido es una fuente emisora de ruido.

- **Proceso productivo de la empresa Master Metal**

En la empresa se realizan varios tipos de trabajos que van desde el alquiler de la maquinaria para realizar cortes y doblar las planchas de metal, así como trabajos de pintura y la elaboración de furgones el cual es el proceso más representativo de la empresa y el cual será la base para el presente estudio.

### **Elaboración de furgones**

El proceso productivo para la elaboración de furgones en la empresa Master Metal se encuentra detallado en la (Figura 31). El cual se desarrolla por los operarios de la empresa en puestos de trabajo rotativos y móviles presentes en la planta.

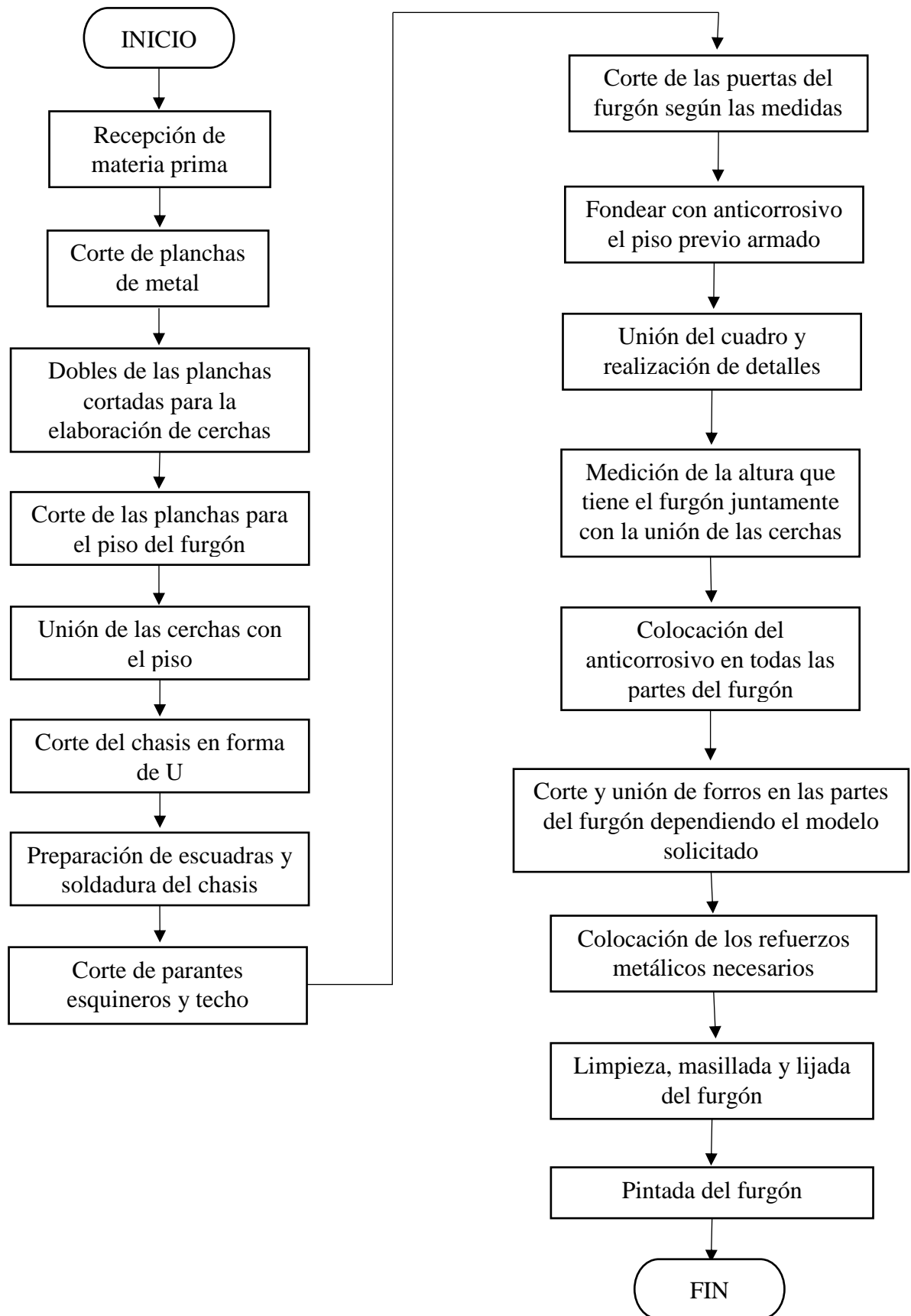


Figura 31. Proceso productivo para la elaboración de furgones en la empresa Master Metal.

○ **Análisis de las labores realizadas en la empresa con su respectiva maquinaria**

El análisis de la maquinaria que se realiza en esta etapa se presentan las características necesarias para el desarrollo del proceso productivo en la empresa, con observaciones sobre los niveles de ruido ambiental y vibraciones identificados por el investigador.

**Recepción de materia prima.**

**Tabla 9.** Análisis de la recepción de materia prima y atención al cliente.

<b>Área</b>	<b>Oficina</b>
<b>Equipo/maquinaria empleada</b>	Computadora
<b>Observaciones</b>	Como la oficina se encuentra cerca del área de trabajo se escucha las tareas realizadas pero sin causar molestias a las personas que se encuentran en esta área

**Corte de planchas de metal para la elaboración de cerchas**

**Tabla 10.** Análisis del Corte de planchas de metal.

<b>Área</b>	<b>Corte y doblado</b>
<b>Equipo/maquinaria empleada</b>	- Cizalla hidráulica DURMAZLAR - Guillotina industrial
<b>Observaciones</b>	En la tarea de corte se evidencia un nivel de ruido ambiental y vibraciones medio realizadas por la máquina utilizada, per al caer el material al suelo hay presencia de más ruido.

## Dobles de las planchas cortadas para la elaboración de cerchas

Tabla 11. Análisis de los dobles de las planchas cortadas para la elaboración de cerchas.

Área	Corte y doblado
Equipo/maquinaria empleada	- Plegadora hidráulica - Plegadora manual ECUAMA
Observaciones	En la tarea de dobles de las planchas se evidencia la presencia ruido ambiental y vibraciones realizadas por la máquina utilizada para la tarea.

## Corte de las planchas para el piso del furgón

Tabla 12. Análisis del corte de las planchas para el piso del furgón.

Área	Corte y doblado
Equipo/maquinaria empleada	- Cizalla hidráulica DURMAZLAR - Guillotina industrial
Observaciones	En la tarea de dobles de las planchas se evidencia la presencia de un nivel de ruido ambiental medio, además de evidenciar que existen vibraciones realizadas por la máquina utilizada para la tarea.

## Unión de las cerchas con el piso

Tabla 13. Análisis de la unión de las cerchas con el piso.

Área	Corte y doblado
Equipo/maquinaria empleada	Remachadora
Observaciones	No se evidencia presencia de ruido ambiental y tampoco de vibraciones.

## Corte del chasis en forma de U

Tabla 14. Análisis del corte del chasis en forma de U.

Área	Corte y doblado
Equipo/maquinaria empleada	- Guillotina industrial - Sierra de disco
Observaciones	En esta tarea el investigador evidencia presencia de ruido ambiental en especial con el uso de la sierra de disco la cual genera un ruido molesto, pero poca presencia de vibraciones.

## Preparación de escuadras y soldadura del chasis

Tabla 15. Análisis de la preparación de escuadras y soldadura del chasis.

Área	Ensamblaje
Equipo/maquinaria empleada	Soldadora
Observaciones	En esta tarea el investigador no evidencia presencia de ruido ambiental ni vibraciones que genere la maquinaria utilizada.

## Corte de parantes esquineros y techo

Tabla 16. Análisis del corte de parantes esquineros y techo

Área	Corte y doblado
Equipo/maquinaria empleada	- Cizalla hidráulica DURMAZLAR - Guillotina industrial - Sierra de disco - Amoladora
Observaciones	En esta tarea el investigador evidencia

	presencia de un nivel de ruido ambiental bajo y un nivel medio de vibraciones que se generan por la maquinaria utilizada.
--	---

### Corte de las puertas del furgón según las medidas

**Tabla 17.** Análisis del corte de las puertas del furgón según las medidas

Área	Corte y doblado
<b>Equipo/maquinaria empleada</b>	- Cizalla hidráulica DURMAZLAR - Guillotina industrial - Sierra de disco
<b>Observaciones</b>	En esta tarea el investigador evidencia presencia de ruido ambiental en especial por el uso de la sierra de disco y vibraciones por el uso de cizalla hidráulica utilizada.

### Fondear con anticorrosivo el piso previo armado

**Tabla 18.** Análisis del fondeado con anticorrosivo el piso previo armado.

Área	Acabado y pintura
<b>Equipo/maquinaria empleada</b>	- Soplete - Compresor
<b>Observaciones</b>	En esta tarea el investigador evidencia un nivel de ruido ambiental relativamente bajo y una presencia de vibraciones muy escasa.

### Unión del cuadro y realización de detalles

**Tabla 19.** Análisis de la unión del cuadro y realización de detalles

Área	Ensamblaje
<b>Equipo/maquinaria empleada</b>	- Soldadora - Martillo/maso - Taladro - Amoladora
<b>Observaciones</b>	En esta tarea el investigador evidencia un nivel de ruido ambiental bajo pero no se detecta vibraciones.

### Medición de la altura que tiene el furgón juntamente con la unión de las cerchas

**Tabla 20.** Análisis de la medición de la altura que tiene el furgón juntamente con el corte de las cerchas.

Área	Corte y doblado
<b>Equipo/maquinaria empleada</b>	- Flexómetro - Soldadora - Martillo/maso - Taladro
<b>Observaciones</b>	En esta tarea el investigador evidencia un nivel de ruido ambiental bajo y no se evidencia presencia de vibraciones.

### Colocación del anticorrosivo en todas las partes del furgón

**Tabla 21.** Análisis de la Colocación del anticorrosivo en todas las partes del furgón.

Área	Acabado y pintura
<b>Equipo/maquinaria empleada</b>	- Compresor - Soplete
<b>Observaciones</b>	En esta tarea el investigador evidencia un nivel de ruido ambiental medio el cual no causa ningún tipo de molestia.



## Corte y unión de forros en las partes del furgón dependiendo el modelo solicitado

**Tabla 22.** Análisis del corte y unión de forros en las partes del furgón dependiendo el modelo solicitado.

Área	Corte, doblado y ensamblaje
<b>Equipo/maquinaria empleada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guillotina industrial</li> <li>- Sierra de disco</li> <li>- Taladro</li> <li>- Martillo/maso</li> <li>- Remachadora</li> </ul>
<b>Observaciones</b>	En esta tarea el investigador evidencia poco nivel de ruido ambiental, además de vibraciones que se generan por la maquinaria utilizada.

## Colocación de los refuerzos metálicos necesarios

**Tabla 23.** Análisis de la colocación de los refuerzos metálicos necesarios

Área	Ensamblaje
<b>Equipo/maquinaria empleada</b>	- Remachadora
<b>Observaciones</b>	En esta tarea el investigador evidencia poco nivel de ruido ambiental, no se de vibraciones que se generan por la maquinaria utilizada.

## Limpieza, masillada y lijada del furgón

**Tabla 24.** Análisis de la limpieza, masillada y lijada del furgón

Área	Acabado y pintura
<b>Equipo/maquinaria empleada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guaipe</li> <li>- Tinner</li> <li>- Lija</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espátula</li> <li>- Masilla</li> <li>- Brochas</li> <li>- Lijadora</li> </ul>
<b>Observaciones</b>	En esta tarea el investigador evidencia poco nivel de ruido ambiental, no se de vibraciones que se generan por la maquinaria utilizada.

### **Pintada del furgón**

*Tabla 25.* Análisis de la limpieza, masillada y lijada del furgón

<b>Área</b>	<b>Acabado y pintura</b>
<b>Equipo/maquinaria empleada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soplete</li> <li>- Compresor</li> </ul>
<b>Observaciones</b>	En esta tarea el investigador evidencia poco nivel de ruido ambiental, y un nivel de vibraciones bajo.

Identificación de las fuentes emisoras de ruido por parte de la empresa Master Metal.

De las tareas que se realizan en la empresa, se describe la maquinaria utilizada, y las características de ruido identificadas por el investigador se pueden detectar claramente las fuentes emisoras de ruidos existentes, mismos que se describen a continuación.

### **Área de corte y doblado**

Se puede identificar maquinaria procedente del área de corte y doblado como fuentes emisoras de ruido, las cuales son detalladas a continuación:

**Tabla 26.** Identificación de fuentes emisoras de ruido (maquinaria Área: Corte y doblado).

<b>Carrocerías Master Metal</b>
---------------------------------

<b>Área:</b> Corte y doblado		
<b>Elaborado por:</b> Leonel Aldas	<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando Urrutia	<b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Urrutia
<b>Imagen</b>		
		
<b>Máquina</b>	Cizalla Hidráulica	
<b>Marca:</b>	DURMAZLAR	
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corte del chasis según las dimensiones del furgón.</li> <li>- Corte de planchas de metal para la elaboración de cerchas.</li> <li>- Corte de las planchas para el piso del furgón.</li> <li>- Corte de parantes esquineros y techo.</li> <li>- Corte de las puertas del furgón.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>	En la maquinaria descrita se aprecia niveles medios de ruido durante el corte y lo que genera más ruido es cuando el material cortado cae al suelo.	
<b>Imagen</b>		



<b>Máquina</b>	Plegadora hidráulica
----------------	----------------------

<b>Marca:</b>	HACO
---------------	------

**Actividades que son realizadas por la máquina:**

- Doblar planchas para la elaboración de cerchas

<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel medio de ruido ambiental por la máquina utilizada para la tarea de doblar las planchas para la elaboración de cerchas
-----------------------	---

**Imagen**




<b>Máquina</b>	Plegadora manual
----------------	------------------


<b>Marca:</b>	HACO
---------------	------

**Actividades que son realizadas por la máquina:**

- Doblar planchas para la elaboración de cerchas

<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel mayor de ruido ambiental que la plegadora hidráulica, cuya función es la de doblar
-----------------------	--



	las planchas para la elaboración de cerchas.
<b>Imagen</b>	
	
<b>Máquina</b>	Sierra rápida de disco
<b>Marca:</b>	Máquinas Aldas
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corte del chasis en forma de U</li> <li>- Corte de parantes esquineros y techo</li> <li>- Corte de las puertas del furgón</li> <li>- Corte de los forros</li> </ul>	
<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel de ruido ambiental medio al realizar el corte.
<b>Imagen</b>	
	
<b>Máquina</b>	Amoladora
<b>Marca:</b>	Black and Bleecker
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>	
- Unión del cuadro y realización de detalles	

- Corte de parantes esquineros y techo	
<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel de ruido ambiental medio al realizar los trabajos con la amoladora.
<b>Imagen</b>	
	
<b>Máquina</b>	Cizalla_ guillotina de viga
<b>Marca:</b>	DENER
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>	
- Doblar y corte de planchas para la elaboración de cerchas	
<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel medio de vibraciones realizadas por la máquina utilizada para la tarea de doblar las planchas para la elaboración de cerchas.

### Área de ensamblaje

Tabla 27. Identificación de fuentes emisoras de ruido (maquinaria Área: Ensamblaje).

Carrocerías Master Metal		
<b>Área:</b> Ensamblaje		
<b>Elaborado por:</b> Leonel Aldas	<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando	<b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Urrutia

	Urrutia	
<b>Imagen</b>		
		
<b>Máquina</b>	Soldadora	
<b>Marca:</b>	NN	
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soldadura del chasis</li> <li>- Unión del cuadro</li> <li>- Unión de las cerchas</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel de ruido ambiental bajo.	
<b>Imagen</b>		
		
<b>Máquina</b>	Martillo	
<b>Marca:</b>	NN	
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión de las cerchas</li> <li>- Unión del cuadro</li> <li>- Unión de forros en las partes del furgón</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel de ruido ambiental medio al	

	utilizar el martillo o el maso para golpear.
<b>Imagen</b>	
	
<b>Máquina</b>	Taladro
<b>Marca:</b>	De Walt
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión del cuadro</li> <li>- Unión de las cerchas</li> <li>- Unión de forros en las partes del furgón</li> </ul>	
<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel de ruido ambiental bajo.
<b>Imagen</b>	
	
<b>Máquina</b>	Remachadora
<b>Marca:</b>	NN
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocación de los refuerzos metálicos necesarios</li> <li>- Unión de forros en las partes del furgón</li> <li>- Unión de las cerchas con el piso</li> </ul>	
<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel de ruido ambiental bajo pero por el uso del compresor.



## Área de acabado y pintura

**Tabla 28.** Identificación de fuentes emisoras de ruido (maquinaria Área: Acabado y pintura).

Carrocerías Master Metal		
<b>Área:</b> Acabado y pintura		
<b>Elaborado por:</b> Leonel Aldas	<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando Urrutia	<b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Urrutia
<b>Imagen</b>		
		
<b>Máquina</b>	Compresor	
<b>Marca:</b>	NN	
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocar el anticorrosivo</li> <li>- Pintar el furgón</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel de ruido ambiental.	
<b>Imagen</b>		
		

<b>Máquina</b>	Lijadora
<b>Marca:</b>	NN
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>	
- Lijada del furgón	
<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel de ruido ambiental bajo.

○ **Determinación de los PCA más cercanos a la empresa**

En la planimetría de la empresa Master Metal con las viviendas que colindan a la misma (figura 27) se puede observar que los puntos de potencial afectación son las vías de accesos, viviendas cercanas, oficinas de la empresa, dicho esto y al existir una demanda previa por parte de una de las casas colindantes con la empresa, el PCA más cercano es la vivienda ubicada a la derecha de la empresa en donde serán realizadas las mediciones.

**3.2.2 Fase 2: Mediciones del ruido ambiental**



**Figura 32.** Medición realizada en la cocina de una de las casas aledañas a la empresa.

**Tabla 29.** Evaluación de las FFR.

<b>FUENTE FIJA DE RUIDO BAJO EVALUACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Descripción de la FFR: Master Metal, fabricación de furgones y estructuras metálicas</li> <li>○ Regímenes de funcionamiento: De Lunes a Viernes de 8 a 13 y de 14 a 18 horas</li> <li>○ Puntos críticos de afectación (PCA): Vías de acceso, viviendas cercanas, oficinas de la empresa.</li> <li>○ Puntos donde la FFR emite los NPS más altos: Áreas cercanas a la maquinaria y área de prensas.</li> </ul>
<b>DE LOS RUIDOS ESPECÍFICOS Y RESIDUALES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Descripción detallada de el/los ruidos/s específicos/s evaluados: Ruido de maquinaria utilizada en el proceso de fabricación.</li> <li>○ Descripción del ruido residual: Alto tráfico vehicular en la avenida y fauna cercanas</li> <li>○ Audibilidad de los ruidos: Audible</li> </ul>
<b>DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Descripción de áreas colindantes a la fuente fija de ruido: Vías de acceso, viviendas e industrias cercanas</li> <li>○ Descripción de las edificaciones cercanas: Edificaciones de hormigón y construcción mixta de 1 y 2 pisos</li> <li>○ Distancia Horizontal y vertical con respecto a la fuente: 30 metros de distancia y a 2 metros de altura</li> <li>○ Tipo de suelo: Baldosa</li> <li>○ Nivel del suelo: Regular</li> </ul>

**Datos de la medición realizada en una de las casas aledañas a la empresa**

**Tabla 30.** Datos de la medición realizada.

<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	<b>14/10/2020</b>	<b>ANÁLISIS REALIZADO:</b>	<b>Ruido Ambiental</b>
<b>RESPONSABLE DEL MUESTREO:</b>	Leonel Aldas	<b>COORDENADAS:</b>	UTM/WGS 84 - 17M 0762632 / 9858289

**Tabla 31.** Datos del sonómetro utilizado.

<b>DATOS DEL SONÓMETRO UTILIZADO</b>	
CÓDIGO	LCGEI-0091
MARCA	QUEST
SERIE	BHH040003
CALIBRACIÓN INICIAL (113,5 -114,5 dB)	114,0
CALIBRACIÓN FINAL (113,5 -114,5 dB)	114,0
<b>DATOS DEL CALIBRADOR UTILIZADO</b>	
CÓDIGO	LCGEI-0091-01
MARCA	QUEST

**Tabla 32.** Condiciones meteorológicas de la medida.

<b>CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA MEDIDA</b>		
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>CRITERIO/UNIDAD</b>
VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO	0,9	< 5 m/s
DIRECCIÓN DE VIENTO	SE	-
NUBOSIDAD	N.A.	Octas
TEMPERATURA	19	-10 y 50 °C
HUMEDAD	46	< 90 %
PRESIÓN BAROMÉTRICA	555	mmHg
PRECIPITACIONES	AUSENCIA	AUSENCIA

## Valores promedio encontrados en la medición

Tabla 33. Valores promedio encontrados en la medición.

RUIDO TOTAL	VALOR (dB)	Lmax (dB)	Lmin (dB)
LAeq,tp	57,5	61,7	54,2
LCeq,tp	62,7	64,3	59,3
LAleq,tp	64,3	66,3	61,0

RUIDO RESIDUAL	VALOR (dB)	RUIDO ESPECIFICO	VALOR (dB)
LAeq,rp	57,1	Le	57,5
LCeq,rp	60,4	LCe	-
LAleq,rp	61,5	Lle	-

Correcciones Aplicables para el LKeq			
Le	Kbf	Kimp	Lkeq Corregido
57,5	-	-	57,5
CARACTERÍSTICAS DEL LKeq			
Ruido específico sin características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas.			X
Ruido específico sin características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.			-
Ruido específico con características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas.			-
Ruido específico con características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.			-

### 3.2.3 Fase 3: Cálculo de la incertidumbre de las mediciones

Para calcular la incertidumbre típica se toma en cuenta las variables que dependen del modelo matemático descrito en la ecuación #6 donde en primer lugar se signa un valor dependiendo tipo de sonómetro que se empleó durante la medición, para el presente

estudio se utilizó un Sonómetro integrador clase 2 con protocolos de medición LCGEI-0091 por lo que su valor es 2 dB, las condiciones de operación es un componente con mayor influencia en la determinación de la desviación estándar para la incertidumbre, la norma ISO 1996-2: 2017 indica, que se debe realizar como mínimo 3 mediciones, para lo cual se realizó 5 repeticiones de 15 segundos cada uno. Según A.M. 097-A, TULSMA LIBRO VI, en donde hay que considerar el mismo procedimiento, equipo utilizado, operador y lugar en se realizó la medición. Además las condiciones climáticas influyen en el cálculo de la incertidumbre típica. Según la INEN, 2014 este valor es despreciable ya que las mediciones se realizaron a corto plazo y las variaciones por condiciones de suelo son pequeñas (INEN, 2014). Finalmente el ruido residual varía de acuerdo a la diferencia entre los medidos y el sonido residual. Una vez que se obtuvo la incertidumbre combinada solo resta multiplicarla por un factor de cobertura 2 a una probabilidad del 95%. La cual será nuestra la incertidumbre expandida.

### Resultados analíticos obtenidos de la medición de ruido ambiental realizadas

Tabla 34. Resultados analíticos obtenidos de la medición de ruido ambiental.

TIPO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
RUIDO NIVEL DE PRESIÓN SONORA	dB (A)	57,5	±8%	PE-AL-57 ISO 1996-2-2017	60

### OBSERVACIONES:

- La columna: Valor límite permisible esta fuera del alcance de acreditación del SAE; contempla los límites máximos permisibles indicados en (Comercial CM).

- Método de medición: 5 Repeticiones de 15 segundos cada uno. Según A.M. 097-A, TULSMA LIBRO VI, anexo 5. Niveles máximos de emisión de ruido y metodología de medición para fuentes fijas y fuentes móviles máximos de vibración y metodología de medición.
- No existe condiciones para determinar  $L_{keq}$  de la fuente: Debido a que la diferencia aritmética entre el ruido total  $L(A)_{eq}$  y el ruido residual es menor a 3 dB considerando que los ruidos emitidos se midieron en condiciones de menor ruido residual.

### 3.2.4 Fase 4: Comparación de los resultados obtenidos de las mediciones con los valores límites vigentes en normativa

Tabla 35. Tabla comparativa de los niveles de ruido ambiental.

<b>NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR</b>		
<b>USO DE SUELO</b>	<b>L<sub>Keq</sub> (dB)</b>	
	<b>Periodo Diurno</b>	<b>Periodo Nocturno</b>
	<b>07:01 hasta 21:00 horas</b>	<b>21:01 hasta 07:00 horas</b>
<b>Residencial</b>	55	45
<b>Equipamiento de servicios Sociales (EQ1)</b>	55	45
<b>Equipamiento de servicios públicos (EQ2)</b>	60	50
<b>Comercial (CM)</b>	60	50
<b>Agrícola Residencial (AR)</b>	65	45
<b>Industrial ( D1/D2)</b>	65	55
<b>Industrial ( D3/D4)</b>	70	65
<b>Uso múltiple</b>	Cuando existan usos de suelo múltiple o combinados se utilizara el $L_{keq}$ más bajo de cualquiera de los usos de suelos que componen la combinación Ejemplo: Uso de suelo: Residencial + ID2 $L_{keq}$ para este caso =	

	Diurno 55 dB y Nocturno 45 dB.
<b>Protección ecológica (PE) Recursos Naturales</b>	La determinación de Lkeq para estos casos se los llevara a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo 7.

Correcciones Aplicables para el LKeq			
Le	Kbf	Kimp	Lkeq Corregido
57,5	-	-	57,5
CARACTERÍSTICAS DEL LKeq			
Ruido específico sin características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas.			X
Ruido específico sin características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.			-
Ruido específico con características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas.			-
Ruido específico con características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.			-

La empresa Master Metal según su uso de suelo se encuentra ubicada en comercial (CM) y los límites máximos permisibles LKeq (dB) diurno para una FFR es de 60 dB y según la mediciones realizadas el **Lkeq Corregido de la empresa es de 57,5 dB** por lo que se encuentra dentro de los rangos permitidos por la ley.

○ **Comparación con el resultado de la incertidumbre**

TIPO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
<b>RUIDO NIVEL DE PRESIÓN SONORA</b>	dB (A)	57,5	±8%	PE-AL-57 ISO 1996-2-2017	60



Se evidencia que sobrepasa los límites permitidos por la normativa ambiental, pero al no estar descrita en la metodología de medición del anexo 5 del libro del TULSMA no se lo toma en cuenta.

### 3.2.5 Fase 1: Evaluación ambiental en base a vibraciones

**Tabla 36.** Identificación de fuentes emisoras de vibraciones (Área: Corte y doblado).

Carrocerías Master Metal		
<b>Área:</b> Corte y doblado		
<b>Elaborado por:</b> Leonel Aldas	<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando Urrutia	<b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Urrutia
<b>Imagen</b>		
		
<b>Máquina</b>	Cizalla Hidráulica	
<b>Marca:</b>	DURMA	
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corte del chasis según las dimensiones del furgón.</li> <li>- Corte de planchas de metal para la elaboración de cerchas.</li> <li>- Corte de las planchas para el piso del furgón.</li> <li>- Corte de parantes esquineros y techo.</li> <li>- Corte de las puertas del furgón.</li> </ul>		

<b>Observaciones:</b>	En la maquinaria descrita se aprecia niveles medios de vibraciones durante el corte de las planchas metálicas.
-----------------------	--

**Imagen**



<b>Máquina</b>	Cizalla_ guillotina de viga
----------------	-----------------------------

<b>Marca:</b>	DENER
---------------	-------

**Actividades que son realizadas por la máquina:**

- Doblar y corte de planchas para la elaboración de cerchas


<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un nivel medio de vibraciones realizadas por la máquina utilizada para la tarea de doblar las planchas para la elaboración de cerchas.
-----------------------	---

**Imagen**



<b>Máquina</b>	Plegadora hidráulica
----------------	----------------------

<b>Marca:</b>	HACO
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>	
- Doblar planchas para la elaboración de cerchas	
<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un bajo nivel de vibraciones realizadas por la máquina utilizada para la tarea de doblar las planchas para la elaboración de cerchas
<b>Imagen</b>	
	
<b>Máquina</b>	Plegadora manual
<b>Marca:</b>	HACO
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>	
- Doblar planchas para la elaboración de cerchas	
<b>Observaciones:</b>	Se evidencia un bajo nivel de vibraciones realizadas por la máquina utilizada para la tarea de doblar las planchas para la elaboración de cerchas.
<b>Imagen</b>	
	

<b>Máquina</b>	Sierra rápida de disco
<b>Marca:</b>	NN
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corte del chasis en forma de U</li> <li>- Corte de parantes esquineros y techo</li> <li>- Corte de las puertas del furgón</li> <li>- Corte de los forros</li> </ul>	
<b>Observaciones:</b>	No se evidencia presencia de vibraciones por el uso de la sierra rápida de disco.
<b>Imagen</b>	
	
<b>Máquina</b>	Amoladora
<b>Marca:</b>	Back and Becker
<b>Actividades que son realizadas por la máquina:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión del cuadro y realización de detalles</li> <li>- Corte de parantes esquineros y techo</li> </ul>	
<b>Observaciones:</b>	No se evidencia vibraciones durante el uso de la amoladora.

Una vez que se sabe cuáles son las fuentes generadoras de vibraciones (en el presente estudio las máquinas que se utilizan en el área de corte de doblado) se procede a realizar la medición de vibración de cuerpo entero cuando se encuentran en operación las máquinas descritas, en la casa determinada como PCA,

### 3.2.6 Fase 2: Mediciones de las vibraciones generadas por la empresa Master Metal



Figura 33. Mediciones de vibraciones en cuerpo completo del dueño de una de las casas aledañas a la empresa.

Tabla 37. Datos de la medición realizada.

<b>Nombre del dueño de la empresa:</b>	<b>Sr. Fausto Barros</b>
Dirección:	Ambato Av. José Peralta y Manuela Sáenz Sector La Magdalena
Tipo de muestra:	Higiene industrial

<b>Muestreo realizado por:</b>	<b>Leonel Aldas</b>
Fecha de muestreo:	14/10/2020
Número de muestras:	1
Análisis realizado:	Vibración cuerpo completo
Condiciones Ambientales de Análisis	20 °C

○ **Descripción del sitio de muestreo**

Las mediciones fueron realizadas en la casa del señor demandante misma que para el estudio se determinó como PCA.

Las actividades básicas que realizan las personas que se encuentran expuestas en el sitio de localización del punto de medición son:

- Quehaceres domésticos.
- Actividades estudiantiles
- Descanso

○ **Marco legal**

Para la evaluación de vibraciones de cuerpo completo se utilizaron los criterios para la evaluación de la exposición de las vibraciones sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento (ISO 2631-1 y la NTP 874) [11].

- **Instrumentación**

Para realizar las mediciones se utilizaron los siguientes equipos:

Vibrómetro triaxial CASELLA CEL-960

Las características técnicas del equipo se muestran a manera de resumen en la tabla.

**Tabla 38.** Características técnicas del equipo.

<b>Características técnicas del equipo</b>	
<b>Analizador de la vibración de cuerpo entero y mano-brazo: CEL-960</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mide y registra los niveles de vibración de los ejes X, Y, Z, RMS y Pico</li> <li>• Calcula y almacena datos generales y de historial cronológico de suma de vectores, exposición diaria A(8) y VDV</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grabación de espectro de 1/3 de octava y señal de entrada de vibración</li> <li>• Detector de presencia y luz de aviso (WB, cuerpo entero)</li> </ul>
<b>Aplicaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de la exposición a la vibración de mano-brazo conforme a ISO 5349 y ANSI 2.70</li> <li>• Análisis de la exposición a la vibración de cuerpo entero conforme a ISO 2631 y ANSI 3.44</li> <li>• Grabación de señal de vibración y 1/3 de octava</li> <li>• Mediciones generales de la vibración</li> </ul>
<b>Normas</b>	ISO 8041 (2005), ISO 5349 (2001), ISO 2631

### Resultados analíticos obtenidos de la medición de vibraciones realizadas

**Tabla 39.** Resultados de la medición de vibraciones.

TIPO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO/NORMA
<b>Vibración de cuerpo completo</b>	m/s <sup>2</sup>	aw=0,23	ISO 2631 1 Parte 2.
	m/s <sup>2</sup>	aw= 0,18	
	m/s <sup>2</sup>	aw= 0,21	

De las mediciones realizadas se pudo obtener valores muy por debajo de lo que permite

la normativa por lo que se procedió a tomar el valor más alto.

### 3.2.7 Fase 3. Comparación de los resultados obtenidos de las mediciones con los valores límites vigentes en normativa

Tabla 40. Comparación de los valores límites con los medidos.

TIPO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Vibración de cuerpo completo	m/s <sup>2</sup>	aw= 0,23	ISO 2631 1 Parte 2. 2003	<b>Valores de aw (ISO 2631-1:1997)</b> aw < 0,315 m/s <sup>2</sup> (no molesto) 0,315 < aw < 0,5 m/s <sup>2</sup> (ligeramente molesto) 0,5 < aw < 1 m/s <sup>2</sup> (bastante molesto) 1 < aw < 1,6 m/s <sup>2</sup> (molesto) 1,6 < aw < 2,5 m/s <sup>2</sup> (muy molesto) aw > 2,5 m/s <sup>2</sup> (extremadamente molesto)

La aceleración ponderada aw encontrada en la medición realizada es de 0,23 m/s<sup>2</sup> con lo que se puede determinar que según la normativa es no molesto.

### 3.3 Medidas de control protección y aseguramiento para mitigar el impacto que causan las fuentes generadoras de ruido ambiental y vibraciones

#### Programa de control del ruido ambiental y vibraciones

Primero, echemos un vistazo a la definición de algunos conceptos según la norma ISO 9000: 2005:

- **Medida correctiva:** Medidas tomadas para eliminar la causa de un incumplimiento identificado u otra situación indeseable.



- **Medidas preventivas:** Medidas para eliminar la causa de una falla potencial u otra situación potencialmente indeseable [21].

- o **Medidas técnicas para la prevención del ruido ambiental y vibraciones.**

Las medidas técnicas para la prevención del ruido ambiental y vibraciones se dividen en las siguientes:

- **Actuación sobre la fuente de ruido**

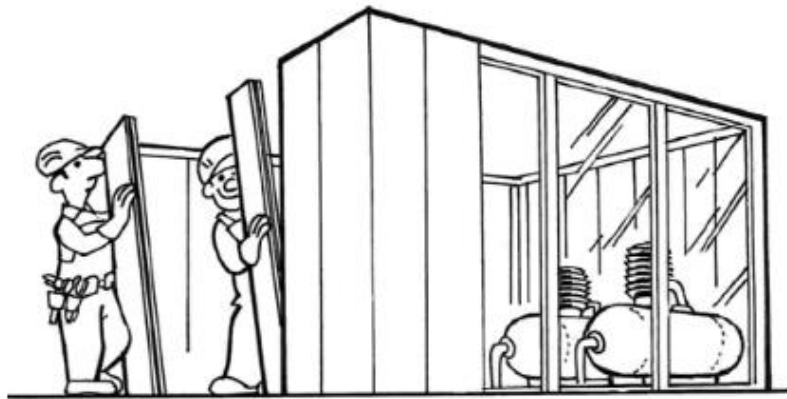
Las medidas de focalización, basadas en el diseño de los equipos, se enmarcan en las prescripciones que establece el Decreto 2393, en el artículo 179 de Protección Personal sobre equipos de trabajo. En los equipos ya instalados, las medidas encaminadas a reducir el ruido son generalmente empíricas y no existen métodos de cálculo teóricos que permitan obtener resultados a partir de la medida establecida de antemano [21].

Se debe tener en claro que realizar un buen mantenimiento a las máquinas es esencial para mitigar los impactos del ruido ambiental y vibraciones.

- **Actuación al medio de propagación.**

Las acciones sobre el medio consisten esencialmente en separar el foco del receptor tanto como sea posible o insertar materiales en el camino de las ondas para ralentizar su recorrido.

- El método más conocido es encerrarse en la cabina de un dispositivo ruidoso. Estas carcasas están fabricadas con materiales altamente amortiguadores para reducir el nivel de ruido que las atraviesa. Otro aspecto a considerar es que los dispositivos con uno o más motores, para su funcionamiento, requieren una adecuada ventilación para disipar el calor generado, esto muchas veces obliga a realizar aberturas en las vitrinas, haciéndolas menos efectivas que un equipo de este método es muy efectivo y simple y se usa ampliamente en la industria [21].



**Figura 34.** Ejemplificación de encerramiento de la maquinaria [21].

Estas barreras están construidas con materiales de aislamiento acústico que reflejan la mayor parte de la energía que reciben, entre los que se encuentran:

- Lana de vidrio estampada.
- Láminas sintéticas sin asfalto con capa a base de fibras textiles.
- Materiales aislantes y amortiguadores en elastómeros y sustratos en fragmentos de caucho.
- Fibras de poliéster con película sintética.
- Plomo recubierto con poliuretano expandido.
- Polímeros de alta densidad.
- Hormigón acústico.
- Espuma de poliuretano absorbente.

Finalmente, sobre el entorno puede verse influido por el acondicionamiento acústico del local añadiendo material absorbente a las paredes para eliminar las ondas reflejadas que se suman al ruido que soporta el trabajador. Este método también es de gran interés en profesiones donde existe el problema de la incomprensibilidad, como en el sector servicios y especialmente en la educación [21].

El acondicionamiento acústico tiene una eficacia limitada en el sector industrial ya que solo reduce el ruido reflejado, pero no afecta al ruido directo.

Los materiales absorbentes más utilizados son:

- Fibras textiles entrelazadas por resinas sintéticas.
- Lana mineral.
- Espuma de poliuretano expandido flexible acoplada a un film de poliuretano.
- Fibra de poliéster.
- Fibra de vidrio moldeada.
- Lana de roca [21].

- **Actuación sobre el receptor**

Cuando se torne imposible minimizar los riesgos producidos por el ruido ambiental y vibraciones será necesario dotar de EEP a las personas expuestas, cave recalcar que estas serán como último recurso contra los riesgos [21].

**I. Introducción:**

La ejecución del programa de control de vibraciones y ruido ambiental significa el conjunto de medidas a adoptar y la secuencia de acciones a realizar para asegurar la eficiencia operativa. El plan de implementación busca cumplir con el propósito de contar con lineamientos que marquen el camino a seguir en la ejecución del programa de control de ruido.

Para la administración de la implementación, la planificación se toma en cuenta al momento de establecer el plan de acción y definir los sub-planes para coordinar las actividades, la organización la aplica al momento de determinar qué actividades se realizarán y quiénes deben realizarlas [50].

**II. Programación de actividades a realizar:**

La responsabilidad de implementar el programa de control recae en el dueño del negocio, en este caso el dueño de la empresa Master Metal.

Además, todos deben participar activamente en la realización, dueño de la empresa, los trabajadores y la comunidad cercana a los predios de la empresa.

La adecuación de los trabajadores y la comunidad a las necesidades del programa no se limitará al suministro de equipos y medios de protección. Para ello, se realizarán reuniones informativas, a las que asistirán todos los ocupantes de la planta, y las casas colindantes a la empresa en las que se ilustrará el programa de control, proporcionando a cada uno por escrito los procedimientos generales de autoprotección a conocer y aplicar. Estos se referirán, al menos, a:

- Que es el ruido ambiental y las vibraciones y cómo pueden afectar al ser humano.
- Precauciones a tomar en cuenta.
- Forma en que debe informarse cuando se detecte una anomalía en el programa.
- Forma en que se les transmitirá los cambios e información acerca del programa.
- Información sobre lo que se debe hacer y lo que no para apoyar la implantación del programa.
- Compromiso de los trabajadores y la comunidad a cumplir con las normas para la implantación del programa de control del ruido ambiental y vibraciones.

Al menos una vez al año se programaran cursos y actividades de este tipo.

La coordinación de acciones necesarias para la implantación y ejecución del programa de control se realizará, por representantes que todas las personas involucradas estén de acuerdo [50].

### III. Medidas de control, protección y aseguramiento.

Conociendo las fuentes emisoras de ruido ambiental y vibraciones, el siguiente paso es aplicar métodos de control de ruido ambiental y vibraciones, para mitigar las posibles implicaciones que se puedan generar, estos métodos se explican a continuación.

**Tabla 41.** Medidas de control protección y aseguramiento.

<b>Medidas preventivas de control protección y aseguramiento</b>		
<b>Áreas</b>	<b>Tareas</b>	<b>Actividades a realizar</b>
	Mantenimiento de la maquinaria	Sustitución o ajuste de piezas desgastadas o dañadas.
		Lubricación y engrase de las piezas de las

<b>Actuación sobre la fuente</b>		máquinas.
		Limpieza regular de las máquinas y herramientas.
		Comprobar la calibración de las máquinas regularmente.
		Inspección regular de las herramientas para probar que estén bien afiladas, caso contrario afilarlas.
	Reemplazo de máquinas y herramientas	Máquinas y herramientas obsoletas por nuevas.
		Prensas en lugar de martillos.
		Prensas hidráulicas en lugar de las mecánicas.
	Sustitución de procesos	Compresión en vez de remachado por impactos.
		Soldadura en vez de remachado
		Prensado en vez de laminado o forjado
	Operaciones sistemáticas sobre la maquinaria	En caso de contar con superficies duras: hay que modificarlas por otras absorbentes, como el plástico y el caucho.
		Fijar bien las máquinas a su base para evitar movimientos innecesarios.
		Se deberá colocar silenciadores en las máquinas que se puedan.
		Dotar a las máquinas de amortiguadores.
	La fuerza que tienen las superficies vibratorias	Reducción de las fuerzas
		Disminuyendo al mínimo la velocidad de rotación
		Aislamiento
	Acción sobre superficies vibratorias	Amortiguamiento
		Soporte adicional en caso de ser necesario
		Aumento de la rigidez del material

		Aumentar la masa de las áreas donde vibren las máquinas
	Disminución del ruido	Uso del material absorbente.
		Aislamiento parcial o total de cada máquina.
<b>Administrativos</b>	Rotación del personal de trabajo Sustitución de máquinas y herramientas. Reemplazo del flujograma de producción	
	En el interior del oído	Usualmente se da el uso de tapones, los cuales son baratos, pero su vida útil es limitada y cuya tasa de atenuación que presenta este tipo se encuentra entre 22 y 23 dBA.
	Circum auriculares.	Se conocen comúnmente como tapones para los oídos y consisten en dos dispositivos en forma de copa o cúpula que cubren completamente la oreja y se fijan a un lado de la cabeza con una almohadilla adecuada.
	Guantes de protección vibracional	Este tipo de guantes ayuda a disminuir las vibraciones en los trabajadores.
<b>Actuación sobre el receptor</b>	Al evidenciarse que no se supera los niveles permitidos por la normativa, no se hace necesario exigir el uso de protectores auditivos para la población que colinda con la empresa, pero para los trabajadores si se hace necesario el uso se los EPP.	

#### IV. Medio de registro de la instalación

Será necesario establecer un sistema de control de la instalación, es decir, un procedimiento que tenga como objetivo comprobar si la instalación o ejecución de las medidas se realiza según lo previsto.

Una forma de verificar una anomalía es verificar periódicamente que el programa de instalación se esté ejecutando con la ayuda de un diagrama de Gantt y luego corregir cualquier desviación.

#### **V. Pruebas para validación de lo implantado.**

Una vez implementadas las medidas de control de ruido será necesario verificar su efectividad, para ello es necesario realizar pruebas y desarrollar sistemas de validación. Se definirán los criterios de validación, es decir, cuando se diga que la implementación de una medida es aceptable [50].

Para responder a esta pregunta, debe volver a realizar una encuesta. Como ya tenemos los datos de las primeras etapas, solo se realizan los últimos pasos, como se muestra a continuación:

- Realizar las mediciones de nivel y duración de ruido ambiental y vibraciones en los predios que se realizaron las mediciones.
- Comparar los resultados obtenidos con la normativa ambiental vigente [50].

#### **VI. Control e inspección de funcionamiento de las medidas implantadas.**

El funcionamiento de las medidas implementadas debe comprobarse a intervalos regulares, incluyendo las siguientes actividades:

**Programa de mantenimiento de mecanismos de protección acústica:** Realizar un programa de mantenimiento preventivo que incluya los equipos instalados con la aplicación de controles técnicos y asegure que la modificación de los equipos funciona de acuerdo con su propósito y no presenta un peligro. Además, el programa incluye la planificación de la aplicación continua de medidas de mantenimiento diseñadas para reducir el ruido ambiental y las vibraciones [50].

**Programa de información regular para las personal de trabajo así como a la comunidad aledaña a la empresa:** El control de ruidos y vibraciones no se limitará a la implementación de medidas administrativas o técnicas. Por ello, se realizarán reuniones seguidas, en las que participarán todas las personas involucradas, en las que se ilustrarán las respectivas medidas implementadas, realizando entrevistas y

entregando material escrito con información sobre el riesgo existente, sus efectos y cómo protegerse [50].

**Medidas del nivel de ruido ambiental y vibraciones en el medio ambiente.** Esto significa que periódicamente se realizarán mediciones de ruido ambiental y vibraciones para determinar si la aplicación de las distintas medidas de control, protección y aseguramiento está dando el resultado esperado: reducción de la exposición al ruido ambiental y vibraciones [50].

**Seguimiento de la utilización de protectores auditivos.** Este ítem se centra netamente en los trabajadores de la empresa y el cual es bastante difícil concienciar sobre la importancia de llevar protección personal. La tendencia a resistir el cambio se puede superar con un programa de información adecuado y un compromiso de la dirección, que no solo debe estar presente, sino que también debe transferirse al empleado [50].

**Vigilancia de las medidas implantadas:** se debe vigilar que el plan propuesto se cumpla.



## CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

#### **Acerca del ruido ambiental:**

- Dentro de las principales fuentes emisoras de ruido ambiental en el interior de la empresa Master Metal se encontró que el uso de maquinarias como: cizalla hidráulica, compresor de aire, plegadora hidráulica y manual, sierra de disco, guillotina industrial, amoladora generan ruido al realizar su operación de corte, doblado y pulido de las planchas de metal, de igual manera el uso de herramientas (combos, martillos, taladro) durante el proceso de ensamble de la carrocería del furgón. Además se identificó que los puntos críticos de afectación son las viviendas cercanas a la empresa.
- Se evaluó el comportamiento de los niveles de presión sonora con normativa técnica nacional vigente: Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente (TULSMA), presentando que el nivel de ruido ambiental es de 57,5 dB durante la medición realizada en el interior del PCA (casa demandante) demostrando así que la empresa carrocera Master Metal de la ciudad de Ambato no supera los límites máximos permisibles, cumpliéndose con lo que la norma establece en horario diurno, que para la zona comercial es de 60 dB, pero al realizar el cálculo de la incertidumbre de medición expandida se obtuvo un valor de 57,5 dB  $\pm 8\%$  dicho cálculo no está descrito en la normativa ambiental ecuatoriana.

#### **Acerca de las vibraciones:**

- En base al estudio realizado se pudo determinar que las máquinas que mayor impacto de vibraciones causan son: cizalla hidráulica, cizalla\_ guillotina de viga, y en menor impacto: plegadora hidráulica y manual, las cuales se encuentran en el área de corte y doblado, por ende se realizó la medición de vibraciones de cuerpo completo al dueño de la casa encontrada como punto crítico de afectación PCA al utilizarse dicha maquinaria.

- Según el resultado encontrado en la medición de  $a_w=0,23 \text{ m/s}^2$  y su comparación con los valores de la exposición de las vibraciones sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento (ISO 2631-1:1997) se puede establecer que los valores están muy por debajo de los niveles de acción que es de  $0,5 \text{ m/s}^2$ .

### **Conclusión general**

- Una vez obtenidos los valores de las mediciones realizadas las cuales son: ruido ambiental de 57,5 dB cuyo valor está por debajo de los 60 dB permitidos para ruido ambiental en una zona comercial y una aceleración ponderada máxima  $a_w= 0,23 \text{ m/s}^2$  la cual se encuentra muy por debajo de un  $a_w=0,5 \text{ m/s}^2$  que permite la legislación ecuatoriana para tomar acciones acerca de las vibraciones; se determina que la empresa Master Metal no incumple con lo dispuesto por la normativa ambiental vigente en el Ecuador, sin embargo el cálculo de la incertidumbre ( $57,5 \pm 8\% \text{ dB}$ ) determina que hay una posibilidad que si pueda superar los niveles límites establecidos, por lo cual desde el punto de vista investigativo no se debe descartar la posibilidad de afectaciones.
- En cuanto a las medidas de control de protección y aseguramiento para disminuir el posible impacto de la contaminación ambiental generada por la empresa Master Metal, se ha propuesto un programa de control del ruido ambiental y vibraciones, el cual se encuentra descrito en el anexo 4, el cual incluye una serie de medidas a tomar y una secuencia de acciones a realizar para asegurar la operatividad de la empresa, además de crear mejores relaciones con la comunidad, mismas que deberán ser realizadas por la empresa para una posterior medición.

### **4.2 Recomendaciones**

- La empresa Master Metal debe implementarse con equipos de seguridad para proteger del excesivo ruido y vibraciones a sus trabajadores, y de ser el caso a las personas que colindan con la empresa, además renovar y/o dar mantenimiento a sus maquinarias y equipos para reducir el ruido ambiental y vibraciones que estos

generan, manteniendo así las buenas relaciones con las personas cercanas al lugar de trabajo.

- A las autoridades del Ilustre Municipio de Ambato definir un método específico de control de los niveles sonoros para fuentes fijas y móviles así como para el discomfort que tienen las personas por las vibraciones generadas por las industrias, a través de ordenanzas municipales establecidas, en donde muestren los límites máximos permisibles para cada actividad desarrollada con el propósito de contribuir a la población en un mejor vivir.
- Realizar inspecciones y monitoreos anuales sin previo aviso de ruido ambiental y vibraciones en las empresas evitando así las exposiciones prolongadas que puedan causar daños en la salud de los trabajadores así como de las personas cercanas al lugar de trabajo.
- Gestionar anualmente la actualización de las ordenanzas de control de la contaminación originada, la definición exacta de usos del suelo y áreas de sensibilidad acústica en el Plan urbanístico de Ordenamiento Territorial (POT).
- Planificar campañas de información dirigida específicamente a los dueños de las empresas, en el uso adecuado de sus maquinarias y los EPP para disminuir y mitigar los niveles sonoros y las vibraciones por parte del GADMA.
- Crear participaciones de la ciudadanía en campañas de información, divulgación y de sensibilización sobre la problemática del ruido ambiental y vibraciones, sus fuentes, efectos y soluciones.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo, *Ruido y vibraciones en la maquinaria de obra*, 1 era. Madrid.
- [2] C. A. Durango Frías, “ESTUDIO DE RUIDO Y VIBRACIONES EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LAS CARROCERÍAS VARMA S. A DE LA CIUDAD DE AMBATO,” Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [3] J. P. Lliguicota Guarquila, “EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO

AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE SUCÚA, MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE NIVELES DE PRESIÓN SONORA, PARA PROPONER UN PROYECTO DE ORDENANZA AL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO,” UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, 2016.

- [4] L. A. Bravo Moncayo, “Propuesta de modelo de gestión de ruido para el distrito metropolitano de Quito, Ecuador,” UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, 2002.
- [5] *Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial Del D.F.* 2008.
- [6] A. García and A. M. García, “ESTUDIO DEL RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS SOBRE LOS TRABAJADORES EN INDUSTRIAS DE LA MADERA, TEXTIL Y METAL,” Valencia. España, pp. 1–7, 2008.
- [7] ANSI, *American National Standards Institute (ANSI)*, As Amended. Nueva York, 1985.
- [8] J. N. Narvárez Narvárez, “DETERMINACION DEL RUIDO AMBIENTAL PROVOCADO POR EL TRAFICO VEHICULAR EN EL CASCO URBANO DEL CANTON SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI. PERIODO 2013,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, 2015.
- [9] G. Ortiz Chamba, “Ruido urbano generado en la ruta troncal principal del sistema integrado de transporte urbano ‘SITU’ y su incidencia en la población de la ciudad de Loja,” UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA, 2013.
- [10] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, *Aspectos ergonómicos de las vibraciones*. Madrid, España, 2014.
- [11] ISO 2631-2, *Vibración mecánica y choque — Evaluación de la exposición humana a la vibración de todo el cuerpo*, 2 da. 2003.
- [12] N. López Borrallas, “Análisis y evaluación de las vibraciones causadas por tráfico y su impacto en zonas de vivienda,” Universidad Nacional Autónoma de Mexico, 2014.
- [13] L. A. Erazo Trujillo, “Contaminación Acústica causada por los medios de transporte, perjudica el Derecho Constitucional del Buen Vivir de los residentes de la zona de Santa Clara del Distrito Metropolitano de Quito del 2015,” UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, 2018.

- [14] S. Acosta, M. Al troudy, and E. Aponte, “La Contaminación Sónica sobre los habitantes del sector El Campito. Mérida. Venezuela. 2008,” Universidad de Los Andes, República Bolivariana de Venezuela, 2008.
- [15] L. Abad Toribio, D. Colorado Aranguren, and D. Ruiz, “Ruido ambiental, seguridad y salud,” Escuela Politécnica Superior Villanueva de la Cañada, 2011.
- [16] La Hora, “La hora,” *lahora.com.ec.*, Ambato, Jul. 2016.
- [17] A. E. Velasteguí Vásquez, “EVALUACIÓN DE RIESGOS POR RUIDO, ILUMINACIÓN Y MATERIAL PARTICULADO EN LA FÁBRICA DE CARROCERÍAS MASTER METAL,” Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [18] A. Franco Montaña, “Diagnóstico ambiental de ruido generado en el sector industrial y vehicular en la localidad de Kennedy y propuesta de mitigación o reducción de los niveles de presión sonora,” Universidad de La Salle, 2005.
- [19] V. Barbarán, “Influencia de la contaminación sonora generada por el incremento del parque automotor en la salud de la población de la ciudad de Moyobamba.,” UNSM-T, 2015.
- [20] F. Brocal, “Exposición al Ruido un Riesgo a Cualquier Edad,” *revista gaceta audio*, 2014.
- [21] E. Pozo Andrade, “ESTUDIO DE RUIDO GENERADO EN LA INDUSTRIA MADERERA EN LA CIUDAD DE CUENCA Y SUS EFECTOS A LA SALUD,” Universidad de Cuenca, 2010.
- [22] I. Amable Álvarez, J. Méndez Martínez, and L. Delgado Pérez, “Contaminación ambiental por ruido,” *Revista Médica Electrónica*, Santa Marta, Varadero, Matanzas, May 15, 2017.
- [23] J. Correa Pérez, “Afectaciones causadas por la contaminación acústica,” Universidad Espíritu Santo.
- [24] aquae fundacion, “¿Cómo afecta el ruido al medio ambiente?,” 2016. <https://www.fundacionaquae.org/contaminacion-acustica-medio-ambiente/>.
- [25] B. Shivakumara and Sridhar, “Estudio de la vibración y su efecto sobre la salud del motociclista,” *Rev. en línea salud y ciencias afines*, vol. 9, no. 2, 2010, [Online]. Available: <chrome-extension://oemmndcblldboiebfnladdacbfmadadm/http://cogprints.org/7008/1/2010-2-9.pdf>.

- [26] O. Jiménez Yenny, “Casos Reales de Análisis de Vibración,” *1 er Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento*, León, México, Oct. 2003.
- [27] N. Nawayseh, “A mathematical model of the apparent mass of the human body under fore-and-aft whole-body vibration,” *Int. J. Automot. Mech. Eng.*, vol. 13, no. 3, 2016, [Online]. Available: chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbfmadadm/https://www.researchgate.net/profile/Naser-Nawayseh/publication/317023411\_A\_mathematical\_model\_of\_the\_apparent\_mass\_of\_the\_human\_body\_under\_fore-and-aft\_whole-body\_vibration/links/5a8c5fef458515a4068ad98.
- [28] B. Basri and M. J. Griffin, “Power absorbed during whole-body fore-and-aft vibration: effects of sitting posture, backrest, and footrest.,” 2012.
- [29] M. Ramakrishnan and S. Milosavljevic, “The Influence of Body Mass on Whole-Body Vibration: A Quad-Bike Field Study,” 2011.
- [30] B. Shivakumara and V. Sridhar, “Study of vibration and its effect on health of the motorcycle rider,” India, 2010.
- [31] J. Mager Stellman and R. Herrick, *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO*. Chantal Du, 1998.
- [32] IEES, “INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IEES),” Quito, Ecuador, 2005.
- [33] J. C. Neffa, “Actividad, trabajo y empleo: algunas reflexiones sobre un tema en debate,” 1999.
- [34] A. Gorz, *Metamorphoses du travail. Quête du Sens. Critique de la raison économique*, Galilée. Paris, 2007.
- [35] R. León Barua and R. Berenson Seminario, “Medicina teórica. Definición de la salud.,” Lima, 2017. [Online]. Available: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1018-130X1996000300001](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X1996000300001).
- [36] Morera & Vallejo, “DIFERENCIA ENTRE ACCIDENTE E INCIDENTE,” 2017. <https://www.morerayvallejo.es/diferencia-entre-accidente-e-incidente/> (accessed Jul. 08, 2021).
- [37] IFRC, “Definición de peligro,” 2020. <https://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre->

- desastres/definicion--de-peligro/ (accessed Jul. 14, 2021).
- [38] Consejo Directivo del instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, “REGLAMENTO DEL SEGURO GENERAL DE RIESGOS DEL TRABAJO,” Quito, Jun. 2017.
- [39] “booklet-spa,” 2004. chrome-extension://oemmndcblldboiebfnladdacbfmadadm/https://www.unisdr.org/2004/campaign/booklet-spa/page9-spa.pdf.
- [40] Ministerio del Ambiente del Ecuador, “ANEXO 5 NIVELES MAXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO Y METODOLOGIA DE MEDICION PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES Y NIVELES NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO Y METODOLOGÍA DE MEDICIÓN PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES,” Quito, Ecuador, Nov. 04, 2015.
- [41] S. del P. Sislema Andrade, “LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y SU INFLUENCIA EN LA ATENCIÓN DE LAS NIÑAS DE SÉPTIMO GRADO DE EDUCACIÓN BÁSICA DE LA ‘ESCUELA REPÚBLICA DE VENEZUELA’, DE LA CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA,” Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- [42] G. Quadri de la Torre, *Políticas Públicas. Sustentabilidad y medio ambiente*, Primera. Monterrey, Mexico: Miguel Angel Purrua, 2006.
- [43] A. Menéndez, *La Constitución Nacional y el Medio Ambiente*. Mendoza, Argentina: Ediciones Juridicas Cuyo.
- [44] H. J. Zarini, *Constitución argentina : comentada y concordada*. Buenos Aires, Argentina: Astrea. Bs.As., 1996.
- [45] T. L. V. de la C. A. Acuerdo Ministerial No. 28, *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. Quito, 2015.
- [46] D. A. Carrera Carranco, “PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN PROVOCADA POR LAS UNIDADES DE LA ESCUADRA EN LOS MUELLES DE LA BASE NAVAL SUR,” Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2016.
- [47] B. D. R. LASTRA DE LA TORRE, “DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE RUIDO AMBIENTAL GENERADO POR LA CENTRAL TERMoeLECTRICA TRINITARIA,” UNIVERSIDAD AGRARIA DEL

ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, 2020.

- [48] G. D'Azevedo García, "Contaminación sonora y su relación con el clima local e impacto de su valoración económica en la ciudad de Iquitos-2012," Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, 2014.
- [49] hazruidocontraelruido, "Delegacion de Comision Acustica." [p://www.hazruidocontraelruido.com/wp-content/uploads/2014/12/Tema-4.-NATURALEZA-DEL-RUIDO-AMBIENTAL.pdf](http://www.hazruidocontraelruido.com/wp-content/uploads/2014/12/Tema-4.-NATURALEZA-DEL-RUIDO-AMBIENTAL.pdf). (accessed Jul. 20, 2021).
- [50] E. Chilcón Aguilar, "Niveles de contaminación acústica producidos por la industria metal mecánica en el distrito de Moyobamba, 2017," 2018.
- [51] C. R. Chango Vásconez, "La Contaminacion," UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2018.
- [52] D. A. Quishpe Jiménez, "CONTAMINACIÓN SONORA EN LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE PICHINCHA Y SU REPERCUSIÓN EN EL DERECHO AL BUEN VIVIR," UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, 2016.
- [53] V. C. MONTALVO ZAMBRANO and E. S. ZÚÑIGA CABEZAS, "Evaluación del ruido ambiental de los centros de diversión nocturna en la Ciudad de Riobamba," SCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2017.
- [54] C. Jiménez, *La contaminación ambiental en México, causas, efectos y tecnología apropiada*. México D.F: Limusa, 2010.
- [55] P. Flores Pereita, *Manual de acústica, ruido y vibraciones ;fundamentos básicos y sistemas de control*, 3<sup>a</sup> ed. Barcelona: GYC, 1989.
- [56] A. Garmendia Salvador, A. Salvador Alcaide, and C. Crespo Sánchez, *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid, España: Person-Prentice Hall, 2005.
- [57] H. Reyes Jiménez, "ESTUDIO Y PLAN DE MITIGACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE PUYO," ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2011.
- [58] M. Casado García, "REDES DE PONDERACIÓN ACÚSTICA," España.
- [59] C. Harris, *MANUAL DE MEDIDAS ACUSTICAS Y CONTROL DEL RUIDO*, Tercera. Madrid, España: McGraw-Hill, 1995.
- [60] F. MIRAYA, *Contaminación Acústica*. Argentina, 2002.
- [61] Asociación Española para la Calidad Acústica., *Guía y procedimiento de*



- medida del ruido de actividades en el interior de edificios*. España, 2011.
- [62] Acuerdo Ministerial 097-A, *Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE*. Quito, Ecuador, 2015.
- [63] Ministerio del Ambiente del Ecuador, “REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2,” 2015. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf> (accessed Feb. 15, 2021).
- [64] es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, *NORMA TÉCNICA QUE ESTABLECE LOS LIMITES PERMISIBLES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES*. Quito, Ecuador.
- [65] J. C. MOREJÓN ALDAZ, “EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL COMO INDICADOR DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN LA ZONA ROSA DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2019.
- [66] Ballesteros Arjona Virginia, “No TíRuido y Salud‘Más allá de efectos auditivos’tle,” *Congr. Nac. del medio Ambient. CONAMA*, 2018, [Online]. Available: [chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbfmadadm/http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/STs\\_2018/4888\\_ppt\\_VBallesteros.pdf](chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbfmadadm/http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/STs_2018/4888_ppt_VBallesteros.pdf).
- [67] “PCE -instruments.” [https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/sonometro-pce-instruments-son\\_metro-pce-msm-4-det\\_5843915.htm](https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/sonometro-pce-instruments-son_metro-pce-msm-4-det_5843915.htm) (accessed May 11, 2021).
- [68] I. 2041:2009, *Monitoreo Mecánico De Vibraciones, Choques Y Condiciones - Vocabulario*, Tercera. ISO, 2009.
- [69] D. E. Montero Aguilar and J. D. Narváez Morocho, “Desarrollo de una aplicación informática para adquisición y análisis de señales de vibraciones de modos de falla mecánicos,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015.

- [70] C. D. Espinoza Ronquillo, “Repotenciación del mantenimiento predictivo basado en el análisis de vibración enfocado a equipos rotatorios usados para el proceso de producción de una planta química ubicada en Guayaquil-Ecuador,” UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, 2019.
- [71] M. Fernández Berlanga, *Muestreo y evaluación de la exposición a vibraciones mecánicas en el sector de la construcción*. Madrid, España: Fundación mapfre, 2008.
- [72] N. Gerhard, J. Laurencia, and M. Janos, *Riesgos por vibración del cuerpo entero y vibración localizada mano-brazo*. Alemania: Verlag Technik&Information e.K., 2010.
- [73] A. Águila Soto, “Procedimiento de Evaluación y Riesgos Ergonómicos y Psicosociales,” Universidad de Almería.
- [74] R. X. Lizano Acevedo, “DISEÑO DE UN PROGRAMA DE PREVENCIÓN PARA OPERADORES DE MONTACARGAS EXPUESTOS A VIBRACIONES CUERPO ENTERO EN INDUSTRIAS DE LA CIUDAD DE QUITO,” UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, 2012.
- [75] Notas Técnicas de Prevención 839, “Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo,” 2009, [Online]. Available: <https://www.insst.es/documents/94886/328096/839+web.pdf/eeab2c72-7d28-41f5-879c-eaf9a133270e>.
- [76] N. A. Benítez González, “Medición y análisis de señales de vibraciones mecánicas y su efecto en la salud y el confort.,” INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN COMPUTACIÓN, 2011.
- [77] Notas Técnicas de Prevención 784, “Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento,” [Online]. Available: [chrome-extension://oemmndcblldboiebfnladdacbfmadadm/https://app.mapfre.com/documentacion/publico/pt/catalogo\\_imagenes/grupo.do?path=1035667](chrome-extension://oemmndcblldboiebfnladdacbfmadadm/https://app.mapfre.com/documentacion/publico/pt/catalogo_imagenes/grupo.do?path=1035667).
- [78] Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador de 2007-2008, *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008*. Alfaro, Montecristi, Ecuador: Ediciones Legales, 2008.
- [79] LA COMISION DE LEGISLACION Y CODIFICACION, *LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION*. Quito: Lexis, 2004.

- [80] I. 1996-2-2017, *Acústica - Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental - Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental*. 2017.
- [81] J. Hernández, “Evaluación de la Incertidumbre de medida en un supuesto de aislamiento in situ a ruido.” Universidad de Vigo, 2012.
- [82] D. C. Villarroel Morales, “Elaboración de un mapa estratégico de contaminación acústica diurno de las plataformas territoriales dos y tres para la zona urbana Sur y Este de la ciudad de Ambato, mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfico ArcGis, en acuerdo con e,” IUNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2017.

## ANEXOS

### ANEXO 1. ENTREVISTA REALIZADA AL DUEÑO DE LA EMPRESA Y A LOS DUEÑOS DE LAS CASAS COLINDANTES

Las preguntas que constan en siguiente cuestionario, se aplicó al dueño de la empresa y dueños de viviendas colindantes a la empresa MASTER METAL, con el objetivo de conocer la opinión actual que tienen los interesados con respecto al ruido ambiental y vibraciones que se generan en la empresa.

N°	Preguntas
1	¿Considera Ud. que el ruido ambiental y las vibraciones que se generan en la empresa son demasiados?
2	¿Considera Ud. que el ruido ambiental y las vibraciones que se generan en la empresa pueden afectar la salud del personal de trabajo así como a los vecinos?
3	¿Cree Ud. que existe una afectación directa a las construcciones aledañas al sitio de trabajo?
4	¿Sabe Ud. si la empresa cuenta con un estudio de ruido y vibraciones?
5	¿Cree Ud. que la realización de medidas de control, protección y aseguramiento logren minimizar las molestias causadas por la actividad de la empresa?
6	Considera Ud. que debería haber un mayor control por parte de las autoridades para el aseguramiento del buen vivir de la comunidad con la empresa.

## ANEXO 2. ENCUESTA REALIZADA AL UNIVERSO EN ESTUDIO

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE**  
**AUTOMATIZACIÓN**

**OBJETIVO:** Conocer el nivel de exposición de ruido ambiental y vibraciones al que se encuentran expuestas las personas

**Instrucciones.** Seleccione con una X la respuesta que Ud. crea adecuada.

1. ¿Considera Ud. que en el área donde Ud. realiza sus actividades diarias, las molestias causadas por el ruido ambiental y las vibraciones suponen un riesgo grave para su salud?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

2. ¿Considera Ud. que se ven afectadas las instalaciones del lugar de trabajo así como las viviendas colindantes a la empresa, debido a las actividades mismas del trabajo?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

3. ¿Cuál de las siguientes áreas cree Ud. que genera más molestias? (Puede escoger una o más)

Área de acabados y pintura \_\_\_\_\_ Área de ensamblaje \_\_\_\_\_

Corte y Doblado \_\_\_\_\_

4. ¿Ha sentido Ud. algún malestar al realizar sus actividades diarias sean estas de

descanso, estudio o trabajo?

Nada \_\_\_\_\_ Poco \_\_\_\_\_ Mucho \_\_\_\_\_

5. ¿En algún momento Ud. ha visto necesario elevar el tono de voz para hacerse entender durante el desarrollo de sus actividades diarias?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

6. ¿Cree Ud. que la realización de medidas de control, protección y aseguramiento logren minimizar las molestias causadas por la actividad de la empresa?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

7. ¿Podría Ud. dar una sugerencia para minimizar las molestias causadas durante el proceso productivo de la empresa? En el caso de que su respuesta fuera afirmativa Comente.

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

8. ¿Considera Ud. que existe un control por parte de las autoridades para saber si las labores realizadas en la empresa están dentro de los límites establecido en la ley?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

9. ¿En el desarrollo de la jornada laboral cuánto tiempo considera Ud. que existen molestias causadas por el ruido ambiental y vibraciones?

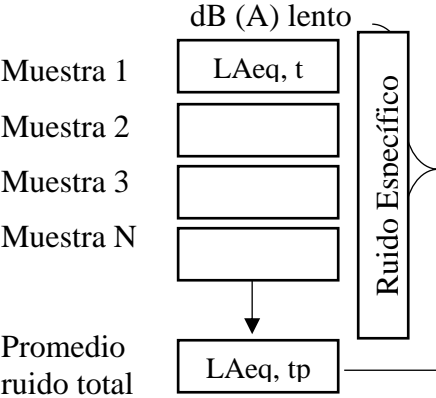
Siempre \_\_\_\_\_ Más de la mitad de la jornada \_\_\_\_\_ la mitad de la jornada \_\_\_\_\_  
Menos de la mitad de la jornada \_\_\_\_\_ Nunca \_\_\_\_\_

10. ¿Considera Ud. que el tráfico vehicular causa más molestias que el desarrollo de las actividades productivas de la empresa?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

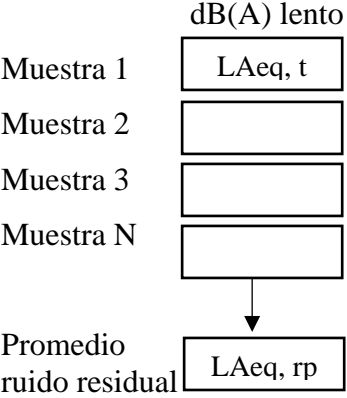
**Anexo 3.** Metodología para el cálculo del LKeq para el caso de: Ruido específico sin características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas.

Guido total (15s/5s)



Reportar:  
 1. L<sub>Amax</sub>  
 2. L<sub>A</sub>  
 De cada muestra de los ruidos  
 totales y residuales

Ruido residual (15s/5s)



Ruido Específico (Le)

$Le = LA_{eq, tp} - Kr$

L<sub>keq</sub> de la FFR

$L_{keq} = Le$

**Anexo 4.** Programa preventivo de control proyección y aseguramiento para mejorar las condiciones de trabajo de la empresa master metal.

**Tabla 42.** Medidas preventivas de control protección y aseguramiento.

<b>Medidas preventivas de control protección y aseguramiento</b>
<b>Actuación sobre la fuente:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recomienda un programa de mantenimiento preventivo, especialmente para las máquinas existentes en las áreas de corte y doblado, las cuales se identifican como productoras de más ruido ambiental y vibraciones, ya que los peligros causados por las instalaciones y equipos estableciendo procedimientos para las condiciones peligrosas en las que estas instalaciones e instalaciones están presentes o probables. que ocurra, por diseño, operación o circunstancias dentro del área de trabajo, inspeccionado periódicamente. Para una implementación exitosa, es recomendable tener en cuenta el tipo de actividades y su periodicidad, manteniendo un control mediante el establecimiento de hojas de seguimiento donde se registren todas las actividades, comprobaciones y modificaciones que debe sufrir un equipo durante un determinado período de tiempo.</li> <li>• Se hace necesario terminar la construcción del sellado total de las paredes de la empresa evitando así que salga la mayor cantidad de ruido ambiental hacia las viviendas aledañas.</li> <li>• Evaluar y medir los niveles de ruido ambiental con periodicidad, ya que al encontrarse una incertidumbre de niveles de 57,5 dB <math>\pm</math>8%, se recomienda una evaluación anual.</li> </ul>
<b>Control sobre el medio:</b>
<p>Para reducir el ruido de impacto hay que recubrir con material que absorba las superficies sobre las que impacta el metal después del corte, se debe utilizar etilvinilcetato (goma espuma) de 2,5 cm de espesor, el cual debe estar pegado al suelo, en la parte trasera de la máquina, donde el metal cae, evitando así ruidos molestos y vibraciones innecesarias</p>
<b>Control sobre la persona:</b>
<p>Al evidenciarse que no se supera los niveles permitidos por la normativa, no se hace necesario exigir el uso de protectores auditivos ni vibratoriales para la población que</p>



colinda con la empresa Master Metal, pero en el caso de que el malestar por el ruido ambiental y las vibraciones causen discomfort, se sugiere el uso de tapones auditivos y guantes anti vibraciones mismos que no causaran molestias por su uso.

Para la protección del personal de trabajo de la empresa se recomienda el uso de protectores auditivos sean estos orejeras o tapones dependiendo de la comodidad y adaptabilidad del personal con el trabajo realizado pero para los trabajadores si se hace necesario el uso se los EPP y para las vibraciones se hace necesario el uso de guantes de protección vibracional los cuales ayudan a disminuir las vibraciones que tienen los trabajadores.

<b>Tareas</b>	<b>Actividades a realizar</b>
<b>Mantenimiento de la maquinaria</b>	Se debe realizar la sustitución o ajuste de todas las piezas desgastadas o dañadas, para esto se verificará máquina por máquina.
	Se procederá a la lubricación correcta de la maquinaria mediante el engrase de las piezas que las necesiten.
	Para evitar suciedad en las instalaciones y maquinaria se realizara una limpieza regular de las máquinas y herramientas, esto se sugiere por lo menos una vez a la semana.
	Con la ayuda de técnico en maquinaria se debe comprobar la calibración de las máquinas regularmente, la sugerencia es de 2 veces al año
	Se debe realizar una inspección breve de las herramientas para probar que estén bien afiladas, caso contrario afilarlas.
<b>Reemplazo de máquinas y herramientas</b>	En el caso de que las Máquinas y herramientas se encuentren obsoletas así como la plegadora manual se deberá contemplar la opción de reemplazarlas por máquinas nuevas.

<b>Sustitución de procesos</b>	Se deberá evitar el trabajo con impactos de martillo al momento de unir las piezas de la carrocería, sustituyéndolo con herramientas de compresión como remachados.
	Se realizará trabajos con soldadura en vez de trabajos por impactos evitando así el uso del martillo.
	Prensado en vez de laminado o forjado
<b>Operaciones sistemáticas sobre la maquinaria</b>	En las superficies donde se encuentran las maquinas cizalla hidráulica, cizalla_ guillotina de viga se deberá colocar superficies absorbentes, como el plástico y el caucho, reduciendo el impacto por vibraciones generadas por el mismo tipo de trabajo
	Fijar bien las máquinas a su base para evitar movimientos innecesarios.
<b>Acción sobre superficies vibratorias</b>	Amortiguamiento
	Soporte adicional en caso de ser necesario
	Aumento de la rigidez del material
	Aumentar la masa de las áreas donde vibren las máquinas

**Anexo 5. Fotografías de las mediciones realizadas**



**Figura 35. Sonómetro Utilizado**



**Figura 36. Ubicación del sonómetro**



**Figura 37. Vibrómetro utilizado**

Anexo 6. Mapa referencial de las instalaciones en estudio



Figura 38. Mapa referencial de las instalaciones.

---

**No. 097-A**

**Lorena Tapia Núñez  
MINISTRA DEL AMBIENTE**

**Considerando:**

Que, el numeral 5 del artículo 3 de la Constitución de la República del Ecuador establece como un deber del Estado, planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al Buen Vivir;

Que, en el artículo 14 de la Constitución de la República, reconoce, el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, conservación de ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados;

Que, en el artículo 33 de la Ley de Gestión Ambiental se establecen como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento;

Que, el artículo 28-A de la Ley de Modernización, establece que la formación, extinción y reforma de los actos administrativos de las instituciones de la Función Ejecutiva, se regirán por las normas del Estatuto del Régimen Jurídico Administrativo de la Función Ejecutiva;

Que, el literal h) del artículo 10-2 del Estatuto del Régimen Jurídico Administrativo de la Función Ejecutiva, establece que le corresponde a dicha función del Estado la facultad de emitir normas para el adecuado y oportuno desarrollo y cumplimiento de la política pública y la prestación de los servicios, con el fin de dirigir, orientar o modificar la conducta de los agentes regulados;

Que, el artículo 89 del Estatuto del Régimen Jurídico Administrativo de la Función Ejecutiva, establece que los actos administrativos que expidan los órganos y entidades sometidos a este estatuto se extinguen o reforman en sede administrativa de oficio o a petición del administrado;

Que, el artículo 1 del Decreto Ejecutivo No. 849, publicado en el Registro Oficial No. 522 de 29 de agosto 2011, faculta al Ministerio del Ambiente, que por tratarse de su ámbito de gestión, a expedir mediante Acuerdo Ministerial, las normas que estime pertinentes para sustituir el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, publicado en la Edición Especial del Registro Oficial No. 02 de 31 de marzo de 2003;

Que, mediante Acuerdo Ministerial No. 061, publicado en la Edición Especial del Registro Oficial No. 316 de 4 de mayo de 2015, se reforma el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria;

Que, la Disposición Transitoria Décima Primera del Acuerdo Ministerial No. 061, establece que en tanto no sean derogados expresamente los anexos establecidos en el Acuerdo Ministerial No. 028 de 28 de enero de 2015, se entenderán como vigentes, para lo cual en plazo de 90 días contados a partir de la publicación en el Registro Oficial, se expedirán los anexos que contendrán las normas técnicas que complementarán la efectiva aplicación del presente instrumento;

Que, mediante Memorando Nro. MAE-SCA-2015-0354 de fecha 20 de julio de 2015, la Subsecretaría de Calidad Ambiental remite a la Coordinación General Jurídica las normas técnicas con sus respectivos informes de justificación de los cambios y actualizaciones técnicas, a fin de que se proceda con los trámites jurídicos correspondientes para la emisión de las mismas;

En ejercicio de las atribuciones que concede el numeral 1 del artículo 154 de la Constitución de la República y el artículo 17 del Estatuto del Régimen Jurídico Administrativo de la Función Ejecutiva:

**Acuerda:**

Expedir los Anexos del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

**Artículo 1.-** Expídase el Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua.

**Artículo 2.-** Expídase el Anexo 2, referente a la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados.

**Artículo 3.-** Expídase el Anexo 3, referente a la Norma de Emisiones al Aire desde Fuentes Fijas.

**Artículo 4.-** Expídase el Anexo 4, referente a la Norma de Calidad del Aire Ambiente o nivel de Inmisión.

**Artículo 5.-** Expídase el Anexo 5, referente a la Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles y Niveles Máximos de Emisión de Vibraciones y Metodología de Medición.

**DISPOSICIONES GENERALES**

**Primera.-** Los anexos descritos en los artículos anteriores pasarán a formar parte integrante del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, reformado mediante Acuerdo Ministerial No. 061.

**Segunda.-** El presente Acuerdo Ministerial entrará en vigencia a partir de su suscripción sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial y de su ejecución encárguese a la Subsecretaría de Calidad Ambiental, Direcciones Provinciales del Ministerio del Ambiente y Autoridades Ambientales de Aplicación Responsable.

Dado en Quito, a 30 de julio de 2015.

Comuníquese y publíquese.

f.) Lorena Tapia Núñez, Ministra del Ambiente.

**ANEXO 5 NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO Y METODOLOGÍA DE MEDICIÓN PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES Y NIVELES**

**NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO Y METODOLOGÍA DE MEDICIÓN PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES**

**INTRODUCCIÓN**

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- *Los niveles máximos de emisión de ruido emitido al medio ambiente por fuentes fijas de ruido (FFR).*
- *Los niveles máximos de emisión de ruido emitido al medio ambiente por fuentes móviles de ruido (FMR).*
- *Los métodos y procedimientos destinados a la determinación del cumplimiento de los niveles máximos de emisión de ruido para FFR y FMR.*

**1. OBJETO**

La presente norma tiene por objeto el preservar la salud y bienestar de las personas y del medio ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos de emisión de ruido para FFR y FMR.

Están sujetos a las disposiciones de esta norma todas las FFR y FMR, públicos o privados, salvo las siguientes exclusiones:

G

- *La exposición a la contaminación acústica producida en los ambientes laborales, se sujetará al Código de Trabajo y reglamentación correspondiente.*
- Las aeronaves se registrarán a las normas establecidas por la Dirección General de Aviación Civil y los convenios y tratados internacionales ratificados.
- *Otros determinados por la Autoridad Ambiental Nacional.*

**2. DEFINICIONES**

Para el propósito de esta norma se consideran varias definiciones establecidas en la norma UNE-EN ISO 1996-1:2009, y otras que a continuación se indican:

**2.1 Definiciones generales**

**2.1.1 Decibel (dB)**

Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión sonora en esta norma.

**2.1.2 Puntos Críticos de Afectación (PCA)**

Sitios o lugares, cercanos a una FFR, ocupados por receptores sensibles (humanos, fauna, etc.) que requieren de condiciones de tranquilidad y serenidad.

La definición de cercano en esta norma no se refiere a una distancia en metros, sino se refiere a los sitios o lugares en los cuales se escucha el ruido proveniente de una FFR.

**2.1.3 Horarios**

Para efectos de aplicación de esta norma, se establecen los siguientes periodos:

DIURNO: De las 07:01 a las 21:00 horas

NOCTURNO: De las 21:01 a las 07:00 horas

**2.1.4 Generadores de Electricidad de Emergencia**

Para propósitos de esta norma, el término designa al conjunto mecánico de un motor de combustión interna y un generador de electricidad, instalados en una ubicación fija o que puedan ser transportados e instalados en un lugar específico, y que es empleado para la generación de energía eléctrica de emergencia en instalaciones tales como edificios de oficinas y/o de apartamentos, centros comerciales, hospitales, clínicas, industrias, etc.

**2.2 Fuentes**

**2.2.1 Fuente Emisora de Ruido (FER)**

Toda actividad, operación o proceso que genere o pueda generar emisiones de ruido al ambiente, incluyendo ruido proveniente de seres vivos.

**2.2.2 Fuente Fija de Ruido (FFR)**

Para esta norma, la fuente fija de ruido se considera a una fuente emisora de ruido o a un conjunto de fuentes emisoras de ruido situadas dentro de los límites físicos y legales de un predio ubicado en un lugar fijo o determinado. Ejemplo de estas fuentes son: metal mecánicas, lavaderos de carros, fabricas, terminales de buses, discotecas, etc.

**2.2.3 Fuente Móvil de Ruido (FMR)**

Para efectos de la presente norma, se entiende como fuentes móviles de ruido a todo vehículo motorizado que pueda emitir ruido al medio ambiente. Si una FMR se encontrase dentro de los límites de una FFR será considerada como una FER perteneciente a esta última.

**2.3 Niveles**

**2.3.1 Nivel de Presión Sonora (L o NPS)**

Diez veces el logaritmo decimal del cuadrado del cociente de una presión sonora cuadrática determinada y la presión acústica de referencia, que se obtiene con una ponderación frecuencial y una ponderación temporal normalizadas.

Para efectos de la presente norma la ponderación a usarse será la A o C según el caso y, constante del tiempo LENTO o IMPULSIVO según el caso.

**2.3.2 Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (Leq)**

Diez veces el logaritmo decimal del cuadrado del cociente de una presión sonora cuadrática media durante un intervalo de tiempo determinado y la presión acústica de referencia, que se obtiene con una ponderación frecuencial normalizada.

## **2.4 Definiciones de tipo de ruido**

### **2.4.1 Ruido Específico**

Es el ruido generado y emitido por una FFR o una FMR. Es el que se cuantifica y evalúa para efectos del cumplimiento de los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en esta norma a través del  $L_{Keq}$  (Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido). Ver Anexos 2 y 3.

### **2.4.2 Ruido Residual**

Es el ruido que existe en el ambiente donde se lleva a cabo la medición en ausencia del ruido específico en el momento de la medición.

### **2.4.3 Ruido Total**

Es aquel ruido compuesto por el ruido específico y el ruido residual.

### **2.4.4. Ruido Impulsivo**

Ruido caracterizado por breves incrementos importantes de la presión sonora. La duración de un ruido impulsivo es generalmente inferior a 1s.

## **2.5 Usos del suelo**

Ver Anexo 1

## **3. CONSIDERACIONES GENERALES**

- a) La Autoridad ambiental competente podrá practicar las visitas, inspecciones, mediciones y comprobaciones que sean necesarias para verificar el adecuado cumplimiento de las disposiciones contenidas en esta norma. El costo que ocasione la realización de inspecciones, visitas o mediciones correrá a cargo de los responsables de las actividades que generan las emisiones.
- b) El Plan de Relaciones Comunitarias del plan de manejo ambiental, debe considerar encuestas de percepción y perturbación por ruido.
- c) Es deber fundamental del regulado reportar ante la entidad ambiental competente los resultados de los monitoreos correspondientes a sus emisiones de ruido de acuerdo a lo establecido en su plan de manejo ambiental aprobado al menos una vez al año.
- d) Para la aprobación de estudios ambientales de aquellas actividades que involucren FER se tomará en cuenta la evaluación ambiental de ruido y las medidas de control de ruido propuestas para mitigar su impacto.
- e) El regulado deberá demostrar documentada y técnicamente la eficacia de las medidas de control de ruido propuestas cuando estas fueran requeridas.

- f) En proyectos que involucren la ubicación, construcción y operación de aeródromos públicos o privados deberán ajustarse a la Norma de Ruido de Aeropuertos, el promotor del proyecto proveerá a la Entidad Ambiental de Control el debido estudio de impacto ambiental, el cual requerirá demostrar las técnicas u operativas a implementarse a fin de alcanzar el cumplimiento con la presente norma para niveles de ruido.
- g) Los GAD Municipales deben controlar el uso de alarmas en vehículos y edificaciones, así como el uso de bocinas, campanas, sistemas de amplificación de sonido, sirenas o artefactos similares.
- h) Los GAD Municipales en función del grado de cumplimiento de esta norma podrá señalar zonas de restricción temporal o permanente de ruido, con el objetivo de mejorar la calidad ambiental
- i) Los GAD Municipales regularán el uso de sistemas de altavoces fijos o en vehículos, con fines de promocionar la venta o adquisición de cualquier producto.
- j) Los GAD Municipales podrán autorizar, por razones de interés general o de especial significación ciudadana o con motivo de la organización de actos con especial proyección oficial, cultural, religiosa o de naturaleza análoga, la modificación o suspensión con carácter temporal de los niveles establecidos en la Tabla 1.
- k) Los GAD Municipales establecerán los mecanismos necesarios para regular la instalación y funcionamiento de circos, ferias y juegos mecánicos o cualquier otro tipo de FFR que pudiese ser considerada como de "permanencia temporal" en sitios colindantes a establecimientos de salud, guarderías, centros educativos, bibliotecas, lugares de culto o PCA.
- l) Las FFR de uso emergente no requieren presentar informes periódicos de auto monitoreo de ruido, no obstante deberán contar con medidas de insonorización que les permita cumplir con los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en la presente norma y llevar un registro periódico de mantenimiento.
- m) Los Laboratorios que realicen evaluaciones de ruido deben estar acreditados ante el Organismo Oficial de Acreditación y desarrollar estas actividades con personal competente.

## **4. NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR Y FMR**

### **4.1. Niveles máximos de emisión de ruido para FFR**

**4.1.1** El nivel de presión sonora continua equivalente corregido,  $L_{Keq}$  en decibelios, obtenido de la evaluación de ruido emitido por una FFR, no podrá exceder los niveles que se fijan en la Tabla 1, de acuerdo al uso del suelo en que se encuentre.



Tabla 1: NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO (LKeq) PARA FUENTES FIJAS DE RUIDO

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

4.1.2 El Anexo 1 define los usos de suelo, que son utilizados en esta norma como referencia para establecer los niveles máximos de ruido (LKeq) para FFR.

4.1.3 La FFR deberá cumplir con los niveles máximos de emisión de ruido en los puntos de medición determinados para la evaluación (Ver 5.2.1), para lo cual deberá obtener de la administración municipal correspondiente, el certificado que indique el uso de suelo específico en la que se encuentren ubicado.

4.1.4 En aquellas situaciones en que se verifiquen conflictos o inexistencia de la definición del uso de suelo, será la Autoridad ambiental competente la que determine el nivel máximo de emisión de la FFR a ser evaluada en función de los PCA. Si aún la Autoridad ambiental competente no pudiese determinar el nivel máximo de emisión, se deberá aplicar como criterio el objetivo de esta norma el cual es el preservar la salud y bienestar de las personas y del ambiente.

4.1.5 Es obligación de la FFR en usos de suelo PE y RN realizar un estudio del nivel de ruido ambiental existente en la zona. Este estudio debe establecer los niveles de ruido ambiental natural típicos (sin lluvias u otro ruido dominante ajeno al que existe naturalmente) para los periodos diurno y nocturno establecidos en esta norma.

#### 4.2 Niveles máximos de emisión de ruido para FMR

4.2.1 El nivel máximo de emisión de ruido emitido por FMR, expresado en dB(A) no podrá exceder los niveles que se fijan en la Tabla 2.

4.2.2 El control de los niveles de ruido permitidos para los automotores se realizará en los centros de revisión y control vehicular de los GAD Municipales y en la vía pública.

Tabla 2: NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN PARA FUENTES MÓVILES DE RUIDO

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	NPS MAXIMO (dBA)
	De hasta 200 c.c	80
Motocicletas	Entre 200 y 500 c.c.	85
	Mayores a 500 c. c.	86
Vehículos	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor.	80
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso no mayor a 3,5 toneladas	81
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso mayor a 3,5 toneladas.	82

	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, peso mayor a 3,5 toneladas, y potencia de motor mayor a 200 HP.	85
	Peso máximo hasta 3,5 toneladas.	81
Vehículo de Carga:	Peso máximo de 3,5 toneladas hasta 12 toneladas	86
	Peso máximo mayor a 12 toneladas.	88

## 5. DE LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE RUIDO PRODUCIDOS POR UNA FFR

### 5.1 De la evaluación ambiental base de ruido

**5.1.1** La evaluación ambiental base de ruido tiene por objeto identificar las fuentes emisoras de ruido, los niveles de presión sonora más altos en el perímetro de la FFR y los PCA que pudiesen ser afectados por esta.

**5.1.2** Esta evaluación deberá determinar toda actividad, operación o proceso que conlleve emisión de ruido y que se constituya como fuente emisora de ruido (FER), así como su contribución en tiempo y nivel al ruido emitido por la FFR.

**5.1.3** Se deberá identificar los lugares, en el perímetro de la FFR, donde se emiten los niveles de ruido más alto, así como los PCA cercanos.

**5.1.4** Se debe levantar y reportar como mínimo la siguiente información:

- *NPS y donde estos son más altos en el perímetro de la FFR.*
- *FER.*
- *El uso de suelo donde se encuentra la FFR.*
- *PCA.*
- *Los usos de suelo colindantes, de ser el caso o de requerirse.*
- *Identificación de fuentes de ruido que contribuyen al ruido residual.*

Para cada una de las FER de la FFR:

- *Descripción del proceso y de su simultaneidad con otros procesos.*
- *Equipos o maquinaria involucrada.*
- *Periodos temporales de operación.*
- *Puntos de potencial afectación correspondientes.*
- *Emisión de ruidos impulsivos o con contenido importante de bajas frecuencias.*
- *Otros que sean relevantes.*

Otros:

- *Mapa de la FFR con la ubicación de las FER observadas.*

- *Mapa de ubicación de los eventuales lugares de afectación y de las FFR ajenas en el entorno.*

**5.1.5** Los puntos críticos de afectación serán definidos por el sujeto de control dentro de sus estudios ambientales (EsIA, Ficha Ambiental, PMA, AAc, etc.), y podrán ser modificados justificadamente por la Autoridad ambiental competente cuando lo considerase.

### 5.2 Metodología para la medición, cuantificación y determinación del nivel del ruido para FFR.

#### 5.2.1 Puntos de Medición

Para efectos de esta norma la medición del ruido específico de una FFR se realizará:

- *En los puntos críticos de afectación (PCA) determinados en: la evaluación ambiental base de ruido y estudios ambientales, o aquellos determinados por la Autoridad ambiental competente.*
- *En sitios y momentos donde la FFR emita los NPS más altos en el perímetro exterior (fuera del lindero).*

#### 5.2.2 Número Mínimo De Puntos De Medición

No se fija un número mínimo de puntos de medición, sin embargo se recomienda que el número mínimo de puntos de medición se los determine a través de los siguientes criterios:

- *Tomando en cuenta los PCA cercanos a la FFR.*
- *Tomando en cuenta los NPS más altos emitidos por la FFR en su perímetro exterior.*

#### 5.2.3 Determinación De Los Sitios Donde Se Debe Llevar A Cabo La Medición

##### 5.2.3.1 Sitios donde existen PCA cercanos

Estos sitios serán determinados a través de la evaluación ambiental base de ruido realizada por los sujetos de control dentro de la línea base o diagnóstico ambiental.

De no existir la evaluación ambiental base se deberá realizar un sondeo del nivel de ruido específico en el perímetro exterior de la FFR y se definirán los puntos de medición en base a los criterios del numeral 5.2.1.

##### 5.2.3.2 Sitios donde la emisión de ruido de la FFR es más alta

Estos sitios serán determinados a través de la evaluación ambiental base de ruido realizada por los sujetos de control dentro de la línea base o diagnóstico ambiental de la actividad o proyecto a ejecutarse.

De no existir la evaluación ambiental base se deberá realizar un sondeo del nivel de ruido específico en el perímetro exterior de la FFR y se definirán los puntos de medición en base a los criterios del numeral 5.2.1.

#### **5.2.4 Criterios Acerca Del Punto De Medición**

Se determinará el punto de medición considerando el sitio/punto donde el ruido específico es más alto, por fuera del perímetro, límites físicos, linderos o líneas de fábrica de la FFR.

Se deberá tomar en consideración la topografía del medio y la ubicación del PCA.

La medición debe ser realizada en el punto determinado y el evaluador deberá minimizar el efecto de superficies que reflejen el sonido. Por lo menos a una distancia de 3 metros de una superficie reflectante.

#### **5.2.5 Momentos En Los Que Se Debe Llevar A Cabo La Medición**

El personal de evaluación es responsable de efectuar la medición en el (los) momento(s) en los cuales la FFR emite los NPS más altos para cada punto de evaluación, en condiciones normales de funcionamiento.

#### **5.2.6 Requisitos De Los Equipos De Medición**

Las evaluaciones deben realizarse utilizando sonómetros integradores clase 1 o clase 2, de acuerdo a la Norma de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 61672-1:2002, o cualquiera que la sustituya.

Para verificar el correcto funcionamiento del sonómetro durante las mediciones, se utilizará un calibrador acústico que sea apropiado para el sonómetro. Se medirá el NPS del calibrador con el sonómetro antes y después de la medición, estos NPS deben constar en el informe de mediciones. El sonómetro podrá ser usado para la medición solo si el NPS medido con el calibrador tiene una desviación máxima acorde al criterio del Servicio de Acreditación Ecuatoriano o el que lo reemplace.

Los equipos de medición de ruido y sus componentes deberán estar en óptimas condiciones de funcionamiento y poseer los debidos certificados de calibración, emitidos por un laboratorio competente. Se recomienda que los certificados de calibración de los calibradores acústicos sean renovados cada año calendario y el de los sonómetros cada dos. No se permitirá la realización de mediciones con instrumentos cuyos certificados de calibración hayan caducado.

#### **5.2.7 Condiciones Ambientales Durante La Medición**

Las mediciones no deben efectuarse en condiciones adversas que puedan afectar el proceso de medición, por ejemplo: presencia de lluvias, truenos, etc.

El micrófono debe ser protegido con una pantalla protectora contra el viento durante las mediciones.

Las mediciones deben llevarse a cabo, solamente, cuando la velocidad del viento sea igual o menor a 5 m/s.

#### **5.2.8 Ubicación del Sonómetro**

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

#### **5.2.9 Ruido Residual en el Momento de la Medición**

Durante la medición, el ruido residual debe ser tal que influya de manera mínima en el ruido total, es decir que la contribución del ruido específico de la FFR en el ruido total sea máxima.

### **5.3 Metodología para determinar los niveles del ruido específico y el Lkeq**

#### **5.3.1 Métodos para la toma de muestras de ruido y determinación de Lkeq**

Para la medición de ruido total y residual esta norma contempla el uso de dos métodos que pueden ser usados según el caso lo requiera.

##### **5.3.1.1 Método de 15 segundos ( Leq 15s)**

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

##### **5.3.1.2 Método de 5 segundos (Leq 5s)**

En este método se tomarán y reportarán un mínimo de 10 muestras, de 5 segundos cada una.

#### **5.3.2 Consideraciones para el muestreo**

Se utilizará el mismo método (Leq 15s o Leq 5s) para medir el ruido total y el residual.

La serie de muestras reportadas se considerará válida, cuando la diferencia entre los valores extremos obtenidos en ella, sea menor o igual a 4 dB.

Con la finalidad de validar los niveles de ruido durante las mediciones y facilitar el análisis y comparación de las muestras, se reportarán: el NPS mínimo (L<sub>Amin</sub>) y el NPS máximo (L<sub>Amax</sub>) medidos de cada muestra.

Se escogerá el método del numeral 5.3.1.1 o 5.3.1.2 de acuerdo al caso específico de análisis.

#### **5.3.3 Protocolo de medición y determinación del Lkeq**

5.3.3.1 Método para calcular el Lkeq para el caso de: Ruido específico sin características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas.

La metodología de medición para este caso se encuentra detallada en el Anexo 3.1: Flujo 01.

5.3.3.2 Método para calcular el LK<sub>eq</sub> para el caso de: Ruido específico sin características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.

La metodología de medición para este caso se encuentra detallada Anexo 3.2: Flujo 02.

5.3.3.3 Método para calcular el LK<sub>eq</sub> para el caso de: Ruido específico con características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas.

La metodología de medición para este caso se encuentra detallada en Anexo 3.3: Flujo 03.

5.3.3.4 Método para calcular el LK<sub>eq</sub> para el caso de: Ruido específico con características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.

La metodología de medición para este caso se encuentra detallada Anexo 3.4: Flujo 04.

#### 5.3.4 Determinación de los niveles de los ruidos específicos ((L<sub>e</sub>, L<sub>Ie</sub> y L<sub>Ce</sub>))

El nivel de ruido específico se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Ruido específico} = \text{Ruido Total} - K$$

Dónde:

K = corrección por ruido residual, según el caso. K puede ser: K<sub>r</sub>, K<sub>r</sub>i o K<sub>r</sub>c (Ver anexos 3.1 a 3.4 y Anexo 2)

El término de corrección debido a la contribución por ruido residual (K), se lo determina para todos los casos de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$K = -10 \log (1 - 10^{-0.1\Delta L})$$

Dónde:

$\Delta L$  = Ruido total promedio – Ruido residual promedio

$\Delta L$  puede ser:

$\Delta L_r = L_{Aeq,tp} - L_{Aeq,rp}$  ( $\Delta L_r$  se utiliza para calcular K<sub>r</sub>)

$\Delta L_c = L_{Ceq,tp} - L_{Ceq,rp}$  ( $\Delta L_c$  se utiliza para calcular K<sub>r</sub>c)

$\Delta L_i = L_{Aeq,tp} - L_{Aeq,rp}$  ( $\Delta L_i$  se utiliza para calcular K<sub>r</sub>i)

Para todos los casos, el valor de diferencia de nivel ( $\Delta L$ ) es válido solo si este es igual o mayor a 3 dB. Si la diferencia de nivel  $\Delta L_r$  es inferior a 3dB se deberá tomar en cuenta el literal 5.3.4.1. Si  $\Delta L_c$  y/o  $\Delta L_i$  son menores que 3 dB no se calculará K<sub>r</sub>i y/o K<sub>r</sub>c.

Para calcular las correcciones K<sub>imp</sub> y K<sub>bf</sub> se requiere conocer el Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente del ruido específico medido con ponderación A (L<sub>e</sub>), si no se puede determinar el L<sub>e</sub> mediante mediciones los valores para L<sub>Ie</sub> y L<sub>Ce</sub> se descartan.

Los valores reportados siempre deben presentarse en números enteros. En caso de obtener valores decimales, deben redondearse.

5.3.4.1 Casos para cuando se requiere el criterio de la Autoridad ambiental competente

- Cuando la diferencia aritmética entre el ruido total y el ruido residual del caso  $\Delta L_r$  sea menor a tres decibeles, será necesario efectuar la medición bajo condiciones de menor ruido residual. Si bajo condiciones de menor ruido residual posible, persiste la diferencia, se considerará que no existen las condiciones para llevar a cabo mediciones que permitan cuantificar el LK<sub>eq</sub> de la fuente. En estos casos, la Autoridad ambiental competente -previo análisis técnico- deberá determinar si existe incumplimiento por parte de la FFR.
- Si el ruido específico de la FFR es más bajo que el ruido residual existente en el ambiente en horas normales de funcionamiento, el criterio que se debería aplicar es que la FFR debe cumplir con los niveles máximos de emisión de ruido según el uso de suelo.
- Si el ruido de la FFR no es audible en el perímetro exterior de la FFR, aun en condiciones de ruido residual bajo, la Autoridad ambiental competente en estos casos, previo análisis técnico, deberá determinar si existe incumplimiento por parte de la FFR.
- Cuando la FFR no pueda apagar las FER sujetas a evaluación imposibilitando medir el ruido residual, y si el ruido de estas son audibles, no se aplicará corrección por ruido residual, es decir K=0. En este caso el ruido total promedio será el reportado como LK<sub>eq</sub>.

Cuando el ruido específico (L<sub>Aeq,tp</sub>) es más alto que el ruido residual (L<sub>Aeq,rp</sub>), la corrección K<sub>r</sub> da una reducción máxima de tres decibeles del ruido total. En estos casos la FFR puede aceptar que el ruido total es el ruido específico y de esa manera evitar realizar mediciones de ruido residual.

5.3.4.2 Información mínima a reportarse

Ver Anexo 5

## 6. MEDICIÓN DE RUIDO PARA FMR

### 6.1 Determinación de niveles de emisión de ruido emitido por FMR

6.1.1 La determinación de los niveles de emisión de ruido se realizará de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ISO 5130:2007, o su equivalente

6.1.2 Las mediciones se efectuarán con el vehículo estacionado, a su temperatura normal de funcionamiento, y acelerado a  $\frac{3}{4}$  de su capacidad.

6.1.3. En la medición se utilizará un sonómetro normalizado, previamente calibrado, con filtro de ponderación A y en respuesta "Fast". Los sonómetros a utilizarse deberán cumplir con los requerimientos señalados por la norma IEC 61672 o su equivalente para la Clase 1.

6.1.4 El micrófono del sonómetro se ubicará a una distancia de 0,5 m del tubo de escape del vehículo siendo ensayado, y a una altura correspondiente a la salida del tubo de escape, pero que en ningún caso será inferior a 0,2 m. (Figura 1a) El micrófono será colocado de manera tal que forme un ángulo de 45 grados con el plano vertical que contiene la salida de los gases de escape. (Figura 1b)

6.1.5 En el caso de vehículos con descarga vertical de gases de escape, el micrófono se situará a la altura del orificio de escape, orientado hacia lo alto y manteniendo su eje vertical, y a 0,5 m de la pared más cercana del vehículo (Figura 1c).

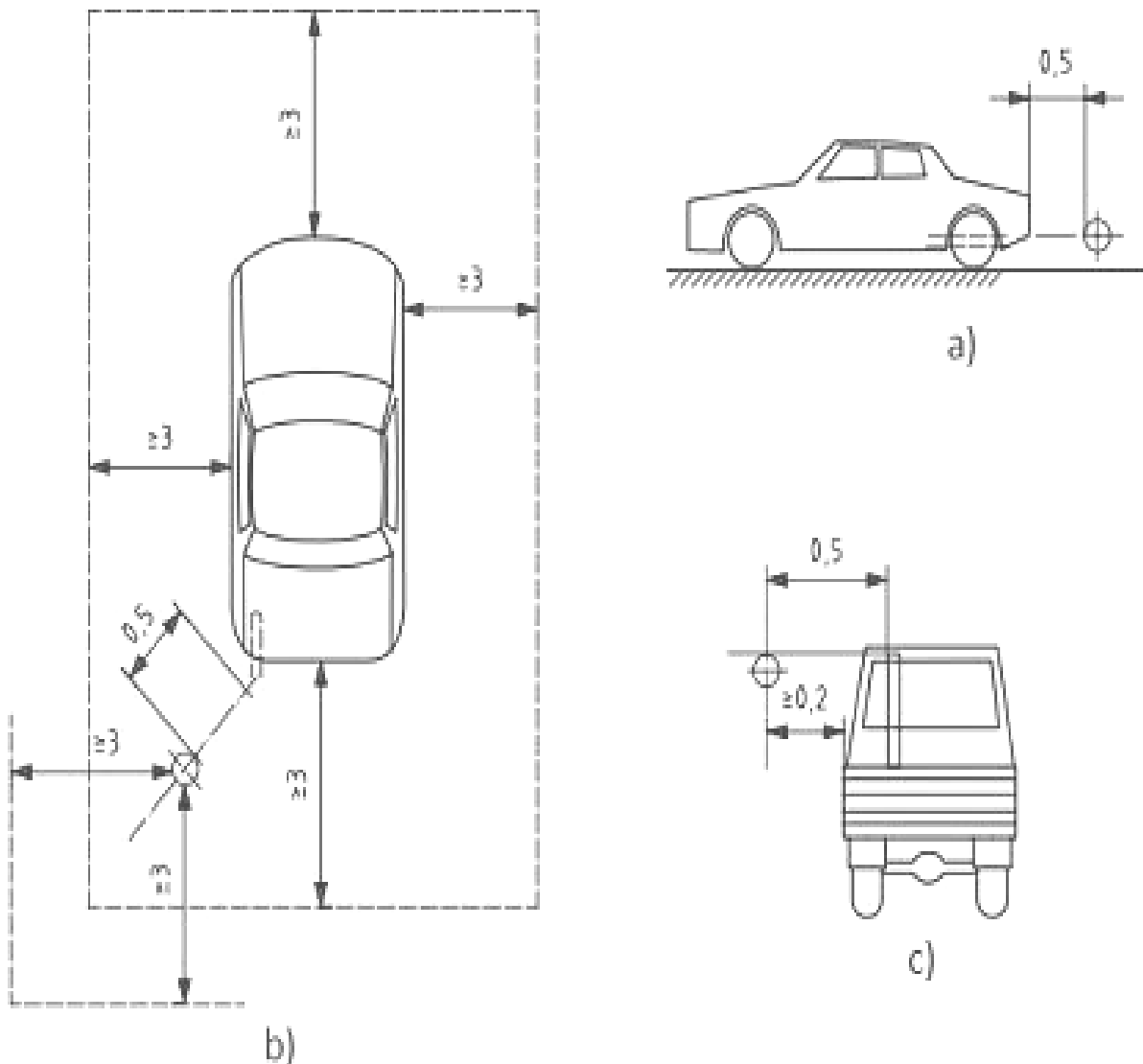


Figura 1: MEDICIÓN DE RUIDO PARA FMR

Fuente: ISO 5130:2007

## 7. DE LOS MAPAS DE RUIDO

7.1 Corresponde a los GAD Municipales con una población mayor o igual a 250.000 habitantes elaborar mapas de ruido ambiental como una herramienta estratégica para la gestión del control de la contaminación acústica y la planificación territorial.

7.2 En aquellos casos en que la gestión ambiental lo requiera, la Autoridad Ambiental Nacional podrá requerir la elaboración de mapas de ruido en poblaciones menores a 250.000 habitantes.

7.3 En la primera etapa de elaboración de mapas de ruido ambiental se detallará solo el ruido de las principales vías

donde se generan altos niveles de ruido debido a vehículos automotores.

7.4 Para la elaboración de los mapas de ruido ambiental, en la primera etapa, los GAD Municipales disponen de cuatro años a partir de la publicación de la presente norma. Para el cumplimiento de este artículo la Autoridad Ambiental Nacional solicitará la presentación de avances periódicos relacionados con la elaboración de los mapas de ruido.

7.5 La elaboración de los mapas debe concentrarse en zonas donde el ruido tenga o pueda tener una afectación negativa en sitios considerados como críticos (especialmente en lugares de asentamientos humanos).

7.6 Los mapas de ruido ambiental serán elaborados utilizando técnicas y procedimientos apropiados. Estos serán aprobados por el Autoridad Ambiental Nacional durante el seguimiento que llevara a cabo.

7.7 Los mapas de niveles sonoros deberán elaborarse con la representación de curvas isofónicas que delimiten los siguientes rangos: <50, 50-55, 55-60, 60-65, 65-70, 70-75, 75-80, >80, en dB (A); estos valores de isófonas serán obtenidos para el periodo diurno y nocturno.

## **ANEXO 1**

### ***Título: Usos del suelo***

Uso de suelo se define como el destino asignado a los predios en relación con las actividades a ser desarrolladas en ellos. Estos deben acatarse a lo que disponga el instrumento de planificación territorial pertinente, el cual debe fijar los parámetros, regulaciones y normas específicas para el uso, ocupación, edificación y habilitación del suelo en el territorio en el que este rige.

Este anexo define los usos de suelo que son utilizados en esta norma como referencia para establecer los niveles máximos de emisión de ruido (LKeq) para FFR.

Las Autoridades ambientales competentes deben utilizar estas definiciones en conjunto con la Tabla 1 como guías para determinar los niveles LKeq en cada uno de los usos de suelo existentes en su territorio.

### **Uso Residencial (R1)**

Es aquel que tiene como destino principal la vivienda humana permanente. Los usos compatibles, actividades complementarias y condicionadas a este uso deberán cumplir con los niveles máximos de emisión de ruido para este uso de suelo.

El nivel máximo de emisión para uso residencial también aplica al uso de suelo destinado a resguardar el patrimonio cultural, el cual se refiere al suelo ocupado por áreas, elementos o edificaciones que forman parte del legado histórico o con un valor patrimonial que requieren preservarse y recuperarse.

### **Uso Industrial (ID)**

Es aquel que tiene como destino actividades de elaboración, transformación, tratamiento y manipulación de insumos en general para producir bienes o productos materiales.

El suelo industrial se clasifica en: industrial 1, industrial 2, industrial 3 e industrial 4.

### **Industrial 1 (ID1)**

Comprende los establecimientos industriales y actividades cuyos impactos ambientales, o los niveles de contaminación generados al medio ambiente, son considerados no significativos.

### **Industrial 2 (ID2)**

Comprende los establecimientos industriales y las actividades cuyos impactos ambientales, o los niveles de contaminación generados al medio ambiente, son considerados de bajo impacto.

### **Industrial 3 (ID3)**

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

### **Industrial 4 (ID4)**

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

### **Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1)**

Destinado a actividades e instalaciones que generen bienes y servicios relacionados a la satisfacción de las necesidades de desarrollo social de los ciudadanos tales como: salud, educación, cultura, bienestar social, recreación y deporte, religioso, etc.

### **Equipamiento de Servicios Públicos (EQ2)**

Destinado a actividades de carácter de gestión y los destinados al mantenimiento del territorio y sus estructuras, tales como: seguridad ciudadana, servicios de la administración pública, servicios funerarios, transporte, instalaciones de infraestructura, etc.

### **Uso Comercio (CM)**

Es el destinado a actividades de intercambio de bienes y servicios en diferentes escalas y coberturas.

Por su naturaleza y su radio de influencia se los puede integrar en: comercial y de servicio barrial, comercial y de servicio sectorial, comercial y de servicios zonal, comercial y de servicios de ciudad.

### **Uso Agrícola Residencial (AR)**

Corresponde a aquellas áreas y asentamientos humanos concentrados o dispersos, vinculados con las actividades agrícolas, pecuarias, forestales, piscícolas, etc.

**Uso Protección Ecológica (PE)**

Corresponde a las áreas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, al Sistema Nacional de Bosques Protectores, a los manglares, los humedales, páramos, etc.

**Uso Recursos Naturales (RN)**

Corresponde a aquellas áreas destinadas al manejo, extracción y transformación de recursos naturales renovables y no renovables.

**Uso Múltiple (MT)**

Es el que está compuesto por dos o más usos de suelo

ANEXO 2

**Título: Definiciones de acrónimos utilizados en los flujos 01, 02, 03 y 04**

**Ponderaciones**

A = ponderación A

C = ponderación C

I = ponderación de tiempo Impulsivo

**Tipos de Ruido**

t = total

r = residual

e = específico

**General**

L = nivel de presión sonora

eq = equivalente

p = promedio de las muestras Leq (promedio logarítmico)

$$LeqPromed = 10 \log \left[ \frac{1}{n_i} * \left( 10^{0.1Leq_1} + 10^{0.1Leq_2} + \dots + 10^{0.1Leq_i} \right) \right]$$

**Leq para Ruido Total**

**L<sub>Aeq,t</sub>** = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A del ruido total.

**L<sub>Ceq,t</sub>** = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación C del ruido total.

**L<sub>Aleq,t</sub>** = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A y ponderación temporal normalizada IMPULSIVO del ruido total.

**L<sub>Aeq,tp</sub>** = Promedio de las muestras L<sub>Aeq,t</sub>.

**L<sub>Ceq,tp</sub>** = Promedio de las muestras L<sub>Ceq,t</sub>.

**L<sub>Aleq,tp</sub>** = Promedio de las muestras L<sub>Aleq,t</sub>.

**Leq para Ruido Residual**

**L<sub>Aeq,r</sub>** = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A del ruido residual.

**L<sub>Ceq,r</sub>** = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación C del ruido residual.

**L<sub>Aleq,r</sub>** = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A y con ponderación temporal normalizada IMPULSIVO del ruido residual.

**L<sub>Aeq,rp</sub>** = Promedio de las muestras L<sub>Aeq,r</sub>.

**L<sub>Ceq,rp</sub>** = Promedio de las muestras L<sub>Ceq,r</sub>.

**L<sub>Aleq,rp</sub>** = Promedio de las muestras L<sub>Aleq,r</sub>.

**Leq para Ruido Especifico**

**Le** = Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente del ruido específico medido con ponderación A.

**L<sub>Ie</sub>** = Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente del ruido específico medido con ponderación de tiempo IMPULSIVO.

**L<sub>Ce</sub>** = Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente del ruido específico medido con ponderación C.

**Correcciones**

**K<sub>imp</sub>** = Corrección en dB que se da al ruido específico (Le) si este tiene características impulsivas, ver Anexo 3.3.

**K<sub>bf</sub>** = Corrección en dB que se da al ruido específico (Le) cuando este tiene un contenido energético alto en frecuencias bajas, ver Anexo 3.2.

**K<sub>r</sub>** = Corrección por ruido residual para el caso de mediciones del L<sub>Aeq</sub>.

**K<sub>ri</sub>** = Corrección por ruido residual para el caso de mediciones de L<sub>Aleq</sub>.

**K<sub>rc</sub>** = Corrección por ruido residual para el caso de mediciones de L<sub>Ceq</sub>.

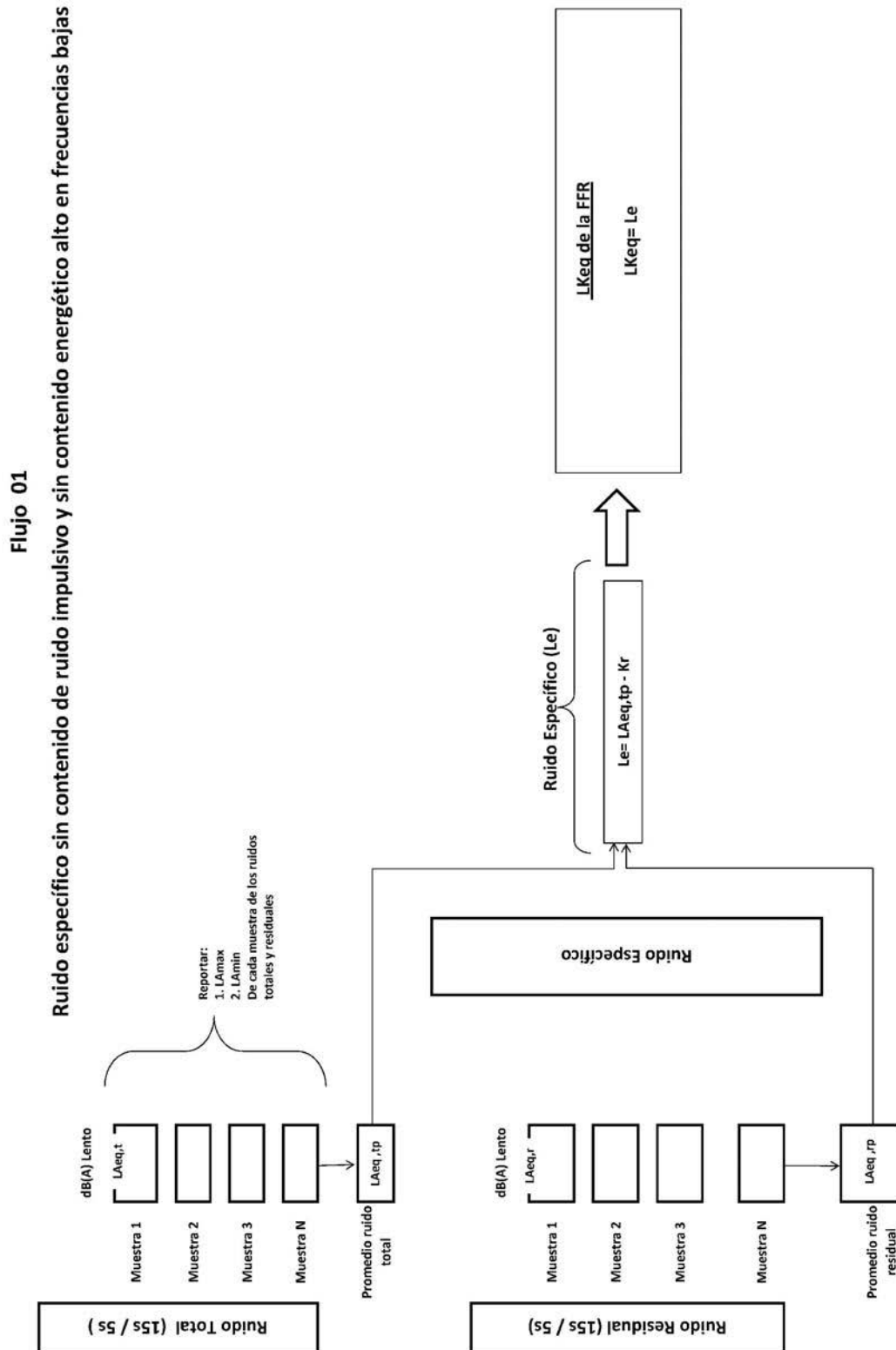
**Otros**

**L<sub>Keq</sub>** = Nivel de presión sonora continua equivalente corregido. Según el caso el L<sub>Keq</sub> puede ser:

- L<sub>Keq</sub> = Le (Ver Anexo 3.1)
- L<sub>Keq</sub> = Le + K<sub>bf</sub> (Ver Anexo 3.2)
- L<sub>Keq</sub> = Le + K<sub>imp</sub> (Ver Anexo 3.3)
- L<sub>Keq</sub> = Le + K<sub>bf</sub> + K<sub>imp</sub> (Ver Anexo 3.4)

ANEXO 3.1 – Flujo 01

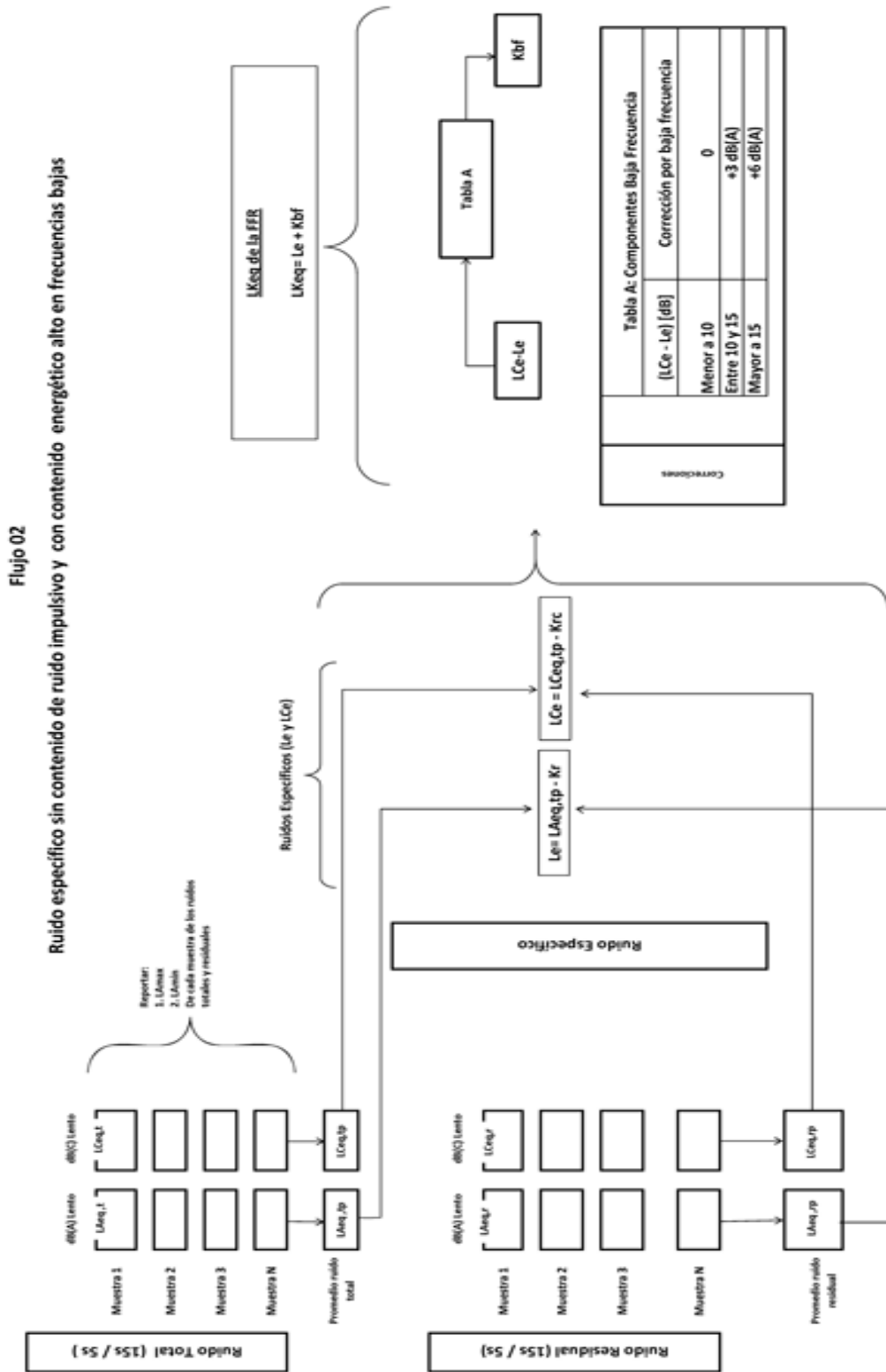
Método para calcular el  $L_{Keq}$  para el caso de: Ruido específico sin características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas



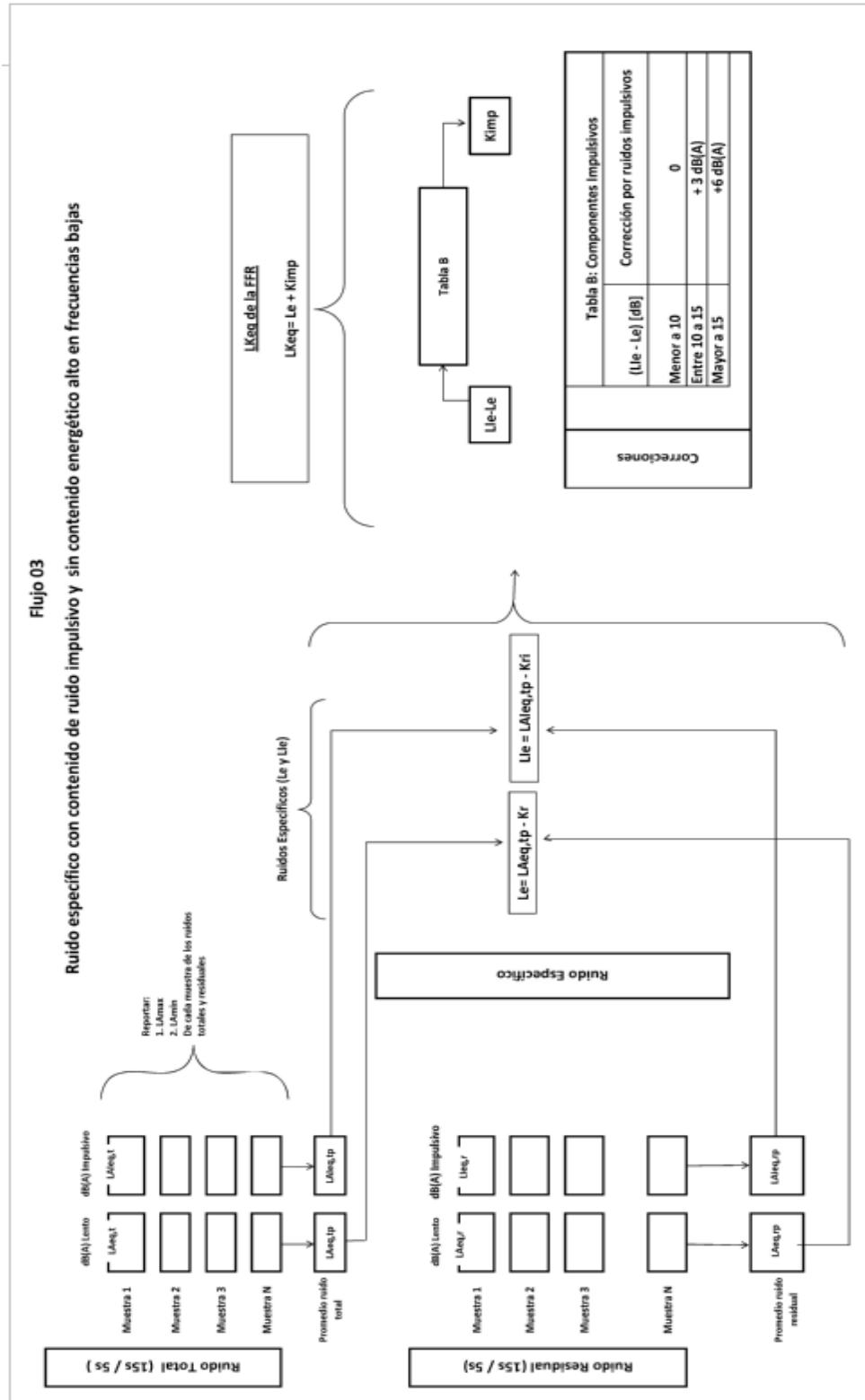


Anexo 3.2-Flujo 02

Método para calcular el LKeq para el caso de: Ruido específico sin características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.

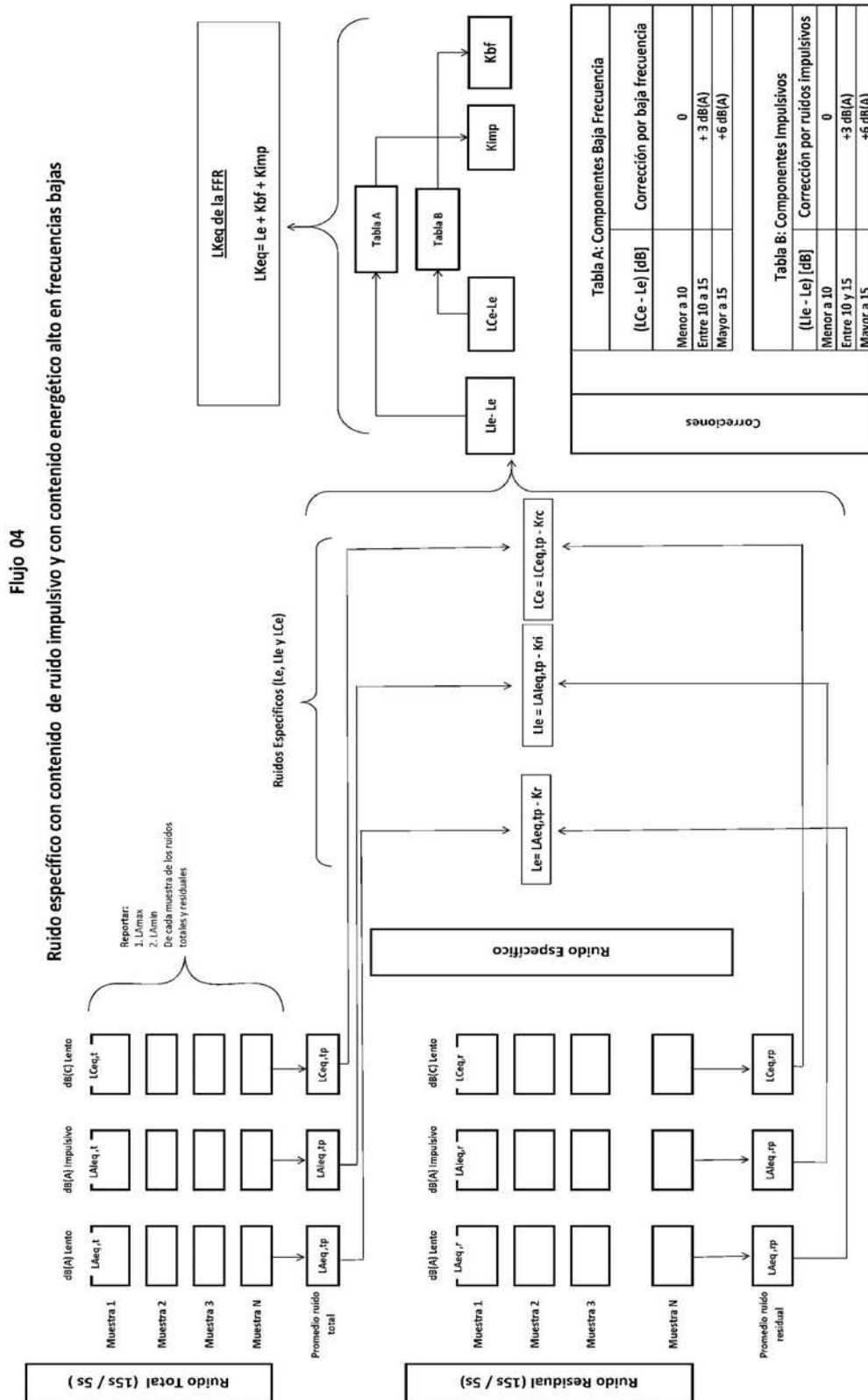


ANEXO 3.3 – Flujo 03: Método para calcular el LK<sub>eq</sub> para el caso de: Ruido específico con características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas



ANEXO 3.4 – FLUJO 04

Método para calcular el  $L_{K_{eq}}$  para el caso de: Ruido específico con características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas



# Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento

*Evaluation of human comfort, perception and motion sickness exposure to whole body vibration*  
*Évaluation des vibrations globales du corps sur le confort, perception et cinétose*

## Redactora:

María Gómez-Cano Alfaro  
Doctora en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS  
TECNOLOGÍAS

*Se presenta una metodología sencilla y práctica para la evaluación de los efectos de las vibraciones de cuerpo completo sobre el trabajador desde el punto de vista ergonómico.*

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

## 1. INTRODUCCIÓN

La exposición a vibraciones se produce cuando se transmite al cuerpo el movimiento oscilante de una estructura, ya sea el suelo, o un asiento. La respuesta humana a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero es muy variable, depende de las características físicas de la vibración (frecuencia, dirección, intensidad, duración), de la parte de cuerpo en contacto con la superficie vibrante, también de las características del individuo (edad, sexo, historia clínica, costumbres,...), realización de la tarea (postura, fuerza, movimientos repetitivos,...), ambiente físico (temperatura, humedad, ruido,...), etc. Son tantos los factores implicados que es difícil establecer la relación causa-efecto.

Las vibraciones pueden causar efectos muy diversos que van desde la simple molestia hasta alteraciones graves de la salud, pasando por la interferencia en la actividad humana (en la ejecución de ciertas tareas como la lectura, en la pérdida de precisión al ejecutar movimientos, pérdida de rendimiento debido a la fatiga, etc.). (tabla 1)

El Real Decreto 1311/2005 tiene como objeto la protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la ex-

posición a vibraciones mecánicas, en particular lumbalgias y lesiones de la columna vertebral. En concordancia con la definición dada por la OMS de salud (es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no sólo la ausencia de enfermedad o dolencia), el RD establece que el empresario, al evaluar los riesgos, concederá particular atención a varios aspectos entre ellos a todos los efectos que guarden relación con la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles, expuestos al riesgo (artículo 4, 4.c) y a todos los efectos indirectos para la seguridad y salud de los trabajadores derivados de la interacción entre las vibraciones mecánicas y el lugar de trabajo u otro equipo de trabajo" (artículo 4, 4.d).

Para la evaluación del nivel de exposición a las vibraciones el RD hace referencia a la norma ISO 2631-1 (1997) que define métodos de cuantificación de vibraciones de cuerpo entero en relación con los efectos de las vibraciones sobre la salud, pero no hace ninguna indicación desde el punto de vista ergonómico (aunque la norma ISO en uno de sus apartados incluye el confort, percepción y nauseas producidas por el movimiento).

En este documento se describe una metodología sencilla y práctica para evaluar los efectos de las vibraciones sobre el trabajador desde el punto de vista ergonómico.

## 2. EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE LAS VIBRACIONES: CONFORT, PERCEPCIÓN Y MAREO PRODUCIDO POR EL MOVIMIENTO

No existe unanimidad en la adopción de una sola metodología para la evaluación de la exposición a las vibraciones desde el punto de vista ergonómico. Se utilizan diferentes métodos objetivos y subjetivos, relacionados entre sí. Entre los métodos objetivos destacan: fisiológicos (EMGs, etc.); físicos (medición de la aceleración de las vibraciones, impedancia, transmisibilidad, etc); biomecánicos (análisis postural, etc.).

Complementariamente, se utilizan métodos subjetivos como por ejemplo; observación, cuestionarios, escalas de valoración, encuestas, etc., que pueden ser utilizados para valorar la falta de confort.

Efectos para la salud	Otros efectos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema músculo-esquelético particularmente trastornos a nivel de la columna vertebral-</li> <li>• Alteraciones de las funciones fisiológicas</li> <li>• Alteraciones neuromusculares</li> <li>• Alteraciones cardiovasculares, respiratorias, endocrinas y metabólicas</li> <li>• Alteraciones ginecológicas y riesgo de aborto</li> <li>• Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso central</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malestar (<i>discomfort</i>)</li> <li>• Interferencia con la actividad</li> <li>• Percepción-</li> <li>• Mareo inducido por el movimiento</li> </ul>

Tabla 1. Efectos de las vibraciones

Como resultado de muchas investigaciones se han desarrollado diferentes normas técnicas, entre las que destaca la internacional ISO 2631-1 (1997) y la británica BS 6841. Pero ninguna de las normas existentes proporciona un criterio óptimo para la predicción del malestar por la exposición a vibraciones.

Para la evaluación de la exposición del cuerpo completo a las vibraciones se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Recogida de datos relacionados con:
  - a) Características de la tarea (tipo, duración, atención requerida, posturas, etc.).
  - b) Condiciones ambientales (ruido, condiciones termohigrométricas, etc).
  - c) Características del individuo (edad, sexo, hábitos, etc.).
2. Aplicar los criterios para la evaluación de las vibraciones globales descritos en la norma ISO 2631 parte 1: requerimientos generales y parte 2: vibraciones en edificios (1 Hz a 80 Hz). La norma describe diferentes métodos de medición de las vibraciones, métodos de evaluación de los efectos sobre la salud, confort, percepción y mareo debido al movimiento. En concreto, el anexo C de la norma (Guía de los efectos de las vibraciones sobre la percepción y el confort) proporciona un método conveniente y uniforme de indicar la importancia subjetiva de la vibración aunque no presenta valores límites de exposición.

### 3. MEDICIÓN DE VIBRACIONES

Las vibraciones se miden con vibrómetros cuyo componente principal es un transductor o acelerómetro en contacto con la superficie vibrante que convierte las vibraciones mecánicas en una señal eléctrica. Esta señal se trata adecuadamente en los circuitos del equipo de medida obteniendo los niveles de la aceleración expresados en  $m/s^2$  o  $rad/s^2$ .

El cuerpo humano no es simétrico en su respuesta a las vibraciones. Por este motivo se medirán según un sistema de coordenadas (sistema basicéntrico) originado en un punto por el que las vibraciones entran en el cuerpo (ver figura 1). Por ejemplo, en individuos sentados la mayor sensibilidad a las vibraciones se da: en la dirección del eje z en el intervalo de frecuencia de 3-12 Hz, en la dirección del eje x en 0.5-2 Hz, y en la dirección del eje y en 0.5-1 Hz.

Al igual que ocurre en la exposición al ruido donde el oído presenta respuestas diferentes según las características del sonido, el cuerpo humano reacciona de diferente manera según sea la vibración a la que se expone. Para valorar los riesgos derivados de la exposición a la vibración en las personas, la medida de la aceleración debe reflejar la forma en que el trabajador percibe la vibración. Para ello, se utilizan diferentes filtros de ponderación de frecuencia de la vibración cuya función es atenuar los niveles de aceleración en diferentes frecuencias.

En la norma ISO 2631 se definen los factores de ponderación frecuencial para la medida de las vibraciones de cuerpo completo recogidos en la tabla 2. Estas ponderaciones se aplican según cada caso en particular (según se evalúe salud, confort, percepción o mal del movimiento) junto con los factores de multiplicación correspondientes.

Los factores de multiplicación tendrán distintos valores según la persona esté sentada, recostada o de pie. Se

realizarán mediciones en todas las direcciones relevantes tanto traslacionales como rotacionales.

Dado que la postura corporal y la dirección de la vibración tiene especial relevancia, la norma ISO 2631-1:1997 tiene muy en cuenta estos factores. Se valoran las vibraciones que se transmiten al conjunto del cuerpo por todo tipo de superficie de apoyo, que puede ser bien a través de los pies de un individuo que está de pie; a través de los glúteos, espalda y pies de una persona que está sentada o a través del área de apoyo de un individuo recostado.

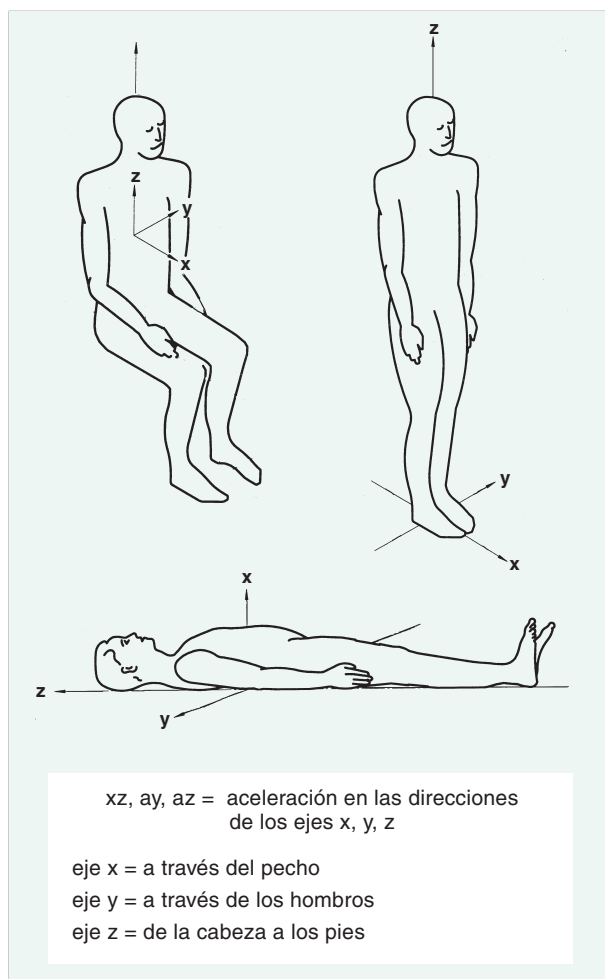


Figura 1. Ejes basicéntricos

Las vibraciones deben medirse colocando el transductor entre el cuerpo y la superficie vibrátil:

- Para personas sentadas se utilizan 3 áreas: soporte de la superficie del asiento (medido bajo las tuberosidades isquiáticas), respaldo del asiento (medido en la zona de apoyo principal del cuerpo) y pies (medido donde se apoyan con más frecuencia).
- Para personas reclinadas la medida debe ser realizada bajo la pelvis, espalda y cabeza.

La norma ISO 2631 también define cómo deben colocarse los transductores para realizar las medidas. Los transductores se colocarán alineados con los ejes basicéntricos con una desviación máxima de  $15^\circ$ . Debe tenerse en cuenta la orientación de los ejes basicéntricos respecto al campo gravitacional. Los transductores localizados en un punto de medida deben posicionarse ortogonalmente. Los acelerómetros traslacionales orientados en diferentes ejes deben posicionarse lo más juntos posible.

Siempre se anotará la localización de las medidas y se tendrá en cuenta el material del que está compuesta la superficie vibrátil.

La selección del número de medidas y de la duración de la medición debe ser estadísticamente significativa. Normalmente el periodo de medición es de 5 a 20 min para que sea representativo.

Para la evaluación de las vibraciones se utilizará el método básico usando la aceleración en valor eficaz o valor de la aceleración ponderada en frecuencia *rms*.

$$a_w(rms) = [1/T \int_0^T a_w^2(t) dt]^{1/2}$$

donde:

$a_w(t)$  es el valor de la aceleración ponderada en frecuencia

$T$  es la duración de la medida, en segundos

Para la evaluación de las vibraciones se tendrá en cuenta la figura 2 donde se describe una zona de riesgo para la salud definida por las ecuaciones (1) y (2) asumiendo que las respuestas a dos diferentes exposiciones a vibraciones diarias son equivalentes energéticamente cuando se cumple:

$$a_{w1} T_1^{1/2} = a_{w2} T_2^{1/2} \quad (1)$$

ó

$$a_{w1} T_1^{1/4} = a_{w2} T_2^{1/4} \quad (2)$$

donde:

$a_w$  son los valores de aceleraciones *rms* ponderadas. Los subíndices indican el número de exposiciones

$T$  es la duración de la exposición

Se valorarán las exposiciones diarias de 8 horas  $A(8)$  expresada como la aceleración continua equivalente para un periodo de 8 horas

$$A(8) = a_w (T/8)^{1/2}$$

siendo:

$a_w$  es la aceleración ponderada en frecuencia según los tres ejes  $x, y, z$

$T$  es el periodo de duración de la exposición

Según la figura 2 para un periodo de 8 horas se estima que si la aceleración  $a_w$  está:

- a) por debajo de 0.5 m/s<sup>2</sup>; los efectos sobre la salud no han sido claramente documentados y/o observados objetivamente.
- b) en la zona entre 0,5 m/s<sup>2</sup> y 0,8 m/s<sup>2</sup>; la precaución con respecto a los riesgos de salud potenciales está indicada.

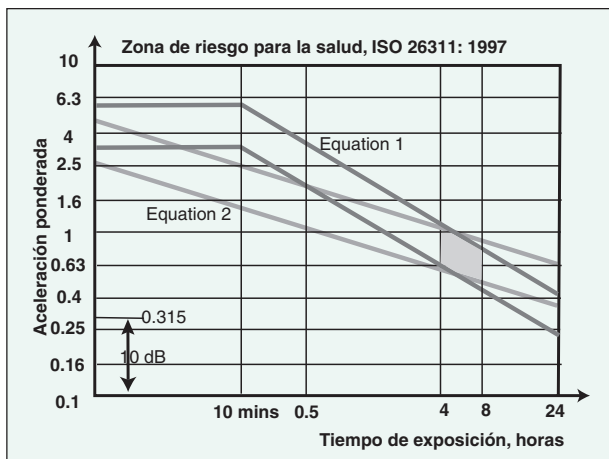


Figura 2. Zona de precaución definida en el anexo B de la Norma ISO 2631-1: 1997

c) valores superiores a 0,8 m/s<sup>2</sup>; los riesgos para la salud son probables.

*Nota: Se recuerda que, desde el punto de vista legal, el RD en su art. 3 define el valor límite de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de 8 horas en 1,15 m/s<sup>2</sup> y el valor de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en 0,5 m/s<sup>2</sup>.*

#### 4. CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LAS VIBRACIONES SOBRE EL CONFORT

ISO 2631:1-1997 estudia el efecto de las vibraciones sobre el confort y la percepción de las personas sanas que están expuestas a vibraciones periódicas, aleatorias o pasajeras viajando, en el trabajo o realizando actividades de ocio. El rango de frecuencias analizado es de 0,5 Hz a 80 Hz.

La definición de confort es compleja puesto que contiene variables físicas, psicológicas y fisiológicas. El problema surge a la hora de elaborar un modelo predictivo de la respuesta subjetiva del individuo a las vibraciones que tenga en consideración todos estos factores.

Se conoce que el grado de malestar está relacionado con la frecuencia de la vibración y que es proporcional a la intensidad de la misma. A bajas frecuencias 1-2 Hz el mismo movimiento se transmite a lo largo del cuerpo, a frecuencias un poco más altas aparecen resonancias en varias partes de cuerpo y aumenta el malestar y si las frecuencias son mayores, el cuerpo atenúa las vibraciones y disminuye el malestar. Por ejemplo, las vibraciones monótonas de bajas frecuencias parecen producir cansancio mientras que las vibraciones transitorias activan al individuo y pueden producir estrés, etc.

En cuanto a la intensidad de las vibraciones, aquellas que exceden el límite de la percepción activan los sentidos (por ejemplo, los receptores de la visión y del equilibrio), y el cerebro recibe información adicional que necesita interpretar y manejar.

A pesar de que no existen suficientes datos científicos para relacionar de manera cuantitativa la exposición a las vibraciones y los efectos sobre la salud, se ha observado que el incremento del tiempo de exposición (dentro del trabajo diario o diariamente a lo largo de muchos años) y el aumento de la intensidad de las vibraciones significa un incremento de la dosis de la vibración y a su vez del riesgo, mientras que los periodos de descanso parecen reducir el riesgo.

Para la evaluación de las vibraciones sobre el confort se recomienda el uso del valor total de la aceleración ponderada de la vibración de un periodo de tiempo representativo.

$$a_w = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{1/2}$$

siendo:

$k_x, k_y$  y  $k_z$  los factores de multiplicación que dependen de la frecuencia ponderada seleccionada, su valor suele ser la unidad  $y$

$a_w$  son las aceleraciones *rms* ponderadas con respecto a los ejes ortogonales  $x, y, z$  (translacionales o de rotación) respectivamente sobre la superficie que soporta a la persona.

Las frecuencias ponderadas usadas para la predicción de los efectos de la vibración sobre el confort son  $W_c, W_d, W_e, W_j$  y  $W_k$  (ver tabla 2).

Para la valoración desde el punto de vista ergonómico se tendrán en cuenta los valores de la aceleración ponderada de la vibración de un periodo de tiempo representativo establecidos en ISO 2631 descritos en la tabla 3.

POSICIÓN (Lugar de medición)		PONDERACIÓN (eje)	K	Estimación (según ISO 2631-1:1997)	
<b>CONFORT (0,5 a 80 Hz)<sup>1,2</sup></b>					
	Traslación (asiento)	W <sub>d</sub> (x) W <sub>d</sub> (y) W <sub>k</sub> (z) W <sub>b</sub> (trenes)	1 1 1	$a_w = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{1/2}$	
Sentado	(asiento)	W <sub>e</sub> (rx) W <sub>e</sub> (ry) W <sub>e</sub> (rz)	0,63 m/rad 0,4 m/rad 0,2 m/rad		
	Rotación (respaldo)	W <sub>c</sub> (x) W <sub>d</sub> (y) W <sub>d</sub> (z)	0,8 0,5 0,4		
		(pies)	W <sub>k</sub> (x) W <sub>k</sub> (y) W <sub>k</sub> (z)		0,25 0,25 0,4
De pie (suelo)		W <sub>d</sub> (x) W <sub>d</sub> (y) W <sub>k</sub> (z)	1 1 1		
Tumbado (bajo pelvis)		W <sub>d</sub> (horizontal) W <sub>k</sub> (vertical)	1 1		
Tumbado (bajo cabeza) cuando no hay almohada blanda		W <sub>j</sub> (vertical)	1		
<b>PERCEPCIÓN (0,5 a 80 Hz)<sup>3</sup></b>					
Sentado (asiento)		W <sub>d</sub> (x) W <sub>d</sub> (y) W <sub>k</sub> (z)	1 1 1		$a_w = a_{wx,y,z} \text{ máximo}$
De pie (suelo)		W <sub>d</sub> (x) W <sub>d</sub> (y) W <sub>k</sub> (z)	1 1 1		
Tumbado (superficie de apoyo excepto cabeza)		W <sub>d</sub> (x) W <sub>d</sub> (y) W <sub>k</sub> (z)	1 1 1		
Tumbado (bajo cabeza) cuando no hay almohada blanda		W <sub>j</sub> (vertical)	1		
<b>MAREO PRODUCIDO POR EL MOVIMIENTO (0,1 a 0,5 Hz)</b>					
Sentado o de pie		W <sub>f</sub> (z)			
<p>1 Si el valor ponderado determinado en cualquier eje es menor del 25% del valor máximo determinado en el mismo punto pero en otros ejes puede ser excluido.</p> <p>2 La vibración horizontal en los respaldos de los vehículos puede afectar mucho al confort. Si por razones técnicas no es posible su medición se tomarán las medidas en la superficie del asiento en los ejes x e y, y el factor de multiplicación en lugar de 1 será 1,4.</p> <p>3 La evaluación de la percepción de las vibraciones será hecha con relación a a<sub>w</sub> más alta determinada en cualquiera de los ejes, de los puntos de contacto y tiempo.</p>					

Tabla 2. Recomendaciones de la norma ISO 2631-1:1997 para la evaluación de la exposición de las vibraciones sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento

En algunos ambientes donde existen choques ocasionales y cuyo factor de cresta (cociente entre el mayor valor de la aceleración durante la medida (valor pico máximo) y el valor eficaz) es superior a 9 no es posible aplicar este método y se utilizará el método *rms* móvil ó el valor de la dosis de vibración a la cuarta potencia.

La norma no define valores límite en relación con el confort debido a la complejidad de factores involucrados que varían en cada situación. Sin embargo, propone unas indicaciones de reacciones de confort en ambientes con vibraciones (tabla 3).

## 5. CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS VIBRACIONES SOBRE LA PERCEPCIÓN

Para la evaluación de los efectos de las vibraciones sobre la percepción se determinará el valor eficaz de la aceleración ponderada *rms* en el rango de 0,5 Hz a 80 Hz para cada eje, sobre la principal superficie que soporta el cuerpo en cualquier punto de contacto y se seleccionará el mayor valor de los obtenidos para los tres ejes. La frecuencia ponderada y los factores de multipli-

Evaluación de los efectos debidos a la exposición a vibraciones	Valores de $a_w$ (según ISO 2631-1:1997)
Confort (0,5 a 80 Hz)	$a_w < 0,315 \text{ m/s}^2$ no molesto $0,315 < a_w < 0,63 \text{ m/s}^2$ ligeramente molesto $0,5 < a_w < 1 \text{ m/s}^2$ bastante molesto $0,8 < a_w < 1,6 \text{ m/s}^2$ molesto $1,25 < a_w < 2,5 \text{ m/s}^2$ muy molesto $a_w > 2,5 \text{ m/s}^2$ extremadamente molesto
Percepción (0,5 a 80 Hz)	$0.015 \text{ m/s}^2$ (0,01 – 0,02) $\text{m/s}^2$
Mareo producido por el movimiento (0,1 a 0,5 Hz)	0,5 m/s

Tabla 3. Criterios para la evaluación de la exposición de las vibraciones sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento (ISO 2631-1:1997)

cación utilizados para estudiar la percepción de la vibración son  $W_d$ ,  $W_k$ ,  $W_j$ , (se recogen en la tabla 2).

De datos experimentales se conoce que el valor umbral medio de percepción en el eje vertical es de  $0,015 \text{ m/s}^2$ , el rango de respuesta puede extenderse de  $0,01$  a  $0,02 \text{ m/s}^2$ .

Para valores por encima del valor umbral de percepción, a medida que aumenta el tiempo de exposición a la vibración, la sensación producida por la misma irá en aumento. En cuanto al nivel de molestia de los ocupantes por las vibraciones de los edificios, es probable que se quejen si las magnitudes de vibración están sólo ligeramente por encima del nivel de percepción. (ISO 2631-2).

### 6. CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS VIBRACIONES SOBRE EL MAREO PRODUCIDO POR EL MOVIMIENTO

Los movimientos ondulatorios de las vibraciones en el rango de frecuencias por debajo de  $0,5 \text{ Hz}$  pueden producir mareos o náuseas, además de malestar e interferencia en la actividad. Sobre todo se ha tenido en cuenta el efecto en posturas de pie y sentado. En personas tumbadas se ha observado menor incidencia de este efecto

de mareo posiblemente debido a que se produce menor movimiento de cabeza o a que el movimiento vertical ocurre en el eje x del cuerpo.

La probabilidad de que aparezcan síntomas de mareo por el movimiento se incrementa con el tiempo de exposición (hasta varias horas). Para periodos más largos (días) se produce la adaptación al movimiento. Para evaluar el mal producido por el movimiento se puede optar por la medición o cálculo de:

- el Valor eficaz de la aceleración ponderada  $rms$  en el rango de  $0,1 \text{ Hz}$  a  $0,5 \text{ Hz}$  para el eje z, sobre la principal superficie que soporta al cuerpo. Se recomienda la utilización de la frecuencia ponderada  $W_f$  o
- el Valor Dosis de Mal de Movimiento (MSDVz: *motion sickness dose value*). MSDVz se expresa en  $\text{m/s}^{1,5}$ . Para su cálculo existen dos métodos alternativos:

- Para la determinación del mal del movimiento producido durante el periodo total de exposición.

$$\text{MSDV}_z = \left\{ \int_0^T [a_w(t)] dt \right\}^{1/2}$$

Siendo

$a_w(t)$  aceleración ponderada en la dirección del eje z  
 T tiempo (sg) total de duración del movimiento

- Si el movimiento es continuo y de magnitud constante, se puede realizar un muestreo durante un tiempo corto (ya que éste se considera representativo de todo el tiempo de exposición), que será, como mínimo, de  $240 \text{ s}$ :

$$\text{MSDV}_z = a_w T^{1/2}$$

Existen grandes diferencias en la susceptibilidad de los individuos a los efectos de oscilación de baja frecuencia. Se ha encontrado que las mujeres son más propensas a las náuseas producidas por movimiento que los hombres y que la prevalencia de los síntomas disminuye con el aumento de la edad. Para predecir el porcentaje de personas que pueden sufrir vómitos se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de personas con vómitos} = k_m \cdot \text{MSDV}_z$$

$k_m$  es una constante que varía según la población expuesta (edad, sexo, experiencia, etc) Ej:  $k_m = 1/3$  para una población de hombres y mujeres adultos que no han sido expuestos previamente a la vibración.

Cuando  $a_w$  supera  $0,5 \text{ m/s}^2$ , es probable que más del 70% de personas puedan sufrir vómitos.




Es recomendable recoger la información adicional sobre condiciones de movimiento. Esto incluiría la composición de frecuencia, duración y direcciones del movimiento. Hay evidencia de que los movimientos que tienen frecuencias y aceleraciones eficaces similares pero formas de ondas diferentes pueden tener efectos diferentes.

### BIBLIOGRAFÍA

- Griffin, M. J. *Handbook of Human Vibration*. London: Academic Press; ISBN 0-12-303040-4. 1990.
- ISO 2631-1:1997 Vibraciones y choques mecánicos. Guía para la estimación de la exposición de los individuos a vibraciones globales del cuerpo. Parte 1: Requerimientos generales.
- ISO 2631-2:2002 Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole body vibration. Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz).
- ISO 2631-4:2001 Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guide way transport system.



- (5) **ISO 8041:2005** Human response to vibration Measuring instrumentation.
- (6) Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- (7) **UNE-EN 14253 (2004)** Vibraciones mecánicas. Medidas y cálculos de la exposición laboral a las vibraciones de cuerpo completo con referencia a la salud. Guía práctica.

		 				
<b>IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE</b>						
EMPRESA:	LABCESTTA S A					
DIRECCIÓN:	KM 12 VIA DAULE					
TELÉFONO:	42103744					
PERSONA(S) DE CONTACTO:	KLEBER ISA					
<b>IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO</b>						
EQUIPO:	CALIBRADOR ACÚSTICO	UBICACIÓN:	NO ESPECIFICA			
MARCA:	QUEST	CLASE:	1			
MODELO:	QC-10	UNIDAD DE MEDIDA:	dB			
SERIE:	QIK080102	NIVEL(ES) DE PRESIÓN SONORA:	114 dB			
CÓDIGO CLIENTE:	LCGEI-0091-01	FRECUENCIA(S) DE EMISIÓN:	1000 Hz			
<b>EQUIPAMIENTO UTILIZADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIE</b>	<b>FECHA CAL.</b>	<b>PRÓX. CAL</b>
ELP.PC.010	MULTIMETRO PATRON	TRANSMILLE	8080	N1557A17	2018-07-26	2020-07-26
ELP.PT.070	SONÓMETRO	CENTER	390	180809600	2019-06-28	2020-06-28
ELP.PT.059	BARÓMETRO	CONTROL COMPANY	6530	181821642	2018-12-18	2020-12-18
ELP.PT.036	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	180303334	2019-08-27	2020-08-27
<b>CALIBRACIÓN</b>						
MÉTODO:	COMPARACIÓN INDIRECTA Y DIRECTA CON MULTÍMETRO DIGITAL					
DOCUMENTO DE REFERENCIA:	CEM AC-005:2000 (EDICIÓN 0)					
PROCEDIMIENTO:	PEC.ELP.54					
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LABORATORIO 1 - ELICROM PERÚ					
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>						
TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA:		23,2 °C				
HUMEDAD RELATIVA MEDIA:		55,5 %HR				
PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA:		1005 hPa				
<b>RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN</b>						
<b>Medición de presión sonora en 114dB a 20µPa</b>						
<b>Valor medido</b>	<b>Valor nominal</b>	<b>Error</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Incertidumbre</b>		
dB	dB	dB	dB	dB		
114,0046	114	0,00	±0,30	0,20		
<b>Medición de Frecuencia en 114dB</b>						
<b>Valor medido</b>	<b>Valor nominal</b>	<b>Error</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Incertidumbre</b>		
kHz	kHz	kHz	%	kHz		
1,0002	1	-0,00020	±2	0,00024		
Nota: Promedio de 5 mediciones por cada punto						
<b>OBSERVACIONES</b>						
<p>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 <math>k=2,00</math>, que para una distribución <math>t</math> (de Student) con <math>\nu_{\text{eff}} = \infty</math> (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.</p> <p>Tolerancias tomadas de las especificaciones del fabricante.</p>						
<b>CALIBRACIÓN REALIZADA POR:</b>	José Ferro					
<b>FECHA DE RECEPCIÓN DEL ÍTEM:</b>	2020-01-22	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	2020-01-27			
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN:</b>	2020-01-25					



Autenticación de certificado




Autorizado y firmado electrónicamente por:

Gerente técnico - Autorización EC220319SP



Sustento legal de firma electrónica

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CC-0249-005-20**

		 				
<b>IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE</b>						
EMPRESA:	LABCESTTA S A					
DIRECCIÓN:	KM 12 VIA DAULE					
TELÉFONO:	42103744					
<b>IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO</b>						
EQUIPO:	SONÓMETRO	CLASE:	2			
MARCA:	QUEST	UNIDAD DE MEDIDA:	dB			
MODELO:	SOUNDPRO SE/DL	RESOLUCIÓN:	0,1			
SERIE:	BHH040003	RANGO:	10 a 140			
CÓDIGO CLIENTE:	LCGEI-0091	MODELO MICRÓFONO:	QE 7052			
UBICACIÓN:	NO ESPECÍFICA	SERIE MICRÓFONO:	48998			
<b>PATRONES UTILIZADOS</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIE</b>	<b>FECHA CAL.</b>	<b>PRÓX. CAL</b>
EL.PC.055	CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN ACUSTICO	BRUEL AND KJ/ER	4226	3166190	2018-04-30	2020-04-30
EL.PT.256	CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN	TRANSMILLE	3041A	L1233A13	2018-10-30	2020-10-30
EL.PT.597	BARÓMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	1081	160458369	2019-05-17	2020-05-17
EL.PT.365	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	140103655	2019-04-02	2020-04-02
<b>CALIBRACIÓN</b>						
MÉTODO:	COMPARACIÓN DIRECTA CON CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN Y CALIBRADOR ACÚSTICO PATRÓN					
PROCEDIMIENTO:	PEC.EL.51					
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LAB. DE ELÉCTRICA Y ÓPTICA (ELICROM)					
<b>CONDICIONES AMBIENTALES EN PRUEBAS ACÚSTICAS</b>		<b>CONDICIONES AMBIENTALES EN PRUEBAS ELÉCTRICAS</b>				
TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA (°C):	23,5	TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA (°C):	23,8			
HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%HR)	52,2	HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%HR)	54,4			
PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA (hPa)	1012	PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA (hPa)	1010			
<b>PRUEBAS ACÚSTICAS</b>						
<b>FRECUENCIA DE REFERENCIA</b>						
<b>PONDERACIÓN A</b>						
Frecuencia	Patrón	Equipo	Error	Tolerancia	Incertidumbre	
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	
1000	94	94,1	0,1	±1,4	0,13	
	104	104,1	0,1	±1,4	0,13	
	114	114,1	0,1	±1,4	0,13	
<b>PONDERACIÓN C</b>						
Frecuencia	Patrón	Equipo	Error	Tolerancia	Incertidumbre	
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	
1000	94	94,0	0,0	±1,4	0,13	
	104	104,0	0,0	±1,4	0,13	
	114	114,0	0,0	±1,4	0,13	

Nota: Promedio de 5 mediciones por cada punto



RESPUESTA DE FRECUENCIA A BANDA DE OCTAVA

PONDERACIÓN A

Frecuencia Hz	Patrón dB	Equipo dB	Error dB	Tolerancia dB	Incertidumbre dB
31,5	54,6	55,5	0,9	±3,5	0,24
63	67,8	68,1	0,3	±2,5	0,20
125	77,9	78,1	0,2	±2,0	0,20
250	85,4	85,5	0,1	±1,9	0,15
500	90,8	90,9	0,1	±1,9	0,15
1000	94,0	94,1	0,1	±1,4	0,13
2000	95,2	95,1	-0,1	±2,6	0,20
4000	95,0	94,5	-0,5	±3,6	0,20
8000	92,9	88,8	-4,1	±5,6	0,28
12500	89,7	83,2	-6,5	+ 3,0 ; -6,0	0,51
16000	87,4	79,4	-8,0	+ 3,5 ; -17,0	0,51

PONDERACIÓN C

Frecuencia Hz	Patrón dB	Equipo dB	Error dB	Tolerancia dB	Incertidumbre dB
31,5	91,0	91,5	0,5	±3,5	0,22
63	93,2	93,5	0,3	±2,5	0,24
125	93,8	94,0	0,2	±2,0	0,20
250	94,0	94,1	0,1	±1,9	0,15
500	94,0	94,1	0,1	±1,9	0,15
1000	94,0	94,0	0,0	±1,4	0,13
2000	93,8	93,7	-0,1	±2,6	0,20
4000	93,2	92,6	-0,6	±3,6	0,20
8000	91,0	86,8	-4,2	±5,6	0,28
12500	87,8	81,4	-6,4	+ 3,0 ; -6,0	0,52
16000	85,5	77,9	-7,6	+ 3,5 ; -17,0	0,57

Nota: Promedio de 5 mediciones por cada punto

RESPUESTA DE PONDERACIÓN TEMPORAL

Ponderación Temporal	Patrón dB	Equipo dB	Error dB	Tolerancia dB	Incertidumbre dB
FAST	94,2	92,8	-1,4	±2,6	0,25
SLOW	91,1	89,8	-1,3	±2,6	0,21

Nota: Promedio de 10 mediciones por cada punto

PRUEBAS ELÉCTRICAS

RESULTADOS DE PONDERACIÓN FRECUENCIAL

PONDERACIÓN A

Frecuencia Hz	Patrón dB	Equipo dB	Error dB	Tolerancia dB	Incertidumbre dB
1000	94,0	94,0	0,0	±1,4	0,078
31,5	54,6	54,4	-0,2	±3,5	0,078
63	67,8	67,9	0,1	±2,5	0,078
125	77,9	77,8	-0,1	±2,0	0,078
250	85,4	85,3	-0,1	±1,9	0,078
500	90,8	90,7	-0,1	±1,9	0,078
2000	95,2	95,2	0,0	±2,6	0,078
4000	95,0	95,0	0,0	±3,6	0,078
8000	92,9	92,7	-0,2	±5,6	0,078
16000	87,4	86,2	-1,2	+ 6,0 ; - ∞	0,078

PONDERACIÓN C

Frecuencia Hz	Patrón dB	Equipo dB	Error dB	Tolerancia dB	Incertidumbre dB
1000	94,0	94,0	0,0	±1,4	0,078
31,5	91,0	91,0	0,0	±3,5	0,078
63	93,2	93,3	0,1	±2,5	0,078
125	93,8	93,9	0,1	±2,0	0,078
250	94,0	94,0	0,0	±1,9	0,078
500	94,0	94,0	0,0	±1,9	0,078
2000	93,8	93,8	0,0	±2,6	0,078
4000	93,2	93,2	0,0	±3,6	0,078
8000	91,0	90,8	-0,2	±5,6	0,078
16000	85,5	84,4	-1,1	+ 6,0 ; - ∞	0,078

Nota: Promedio de 3 mediciones por cada punto

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CC-0249-005-20

	  <p style="font-size: 8px;">Calibration Laboratory Cert. No. 4286.01</p>
---	---

RESULTADOS DE LINEALIDAD

FRECUENCIA DE PRUEBA DE 1000Hz

Nivel de Señal Aplicada dB	Nivel Esperado		Nivel Leído dB	Desviación		Tolerancia Linealidad de Nivel ±	Incertidumbre dB
	Relativa Er dB	Diferencial Ed dB		Relativa Er dB	Diferencial Ed dB		
94	-	-	94,0	-	-	±1,4	0,078
30	30,0	-	29,7	-0,3	-	±1,4	0,078
31	31,0	30,7	30,7	-0,3	0,0	±1,4	0,078
32	32,0	31,7	31,7	-0,3	0,0	±1,4	0,078
33	33,0	32,7	32,8	-0,2	0,1	±1,4	0,078
34	34,0	33,8	33,8	-0,2	0,0	±1,4	0,078
35	35,0	34,8	35,0	0,0	0,2	±1,4	0,078
40	40,0	40,0	40,1	0,1	0,1	±1,4	0,078
45	45,0	45,1	45,1	0,1	0,0	±1,4	0,078
50	50,0	50,1	50,1	0,1	0,0	±1,4	0,078
60	60,0	60,1	60,2	0,2	0,1	±1,4	0,078
70	70,0	70,2	70,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
80	80,0	80,2	80,3	0,3	0,1	±1,4	0,078
90	90,0	90,3	90,3	0,3	0,0	±1,4	0,078
100	100,0	100,3	100,3	0,3	0,0	±1,4	0,078
110	110,0	110,3	110,3	0,3	0,0	±1,4	0,078
120	120,0	120,3	120,2	0,2	-0,1	±1,4	0,078
130	130,0	130,2	130,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
135	135,0	135,2	135,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
136	136,0	136,2	136,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
137	137,0	137,2	137,1	0,1	-0,1	±1,4	0,078
138	138,0	138,1	138,1	0,1	0,0	±1,4	0,078
139	139,0	139,1	139,1	0,1	0,0	±1,4	0,078
140	140,0	140,1	140,1	0,1	0,0	±1,4	0,078

FRECUENCIA DE PRUEBA DE 4000Hz

Nivel de Señal Aplicada dB	Nivel Esperado		Nivel Leído dB	Desviación		Tolerancia Linealidad de Nivel ±	Incertidumbre dB
	Relativa Er dB	Diferencial Ed dB		Relativa Er dB	Diferencial Ed dB		
94	-	-	95,0	-	-	±1,4	0,078
30	31,0	-	31,3	0,3	-	±1,4	0,078
31	32,0	32,3	32,3	0,3	0,0	±1,4	0,078
32	33,0	33,3	33,3	0,3	0,0	±1,4	0,078
33	34,0	34,3	34,3	0,3	0,0	±1,4	0,078
34	35,0	35,3	35,2	0,2	-0,1	±1,4	0,078
35	36,0	36,2	36,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
40	41,0	41,2	41,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
45	46,0	46,2	46,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
50	51,0	51,2	51,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
60	61,0	61,2	61,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
70	71,0	71,2	71,3	0,3	0,1	±1,4	0,078
80	81,0	81,3	81,3	0,3	0,0	±1,4	0,078
90	91,0	91,3	91,3	0,3	0,0	±1,4	0,078
100	101,0	101,3	101,3	0,3	0,0	±1,4	0,078
110	111,0	111,3	111,2	0,2	-0,1	±1,4	0,078
120	121,0	121,2	121,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
130	131,0	131,2	131,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
135	136,0	136,2	136,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
136	137,0	137,2	137,2	0,2	0,0	±1,4	0,078
137	137,0	138,2	138,2	1,2	0,0	±1,4	0,078
138	138,0	139,2	139,2	1,2	0,0	±1,4	0,078
139	139,0	140,2	140,1	1,1	-0,1	±1,4	0,078
140	140,0	141,1	141,1	1,1	0,0	±1,4	0,078

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CC-0249-005-20



FRECUENCIA DE PRUEBA DE 8000Hz

Nivel de Señal Aplicada dB	Nivel Esperado		Nivel Leído dB	Desviación		Tolerancia Linealidad de Nivel ±	Incertidumbre dB
	Relativa Er dB	Diferencial Ed dB		Relativa Er dB	Diferencial Ed dB		
94	-	-	92,7	-	-	±1,4	0,078
30	28,7	-	28,6	-0,1	-	±1,4	0,078
31	29,7	29,6	29,7	0,0	0,1	±1,4	0,078
32	30,7	30,7	30,7	0,0	0,0	±1,4	0,078
33	31,7	31,7	31,7	0,0	0,0	±1,4	0,078
34	32,7	32,7	32,8	0,1	0,1	±1,4	0,078
35	33,7	33,8	33,8	0,1	0,0	±1,4	0,078
40	38,7	38,8	38,8	0,1	0,0	±1,4	0,078
45	43,7	43,8	43,9	0,2	0,1	±1,4	0,078
50	48,7	48,9	48,9	0,2	0,0	±1,4	0,078
60	58,7	58,9	58,9	0,2	0,0	±1,4	0,078
70	68,7	68,9	69,0	0,3	0,1	±1,4	0,078
80	78,7	79,0	79,0	0,3	0,0	±1,4	0,078
90	88,7	89,0	89,0	0,3	0,0	±1,4	0,078
100	98,7	99,0	99,1	0,4	0,1	±1,4	0,078
110	108,7	109,1	109,1	0,4	0,0	±1,4	0,078
120	118,7	119,1	119,1	0,4	0,0	±1,4	0,078
130	128,7	129,1	129,1	0,4	0,0	±1,4	0,078
135	133,7	134,1	134,1	0,4	0,0	±1,4	0,078
136	134,7	135,1	135,1	0,4	0,0	±1,4	0,078
137	135,7	136,1	136,2	0,5	0,1	±1,4	0,078
138	136,7	137,2	137,2	0,5	0,0	±1,4	0,078
139	137,7	138,2	138,2	0,5	0,0	±1,4	0,078
140	138,7	139,2	139,2	0,5	0,0	±1,4	0,078

Nota: Promedio de 3 mediciones por cada punto

RESULTADOS DE INDICACIÓN DE SOBRECARGA

Frecuencia Hz	Nivel de entrada dB	Lectura Esperada dB	Equipo dB	Error dB	Tolerancia dB	Incertidumbre dB
1000	135,0	135,0	135,5	0,5	±1,4	0,078
800	135,8	135,5	135,7	0,2	±1,9	0,078
630	136,9	135,5	136,1	0,6	±1,9	0,078
500	138,2	135,5	136,2	0,7	±1,9	0,078
400	139,8	135,5	136,2	0,7	±1,9	0,078
315	141,6	135,5	136,2	0,7	±1,9	0,078

Nota: Promedio de 3 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 Bajaría

FECHA DE RECEPCIÓN DEL ÍTEM: 2020-01-22

FECHA DE EMISIÓN: 2020-02-05

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2020-01-27



Autenticación de certificado

Autorizado y firmado electrónicamente por:

Gerente técnico - Autorización EC220319SP



Sustento legal de firma electrónica