



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

“GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA PREVENCIÓN DE EFECTOS ASOCIADOS A LA
EXPOSICIÓN A RUIDO Y VIBRACIONES, ACORDE AL DECRETO EJECUTIVO
2393: REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES
Y MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE DE TRABAJO”

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Sonido y Acústica

Profesora Guía
MSc. María Bertomeu Rodríguez

Autor
Israel Alejandro Álvarez Pineda

Año
2016

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

María Bertomeu Rodríguez

Master en Gestión y Evaluación de la Contaminación Acústica

C.C.1756773162

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Israel Alejandro Álvarez Pineda
C.I. 2100254156

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a María por todo el proceso de tutoría, que sin su ayuda no hubiera logrado terminar en el tiempo estipulado.

Agradezco a Christiam que con su ayuda y dirección, logre generar conocimientos acerca del área de acústica y decidirme en el producto final de mi proyecto de titulación.

Agradezco a todos los profesores durante todo el proceso de aprendizaje para este paso final de mi carrera.

Agradezco a Fernando por la colaboración en la diagramación y diseño gráfico obteniendo un producto de calidad.

DEDICATORIA

Sin duda este trabajo va dedicado a mi Madre, siendo el principal motor e inspiración para la búsqueda del profesionalismo.

A mi padre y hermano que me han apoyado en el camino planteado y ahora llega a su fin.

A mi tía Glennis que siempre estuvo pendiente y a Marcelo que siempre confió en mí.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como finalidad crear una guía de buenas prácticas acústicas, con el fin de dotar a la industria ecuatoriana de un conjunto de técnicas y procesos para evitar la emisión de ruido y vibraciones, controlando las problemáticas que puedan presentarse.

El sistema de recomendaciones utilizado ha sido sustentado en base a las normativas internacionales relacionadas a temas de acústica, prevención de riesgos laborales donde el ruido y vibraciones son las fuentes de problemas en la salud del trabajador, mediciones y toma de datos para control de ruido y vibraciones y a su vez abarca las disposiciones del Decreto Ejecutivo 2393 que dota de límites permisibles de exposición de un trabajador ante el ruido y las vibraciones.

La guía obtenida presenta cinco capítulos de proyección sobre las posibles soluciones a temas acústicos, implementando técnicas de mejoramiento de instalaciones, procesos para la adquisición y correcta instalación de maquinaria, planificación de actividades y tareas que disminuyan la emisión de ruido o eviten la propagación de vibraciones por parte del personal, acciones de control para el ruido como las vibraciones y finalmente la implementación de equipos de protección del personal, sistemas de alarma o a su vez los planes de salud ocupacional en caso de riesgos laborales relacionados a la contaminación acústica en la industria.

Los resultados muestran una guía con texto de fácil reconocimiento y genera información muy útil para ser implementada dentro de los planes de seguridad laboral de empresas del Ecuador. Donde su implementación deberá ser socializada con cada trabajador y dará las nociones básicas sobre acústica, creando la necesidad de contratar personal calificado para resolver cualquier eventualidad ocasionada por el ruido y vibraciones.

ABSTRACT

The current titling project's goal is to create a guide of good acoustical practicing, to provide the Ecuadorian industry with a set of techniques and processes to avoid noise and vibrational emission, regulating the difficulties that may show up. The recommendation system used has been sustained regarding acoustic working regulations, working risk prevention where noise and vibration represent workers health issues, noise and vibration data measuring and includes in the Decreto Ejecutivo 2393 regulation which provides permissible noise exposure levels to workers. The former guide introduces 5 chapters about projecting acoustical solutions, implementing upgrades on workplace facilities, adequate machinery installation and purchasing, noise and vibration reducing activity planning for workers, noise pollution control and personal protective equipment, alarm systems or occupational health planning towards acoustical pollution risk in the industry. Results show up an easy recognition guide and will provide useful information to be implemented on Ecuadorian enterprises security plans. It should be familiar with every employee and will give the basic notion regarding acoustic matters, and will lead to hiring qualified personnel to solve any eventuality caused by noise or vibration issues.

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos del proyecto.....	5
1.3.1 Objetivo principal.	5
1.3.2 Objetivos específicos.	5
2. Marco teórico	6
2.1 Ruido y sus efectos.....	6
2.1.1 Acústica: Ruido	6
2.1.2 Tipos de ruido y clasificación de fuentes de ruido.	7
2.2 Vibraciones	10
2.2.1 Tipos de vibración.....	11
2.2.2 Fuentes de vibraciones no deseadas	11
2.3 Efectos adversos del ruido y vibraciones.	12
2.3.1 Efectos clínicos del ruido	15
2.3.2. Efectos psicológicos	18
2.3.3 Efectos ocasionados por vibraciones.....	19
2.3.4 Efectos no clínicos producidos por ruido y vibraciones.....	19
2.4 Marco legal	20
2.5 Instrumentación y Mediciones.....	23
3. Desarrollo metodológico.....	27
3.1 Métodos para reducción de ruido y vibraciones “Guía de Buenas Prácticas Acústicas para la industria”	27
4. Resultados.....	29
4.1 Análisis de resultados	29
5. Análisis económico.....	32
5.1 Costo de investigación.....	32

5.2 Proyecciones	33
6. Conclusiones y recomendaciones	35
6.1 Conclusiones	35
6.2 Recomendaciones	37
REFERENCIAS	39
ANEXOS	43

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Los ruidos producidos por labores del hombre están presentes desde el inicio del conocimiento mismo, el descubrimiento del fuego, la creación de la rueda o las actividades de agricultura ya poseyeron este valor de ruido ambiental sin identificar.

Con la llegada de la revolución industrial y la aparición de maquinaria, se generan diversos problemas de ruido ambiental provocados por el avance tecnológico de la época, en donde no existía ningún control por parte de las industrias para solucionar dichos problemas que afectan en la salud de sus trabajadores.

La contaminación acústica, tanto de ruido como de vibraciones, que es producida en las industrias se debe principalmente, al funcionamiento de los diferentes tipos de máquinas y equipos existentes en el interior o exterior de las mismas, tales como hormigoneras, motores, grúas, compresores, equipos neumáticos, tuberías, sistemas eléctricos y de combustión, etc.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), institución encargada en dar directrices para la preservación de la salud a nivel mundial (OMS, 2002), realiza estudios globales sobre el impacto por ruido en trabajadores, uno de esos estudios considera la pérdida auditiva provocada por ruido laboral (hipoacusia, presbiacusia) e incluye a las enfermedades provocadas por ruido dentro de las causas de morbilidad ambiental. (Prüss-Üstün et al., 2003)

El Instituto nacional de seguridad e Higiene en el trabajo, INSHT, de España considera la afección entre mecanismos que provoquen vibraciones y son transmitidos a sus empleados como ente patógeno. Dichas vibraciones provocan un sin número de trastornos o desembocan en afecciones más complejas en las actividades cotidianas de sus trabajadores, siendo un factor de

disminuciones de las capacidades intelectuales y motrices de una persona. (INSHT, 2013)

A lo largo de 2005, se detectaron en Europa 14.300 casos aproximadamente de pérdida auditiva causada por el ruido, lo que equivale a 9,5 casos por cada 100.000 personas empleadas. Cabe señalar que, de los casos detectados, aproximadamente el 98 % eran hombres y el 73 % trabajaban en los sectores manufacturero, minero y de la construcción. (UE, 2015)

El Ecuador posee el Decreto Ejecutivo 2393: Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del ambiente de trabajo nos da la pauta y es el principal texto legislativo que propone las disposiciones para toda institución laboral, sobre temas de la salud de los trabajadores, mejoramiento del ambiente del trabajo y prevención de los problemas físicos y biológicos presentes en las industrias.

La Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador procede a publicar una guía de buenas prácticas ambientales en el año 2013, donde expone que, al poseer guías de buenas prácticas, dan a las instituciones herramientas para proceder al sin fin de inconvenientes que puedan generarse en el ámbito laboral enfocado al ambiente; dicha guía busca que todo el personal adquiera hábitos de prevención.

Y así en la actualidad, muchas instituciones han creado guías básicas enfocadas a la prevención del sin número de eventualidades que pueden presentarse en las labores diarias. La inversión económica enfocada en prevención de todo riesgo laboral nos da la ventaja que una empresa puede estar preparada y podrá actuar conforme a lo estipulado en las normativas nacionales, siendo la prevención el motor para generar beneficios económicos, evitar mediaciones legales y sobre todo mejorar la salud y el confort de sus trabajadores.

1.2 Justificación

Dentro de las planificaciones institucionales, es muy común generar proyectos para cubrir las necesidades de sus empleados y mejorar el confort de los mismos, la prevención es un pilar fundamental dentro de la evaluación de soluciones prácticas en temas de salud, control de la seguridad y certificaciones de calidad.

Los estudios de seguridad y salud ocupacional están dentro de los estatutos institucionales y a la par se crean departamentos encargados que dentro de sus tareas y funciones se encuentra evitar problemas legales con los entes estatales que disponen todo trabajador debe poseer información de los riesgos presentes en sus actividades diarias, a la vez instalaciones y actividades donde no vean mermado su estado físico y psicológico.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) dispone como límite de carga laboral a 8 horas expuesto a un nivel máximo de 85 [dBA] teniendo la obligatoriedad de poseer planes de protección auditiva para los trabajadores que se encuentren en un medio donde los niveles superen a este valor. (OPS, 2015)

El Decreto Ejecutivo 2393 del Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del ambiente de trabajo dispone actuar en la prevención de problemas que afecten el medio ambiente laboral o pongan en riesgo la salud de los trabajadores. (Congreso Nacional del Ecuador, 1986)

El Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP) establece en la ley orgánica de la salud pública y seguridad en el trabajo dentro de su artículo 118: “Los empleadores protegerán la salud de sus trabajadores, dotándolos de información suficiente, equipos de protección, vestimenta apropiada, ambientes seguros de trabajo, a fin de prevenir, disminuir o eliminar los riesgos, accidentes y aparición de enfermedades laborales.” (MSP, 2006)

Dentro de las competencias municipales está el precautelar la salud y bienestar de la población que está siendo afectada por la contaminación ambiental producida por la emisión de ruido; previniendo, evaluando y controlando la emisión de ruidos para evitar las consecuencias adversas que estas producen. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2004)

Atendiendo a todo lo anteriormente descrito, se considera necesario crear un texto base para problemas acústicos, contenidos que estarán incluidos en la guía de buenas prácticas acústicas sobre temas laborales.

La necesidad de una guía que facilite identificar los procesos de prevención, control y solución de problemas acústicos se ve reflejada ante la no existencia de una misma en el país, y las guías que ya están a disposición de las instituciones no contienen un material técnico suficiente que abarque temas directamente acústicos.

Dentro de las funciones de un Ingeniero en Sonido y Acústica, al momento de ingresar en una empresa o industria, estará generar planes de prevención a los problemas de ruido y vibraciones; por lo cual poseer una guía de buenas prácticas acústicas, será de gran ayuda y disminuirá el tiempo requerido en investigación, para poder enfocarse en desarrollar planes preventivos pro mejoras de su lugar o recinto de trabajo.

1.3 Objetivos del proyecto

1.3.1 Objetivo principal.

Desarrollar material técnico mediante una guía de buenas prácticas, para ser utilizado por el sector industrial nacional en beneficio de sus trabajadores; a través de planes de soluciones acústicas para la prevención de efectos asociados a la exposición a ruido y vibraciones, acorde al decreto ejecutivo 2393 del Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores de riesgos laborales por factores físicos, químicos y biológicos.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Generar un sistema técnico de pasos a seguir para identificar problemas acústicos y desarrollar un plan de soluciones aplicables al medio industrial ecuatoriano.
- Definir los factores comunes de riesgos producidos por problemas acústicos dentro de las industrias ecuatorianas.
- Crear un informe técnico con los planteamientos de los problemas acústicos.
- Elaborar un análisis económico de los costos asociados al trabajo de titulación.

2. Marco teórico

2.1 Ruido y sus efectos

2.1.1 Acústica: Ruido

La acústica es la ciencia encargada de estudiar el comportamiento del sonido en todos sus aspectos, para nuestro caso utilizaremos la subdivisión acústica física que se encarga de modelar matemáticamente los efectos sonoros. (Miyara, 1999, p1-1)

Ruido Es la sensación auditiva que a un individuo o grupo de personas genera molestia o desagrado, considerando así todo sonido que provoque molestia al oído y que pueda afectar sus funciones auditivas o fisiológicas dentro de la salud humana.

La OMS y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) plantean al ruido como severamente nocivo para la salud física y psicológica (OMS, 2012). Puede estimarse al ruido como todo sonido que interfiera entre la comunicación de las personas por su sonoridad alta.

Enmascaramiento del sonido vs ruido El oído humano posee una cualidad propia conocida como enmascaramiento, esta capacidad provoca que ciertos sonidos sean ocultados o desapercibidos en relación a otros. Estudios en producción musical verificaron que los sonidos con una mayor amplitud se enmascaran dentro de nuestro oído volviéndose imperceptibles en relación a los de menor amplitud con una diferencia entre sí de 10 dB.

El enmascaramiento puede ser definido como un defecto del oído, pero también es una virtud, ya que nos permite desechar información inútil o difícil de procesar por el cerebro. En particular, una parte del ruido ambiente es enmascarado por las señales sonoras útiles, evitando así que el cerebro procese dicho ruido innecesariamente. Lamentablemente, cuando el nivel de ruido ambiente es demasiado elevado se produce el efecto contrario, enmascarando éste a las señales útiles. (Miyara, 1999, p1-37)

El enmascaramiento puede ser aprovechado para eliminar ruidos ambiente a través de música, pero este método puede sobrellevar a colocar música en niveles excesivos provocando daños auditivos. Al igual se puede utilizar el enmascaramiento para crear un tipo de privacidad entre personas con música ambiente muy útil para bares, restaurantes o centros comerciales.

Dentro de las desventajas del enmascaramiento tenemos que la comunicación se ve afectada en las instalaciones laborales, el ruido producido por máquinas, herramientas de trabajo; si un trabajador tuviera un llamado de emergencia ante un riesgo y con enmascaramiento por ruido no podría localizar el peligro o responder ante estas dificultades pudiendo traer consecuencias dentro de la integridad física del empleado.

Al igual el enmascaramiento puede ser constante como ruido de fondo y disminuir la capacidad auditiva del empleado produciendo principalmente estrés, o muchas dificultades fisiológicas a las que deberá ser tratado en casos futuros.

2.1.2 Tipos de ruido y clasificación de fuentes de ruido.

Generalmente el ruido puede ser producido naturalmente por el ser humano o por fenómenos físicos ambientales, pero muchos de los ruidos con los que convivimos actualmente son producidos por la actividad humana como el transporte, comercio, construcción y sobre todo por las actividades industriales. (Asociación Catalana contra la contaminación acústica, 2003)

El ruido genera molestias en diferentes aspectos de las actividades diarias de las personas, estas molestias se subdividen según la una característica específica ya sea del sonido o del individuo afectado:

- Por la cantidad de energía sonora: Mientras mayor nivel de energía posea un determinado sonido, la molestia provocada será mayor. Se calcula en base al nivel de presión sonora NPS. La respuesta auditiva

- humana necesita mayores niveles de energía para captar frecuencias específicas, donde el ruido de baja frecuencia es el que principalmente se genera por maquinaria industrial (8 a 100 Hz) puede no ser auditivo, pero si generar un sin número molestias. (Sanguinetti, 2000)
- Por el tiempo de exposición: Ruido constante es el que no varía en su nivel de presión sonora o presenta cambios de ± 5 dB durante largos períodos de tiempo de +8 horas, mientras los niveles de ruido se mantengan constantes, la molestia puede aumentar; dándose el término a mayor tiempo de exposición mayor molestia.
- Ruido de impacto o choques producidas por golpes directos de un objeto contra otro, como por ejemplo golpes de pistón o martillo, etc. Estos golpes pueden generarse una sola vez o por el transcurso de períodos de tiempo. El ruido impulsivo es aquel que presenta una variación brusca en su NPS por un periodo de tiempo mínimo o impulso instantáneo provocados por impactos o explosiones. Los límites de impactos o choques permitidos durante una jornada laboral se encuentran especificados en la tabla del Decreto Ejecutivo 2393.
- Ruido por fricción: Se producen cuando dos elementos rozan entre sí, generando ruido continuo mientras los cuerpos permanezcan en el estado vibratorio generado por el rozamiento. La fricción puede producir ruido intermitente que es el que aparece en determinados periodos de tiempo, presentan un NPS continuo de ± 3 dB hasta 15 min.
- Ruido por escapes: La expansión brusca de un gas o líquido encerrado a presión, produce un ruido por la reunión de choques de grupos de partículas de unas contra otras, o por desplazamiento rápido de partículas líquidas o gaseosas a través de un medio líquido o gaseoso inmóvil o viceversa. Entre estos ruidos tenemos los de los motores a reacción, proyectiles o cohetes, los ruidos de bisel, etc.

- Ruido por resonancia: Toda maquinaria posee una frecuencia de excitación propia y si emitimos una frecuencia que coincida con la misma provocará que la maquinaria se desplace o trabaje en su nivel máximo lo que generará ruidos con un nivel de presión sonora muy alta. (Gómez & Ruiz, s.f.)
- Componentes del sonido: Las características específicas de los sonidos pueden considerarse como ruido ya que provocan molestia entre estas tenemos ritmos, género, timbre, sonoridad, etc. Dependiendo las actividades desempeñadas se puede optar por tener ambientes con música ambiente, o prohibición de la misma.
- Sensibilidad individual: La molestia es determinada por factores personales para un mismo tipo de ruido. Se encuentran en este punto los factores culturales, sociales, psicológicos de cada persona.
- Según las actividades del receptor: Las molestias pueden ser identificadas por las actividades desarrolladas por el individuo, a diferentes horas del día dependiendo la actividad que practique y el nivel de concentración empleado en la misma, un mismo ruido puede provocar diferentes niveles de molestia.
- Según la calidad de vida: este factor indica que un individuo espera un ambiente específico en el sector donde vive o labora, así su respuesta ante las molestias depende de la locación, logrando tener mayor susceptibilidad en sitios donde previó descanso. (Gómez & Ruiz, s.f.)

2.2 Vibraciones

Las vibraciones también conocidas como movimiento vibratorio es un fenómeno físico que consta de la variación estable de un elemento mecánico donde su punto de equilibrio se ve alterado y se desplaza en relación del tiempo, cumpliendo las leyes de movimiento armónico simple. Se expresan en ciclos por segundo definiendo la frecuencia en Hertzios [Hz] o revoluciones por minuto RPM, el desplazamiento define la amplitud máxima del sistema.

La magnitud de una vibración puede medirse en base a estos parámetros físicos como son la frecuencia natural de vibración, desplazamiento máximo o amplitud, velocidad y aceleración del sistema.

La resonancia es una característica de los movimientos vibratoriales y se produce cuando la fuerza externa excitadora posee frecuencias similares a las frecuencias naturales del sistema mecánico alterando su desplazamiento a niveles máximos. La resonancia es un problema muy común que puede presentarse en la industria, si una maquina industrial entra en resonancia se verá afectada siendo esto un problema de desbalanceo, imprecisión o generar daños en la operación normal.

Desequilibrio mecánico es la distribución desigual de la masa del sistema en relación a su punto de equilibrio, en maquinaria industrial los desequilibrios mecánicos generan turbulencia, siendo la misma una fuente de ruido o provocando daños generales en el correcto desempeño.

2.2.1 Tipos de vibración

- Vibraciones libres, son las que no se ven afectadas por fuerzas exteriores y no provocan cambios de un sistema vibratorio en relación al tiempo que mantenga realizando el movimiento.
- Vibraciones forzadas, son las que poseen un componente externo que cambia las condiciones iniciales del sistema provocando excitación directa a todo el movimiento.
- Vibraciones amortiguadas, los dos tipos de vibraciones tanto libres como forzadas pueden tener un factor de amortiguación, que es la resistencia al movimiento total del sistema que disiparan la energía. El amortiguamiento es una característica muy especial para creación de sistemas supresores de vibraciones en maquinaria industrial.

2.2.2 Fuentes de vibraciones no deseadas

- Maquinaria desbalanceada: Es uno de los principales problemas ocurridos en el sector industrial, la maquinaria que no posee un equilibrio adecuado, produce vibraciones donde la amplitud de la onda es proporcional al desbalance general de la fuente, para rotores se pueden tener vibraciones en sentidos únicos axial o radial. Un elemento con desbalance al igual que emitir vibraciones es una fuente de emisión de ruido.
- Maquinaria desalineada: Los problemas mal alineamiento se pueden reconocer mediante variaciones en la frecuencia natural de vibración de la maquinaria, esta llega a duplicarse o triplicarse, la amplitud de vibración es proporcional al desalineamiento, la vibración axial y radial presenta amplitudes anormales.

- Excentricidad en maquinaria: Los rotores de la maquinaria se desplazan a destiempo del eje común de la maquinaria, es una causa de desbalance y genera sobrecarga al funcionamiento normal del rotor. La aparición de vibración producida por bandas en mal estado, ocasionan vibraciones de excentricidad, siendo la banda la fuente de vibraciones y los componentes de frecuencia se ven directamente dependientes de la longitud y ancho de la banda.
- Otros problemas se presentan por fallas en los sistemas de movilización de maquinaria (rodamientos, bandas de transporte), mala lubricación de engranajes y piezas de conexión, montajes desbalanceados, desalineados, mal ajustados o la presencia de sobre carga en la amortiguación se presentará vibraciones no deseadas.

Las vibraciones pueden estar asociadas a problemas eléctricos, cuando existe fallas en el sistema de conducción y se crean campos magnéticos que afectan el normal funcionamiento. Los engranajes que tengan un mal funcionamiento en el interior de la maquinaria, también son fuentes de vibración y la magnitud de la vibración está directamente relacionada al N° de dientes del engranaje y su diámetro total.

2.3 Efectos adversos del ruido y vibraciones.

Una larga exposición al ruido, ya sea en actividades diarias cotidianas o en el lugar de trabajo, puede causar decaimientos en la salud, el ruido genera cansancio mental, dificultad de lectura, pérdida de la atención para labores, incapacidad resolución de problemas y fallas memoria los cuales pueden provocar accidentes laborales entre otros.

Los ruidos con niveles por encima de 80 dB producen comportamientos agresivos en los trabajadores, al igual que comportamientos depresivos o de introversión social. Existe relación entre problemas de contaminación de ruido

ambiental con ciertos desórdenes mentales, ante esto se genera aumento en la demanda de tranquilizantes y somníferos para conllevar el ruido.

El ruido puede causar un sin número de problemas, pero el principal está relacionado a la pérdida de la audición siendo esta una incapacidad para las personas no pudiendo prestar actividades normales dentro de los campos laborales actuales provocando una gran desventaja ante un mercado desarrollado en competitividad. (Gómez & Ruiz, s.f.)

Podemos esquematizar los efectos del ruido en cada persona por los trastornos físicos o psicológicos:

Tabla 1. Esquema de efectos físicos y psicológicos producidos por el ruido.

Psicológicos	Físicos
<ul style="list-style-type: none"> • Estrés (insomnio, cefaleas, problemas sexuales). • Cambios de conducta. • Depresión. • Efectos sobre el rendimiento laboral (fatiga, sueño, desatención). 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la capacidad auditiva. • Problemas en los sistemas circulatorio o digestivo. • Problemas hormonales. • Problemas de movilidad y motricidad. • Calambres o dolores fantasma.

Adaptado de OMS, 2012.

Un estudio para la carrera de medicina de la CES Colombia indica que los trabajadores con una carga laboral de más de 12 horas presentan problemas en su salud donde los países en vías de desarrollo se encuentran más afectados, donde muchos de los casos no son atendidos ni presentan

denuncias hacia las empresas, y las medidas correctoras son casi nulas. (Martínez, García, Ceballos Y. L., & Zapata M. A. V. & Vásquez, 2012)

El estudio dirigido por la Universidad de Cuenca (Pozo Andrade, 2010) hacia el sector de las industrias madereras mediante la medición y evaluación de la exposición al ruido de los trabajadores, es decir, que realicen su labor diaria apoyándose en medidas seguras y apegadas a la normativa vigente sobre seguridad y salud ocupacional. Dieron como resultado que las principales afecciones a la salud del trabajador son:

- Pérdida de atención, concentración y rendimiento en el trabajo.
- Interferencia con las actividades mentales y psicomotoras.

Por otro lado, un estudio realizado en la ciudad de Quito por parte de la Universidad SEK (Cruz Zambrano, 2015) comprueba que los trabajadores de una empresa local, con exposiciones de ruido dentro de sus 8 horas laborales sufren afecciones en el ritmo cardíaco y presión arterial con sintomatologías como cefaleas, náuseas, tinnitus, mareos, lo que ha conllevado a que haya un ausentismo laboral siendo esto una pérdida para la empresa.

Existen casos específicos y afecciones dependiendo la labor que el trabajador realiza, un estudio por parte de un estudiante de la Universidad de las Américas (Guzmán Buitrón, 2015) específica que los odontólogos sufren de pérdida auditiva debido a las frecuencias con niveles elevados de presión sonora (NPS) en las que trabajan la maquinaria utilizada en sus consultorios.

La Organización Mundial de la Salud OMS ha resumido los efectos producidos por el ruido en la siguiente tabla:

Tabla 2. Tabla de molestias

Entorno	Nivel de Sonido [dBA]	Tiempo [h]	Efecto sobre la salud
Exterior de viviendas	50-55	16	Molestia
Interior de viviendas	35	16	Interferencia en la comunicación
Dormitorios	30	8	Interrupción del sueño
Aulas escolares	35	6	Perturbación de la comunicación
Áreas comerciales, industriales y de tráfico	70	24	Deterioro auditivo
Música en auriculares	85	1	Deterioro auditivo
Actividades de ocio	100	4	Deterioro auditivo

Tomado de OMS, 2002.

Nota: Molestia según el lugar.

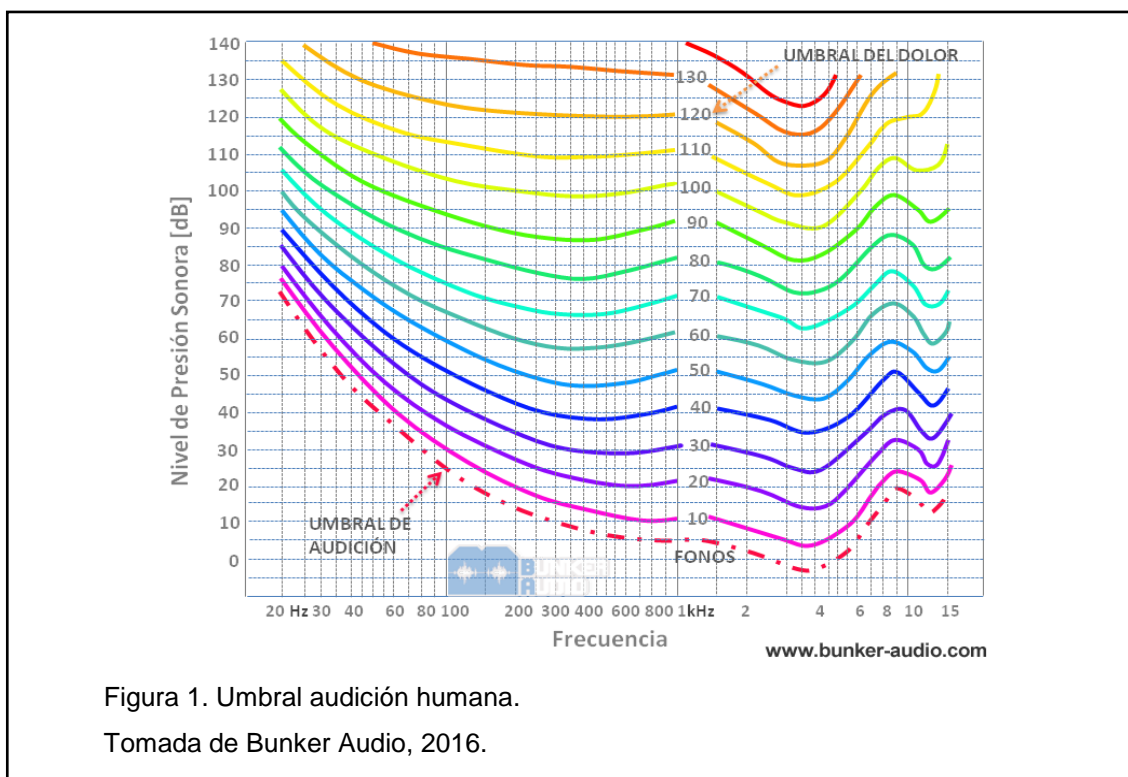
2.3.1 Efectos clínicos del ruido

Efectos Auditivos:

Dentro de las funciones auditivas humanas, al percibir un ruido, se efectuará una reacción de protección ya que son concebidas como peligros. Mucho de los efectos del ruido son negativos y generan problemas en todo el cuerpo, pero principalmente en el sentido de la audición.

El umbral auditivo es el rango de respuestas mínimas y máximas que puede percibir la audición humana, se expresa en curvas isofónicas que indican el sonido de menor intensidad hasta el máximo sonido captable por una persona y niveles de dolor. Cada persona tiene una respuesta diferente y su umbral de sonido varía por la edad. El rango normal de la audición humana se encuentra entre los 20 [Hz] a los 20000 [Hz]. La estructura anatómica del oído hace que ciertos sonidos necesiten diferentes niveles de presión sonora para ser

detectados, siendo así que sonidos entre los 500 y 4000 Hz poseen mayor energía acústica y son más fáciles de detectar. Por lo tanto, la comunicación humana se encuentra entre este rango y facilita su entendimiento. (Gómez, 2006)



El desplazamiento temporal del umbral auditivo es cuando varía los rangos normales de percepción de sonidos tanto mínimos como máximos, se produce cuando una persona se encuentra expuesta a un periodo corto de tiempo, pero con niveles elevados de un ruido y el umbral de su audición se desliza variando su respuesta de frecuencia auditiva, es un efecto reversible, pero ante la presencia de sucesivas exposiciones genera problemas de mayor gravedad. Impactos violentos o choques entre dos elementos, son las causas más comunes para presentar un caso de desplazamiento del umbral auditivo.

El acúfeno o tinnitus es la aparición de sonidos sin presencia de ninguna fuente exterior, generando zumbidos internos o presencia de un tono agudo, el tinnitus o acúfeno se da luego de exposiciones cortas de ruido o presencia de impactos sonoros de alta intensidad. Es una de las más frecuentes afecciones auditivas

contemporáneas, generando daño leve entre las células ciliares del interior de la cóclea. (IntraMed, 2012)

La Presbiacusia es una afección a la audición que se presentan durante exposiciones a ruido por periodos de tiempo medianos a largos. La presbiacusia puede ser provocada por la edad de una persona y su desgaste natural de tejidos del oído, y la más grave producida por la exposición prolongada a ruidos que se encuentran comúnmente en el medio ambiente.

La hipoacusia o disminución de la capacidad auditiva, puede categorizarse dos formas: hipoacusia conductiva y la hipoacusia perceptiva, donde la primera se identifica por la afección en la conducción del sonido desde el oído interno hasta la cóclea y las vías nerviosas.

“La hipoacusia conductiva puede deberse a obstrucciones del canal auditivo causadas por algún objeto, cuerpo extraño o tapón de cerumen, o bien por lesión o destrucción del tímpano, o por el endurecimiento o pérdida de funcionalidad de los huesecillos, o por supuración del oído medio a causa de alguna infección otorrinolaringológica (otitis media).

La hipoacusia perceptiva puede deberse a una lesión de la cóclea (lesión coclear) o a una lesión del nervio coclear.” (Miyara, 1999) La hipoacusia laboral es el tipo de afección donde la principal causa de la misma es por fuentes de ruido en el ambiente laboral.

Efectos no auditivos:

El ruido y presencia de vibraciones describen numerosas afecciones no auditivas de las cuales tenemos: la hipertensión arterial, problemas cardiacos como taquicardias, las cefaleas o dolores frecuentes de cabeza, el nerviosismo, el estrés laboral, la reducción del rendimiento físico y la pérdida de la concentración y de la atención en laborales cotidianas.

Se presentan problemas respiratorios, disminución de la secreción salival y problemas intestinales, alteraciones en los sistemas cardiovasculares, neurológicos, digestivos y endócrinos, “los cuales llegan a ser hasta 4 veces más frecuentes en la población expuesta a ruidos muy intensos, como sucede en los alrededores de los aeropuertos.

Según los especialistas, esto podría deberse a que las vías nerviosas colaterales a la vía nerviosa auditiva podrían verse afectadas cuando la señal neurológica es muy intensa, influyendo presumiblemente en varios aspectos de diversas funciones fisiológicas no auditivas. (Miyara, 1999, p.2-10) El ruido intenso genera problemas al momento de dormir generando insomnio, somnolencia y cambios en los horarios habituales de descanso.

2.3.2. Efectos psicológicos

Las actividades laborales que requieren mayor grado de trabajo intelectual se ven afectadas mayoritariamente por presencia de ruidos, a diferencia de las actividades manuales repetitivas que su molestia es casi nula. El ruido y vibraciones afectan principalmente a la conciliación de sueño y a la sensación de descanso de una persona, este malestar es frecuentemente estadístico y puede desencadenar problemas clínicos.

El estrés puede aparecer como síntoma de problemas continuos ante exposición de ruido y ser un efecto directo para insomnio, cefaleas, cambios en la conducta personal, depresiones o estados de hiperactividad y principalmente afectan el rendimiento laboral de una persona.

La molestia provocada por el ruido, se presenta como un estado mental de discomfort ante las actividades o rutinas, provocando irritación o distracción de la persona. Los grados de molestia son muy relativos, y su forma de medición puede depender del estado psicológico en un trabajador.

2.3.3 Efectos ocasionados por vibraciones

El principal efecto ocasionado por las vibraciones es presencia de malestares y dificultad para realizar actividades laborales diarias. Dificulta la percepción visual y los mecanismos de respuesta corporales se ven afectados dificultando las respuestas de las extremidades superiores o inferiores del cuerpo humano. Tareas de aprendizaje y memoria presentaran dificultad ante esto y son fuentes de estrés laboral.

La fatiga producida por vibraciones inducirá a los efectos psicológicos producidos por el ruido y dentro de las afecciones más comunes podemos clasificar:

- Hormigueos, adormecimiento.
- Alteraciones de las funciones fisiológicas.
- Alteraciones neuromusculares.
- Alteraciones cardiovasculares, respiratorias, endocrinas y metabólicas.
- Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso central.
- Riesgo para la salud de la columna vertebral.
- Trastornos de los huesos y articulaciones.
- Fenómeno de Raynaud (daño vascular).

2.3.4 Efectos no clínicos producidos por ruido y vibraciones

Interferencia a la palabra: La dificultad de entendimiento del mensaje entre el emisor o receptor durante una conversación es uno de los efectos no clínicos comunes provocados por la presencia del ruido. Para ruidos intensos la afección en la voz genera que la persona que esta interactuando aumente el nivel sonoro de su mensaje afectando su sistema fonatorio emisor y serán una fuente de ruido que puede generar malestar o molestia para lugares donde sea necesario actividades laborales donde el ruido de fondo deba ser bajo.

Las dificultades de comunicación se ven directamente relacionadas, a los riesgos laborales, si existe un gran nivel de ruido de fondo, puede omitirse mensajes de emergencia como sirenas, alarmas o gritos de alerta ante riesgos laborales no necesariamente producidos por ruido y vibraciones.

2.4 Marco legal

Las referencias legales y normativas existentes generan una amplia fuente de consulta aplicada al ámbito nacional e internacional. Las normativas internacionales son elaboradas por la ISO International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización).

El estado al igual que las instituciones locales emite leyes, reglamentos u ordenanzas públicas para la prevención, control y sanción en temas de medio ambiente y en este caso específicamente relacionados al Ruido y sus molestias. Al igual las entidades que controlan el sector laboral promueven normas para la adaptación y mejoramiento del sitio de trabajo, regulando los niveles máximos permitidos de ruido, dosis máximas al igual que las posibles medidas de prevención.

- Siendo sin duda el decreto ejecutivo 2393 del Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del ambiente de trabajo, capítulo V medio ambiente y riesgos laborales por factores físicos, químicos y biológicos del art. 55 Ruido y vibraciones, la máxima disposición en el país de carácter legal al cual todas las empresas públicas o privadas se ven obligadas a cumplir.
- Las disposiciones ambientales las administran las municipalidades, en este caso para nuestro país entre las importantes tenemos a las ciudades de Quito, Cuenca y Guayaquil donde las ordenanzas municipales establecen las sanciones y multas para las diferentes

- actividades y los límites permisibles de ruido categorizando según el tipo de actividad.

En la ciudad de Quito existe la ordenanza municipal 123, donde consta niveles de emisión de ruido y sectorización de espacios con niveles máximos permitidos según la utilización del suelo. Anexo a esta ordenanza la resolución 0002-DMA-2008 donde consta una instrucción técnica de mediciones acústicas ambientales.

- El Ministerio del Ambiente MAE se maneja dentro de las políticas ambientales en base al Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente TULSMA, donde propone medidas sobre prevención en beneficio de minimizar el impacto de cualquier ente que altere el medio ambiente. Dentro del LIBRO VI ANEXO 5 de los "límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones".

Teniendo una clasificación de niveles máximos según el uso del suelo y las normativas para mediciones de fuentes fijas, móviles y medición de vibraciones.

- La normativa traducida al español UNE EN ISO 1999 "Acústica – Determinación de la exposición a ruido laboral y estimación de la pérdida auditiva inducida por ruido", donde nos indica estadísticamente el riesgo auditivo en función del nivel sonoro continuo equivalente [dBA] y los años de exposición, los desplazamientos normales del umbral auditivo y tablas estadísticas de personas afectadas por el ruido en función de los años de exposición.
- Normativa UNE EN ISO 11690-1997 "Práctica recomendada para el diseño de lugares de trabajo con bajo nivel de ruido que contienen maquinaria" en sus apartados 1,3. La normativa nos ayuda a generar sitios con niveles de ruido permitidos internacionalmente en recintos de
-

- trabajo, nos permite elaborar planes para construcción y mejoramiento de instalaciones.
- Normativa UNE EN ISO 717 “Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción.” Utilizada en mediciones dentro de recintos, comprobación de parámetros de transmisibilidad.
- Normativa UNE EN ISO 2631 “Vibraciones y choques mecánicos.” Con sus apartados 1-5 donde nos permite medir, evaluar y crear tablas sobre la exposición de vibraciones en el ser humano, vibración en edificaciones y recintos ocupados por personas, y casos combinados de vibraciones y choques mecánicos.
- Normativa UNE-EN ISO 9921:2004 “Ergonomía. Evaluación de la comunicación verbal” Que nos permite tener adecuadas apreciaciones para comunicación en caso de emergencia en el ambiente laboral, recomendaciones de equipo y sistemas de alerta visual, sonora entre otras.
- Normativa UNE EN ISO 16283:2004 “Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción”. Los apartados de esta normativa nos ayudan a tener en cuenta los parámetros de ruido y vibraciones parte 1: parte 2: Aislamiento de ruido de impactos.
- Normativa UNE EN 458 “Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, cuidado y mantenimiento. Documento guía”. Utilizada para selección de protección auditiva individual.
- Normativa UNE EN ISO 28297 “Herramientas a motor portátiles. Métodos de ensayo para la evaluación de emisión de vibraciones”. Los apartados de esta normativa se subdividen según los tipos de

maquinaria utilizada en la industria por ejemplo del apartado 1 es para las Amoladoras verticales y angulares.

- Normativa UNE EN ISO 8041 “Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida”. Esta normativa nos indica los métodos e instrumentos de medición para el tratamiento de vibraciones que afecten al cuerpo humano.
- Normativa UNE EN 288:2004 “Guantes de protección contra riesgos mecánicos”. Nos facilita información para adquisición de guantes para protección del personal en caso de presencia de vibraciones.

2.5 Instrumentación y Mediciones

Las mediciones pueden estar categorizadas según el tiempo de duración de la medición:

- Slow o lenta: Es un valor de medición promedio eficaz durante un segundo.
- Fast o rápida: Valor de medición promedio eficaz durante 125 milisegundos.
- Impulse o impulsivo: Valor promedio eficaz durante 35 milisegundos, está asociado a la medición de la respuesta del oído humano ante sonidos de corta duración.
- Peak o pico: Valor de pico o valor máximo dentro de un rango de valores emitidos por la fuente, el valor pico es obtenido en un período de tiempo entre los 50 y 100 microsegundos.

Los instrumentos que nos permiten obtener valores de presión acústica y niveles de variación de los elementos físicos son el sonómetro, dosímetro y el acelerómetro de vibraciones.

Sonómetro: El sonómetro es un instrumento de medición de presión acústica, normalmente utilizado para la medición técnica de niveles de ruido generados por fuentes fijas o móviles durante periodos de tiempo variables. La unidad de medición de un sonómetro es el decibelio [dB].

Dependiendo del tipo de ruido de medición sea este continuo impulsivo, pico o registro de promedios; existen diferentes variaciones de los sonómetros según su función.

- Sonómetro tipo 0: Utilizado para trabajos de laboratorio y emitir niveles de referencia en entornos con todas las variables controladas.
- Sonómetro tipo 1: Utilizado en trabajos de campo con alta precisión, utilizados por laboratorios acreditados para verificación y fiscalización.
- Sonómetros tipo 2: Utilizado para mediciones generales en campo y verificación de niveles de exposición.
- Sonómetros tipo 3: Integrados en dispositivos electrónicos, que poseen referencias al nivel de ruido, pero no pueden considerarse para mediciones acústicas de campo.

Para el trabajo dentro de la industria ecuatoriana es necesario poseer sonómetros integradores que posean analizadores de frecuencia para todo el ancho de banda del umbral auditivo 20Hz a 20KHz y que trabajen bajo las ponderaciones en escalas A y C.

La curva de respuesta A [dBA] emite la respuesta del oído humano ante los sonidos de baja intensidad, posee la mayor semejanza ante la percepción real del oído humano y es utilizada para mediciones de exposición al ruido ambientales o laborales. Esta curva de ponderación es la utilizada para los límites máximos permitidos dentro de la mayoría de legislaciones a nivel mundial, siendo el Ecuador un ejemplo de la misma.

La curva de respuesta C [dBC] emite la respuesta del oído humano ante sonidos de gran intensidad (impulsivos) o sonidos de mayor energía sonora (frecuencias graves). Es utilizado para mediciones acústicas ambientales y laborales donde la maquinaria es una fuente de ruido puntual.

Tabla 3. Curvas de ponderación [dBA] y [dBC].

Frecuencia [Hz]	Curva A [dB]	Curva C [dB]
10	-70,4	-14,3
12,5	-63,4	-11,2
16	-56,7	-8,5
20	-50,5	-6,2
25	-44,7	-4,4
31,5	-39,4	-3,0
40	-34,6	-2,0
50	-30,2	-1,3
63	-26,2	-0,8
80	-22,5	-0,5
100	-19,1	-0,3
125	-16,1	-0,2
160	-13,4	-0,1
200	-10,9	0,0
250	-8,6	0,0
315	-6,6	0,0
400	-4,8	0,0
500	-3,2	0,0
630	-1,9	0,0
800	-0,8	0,0
1000	0,0	0,0
1250	0,6	0,0
1600	1,0	-0,1
2000	1,2	-0,2
2500	1,3	-0,3
3150	1,2	-0,5
4000	1,0	-0,8
5000	0,5	-1,3
6300	-0,1	-2,0
8000	-1,1	-3,0
10000	-2,5	-4,4
12500	-4,3	-6,2
16000	-6,6	-8,5
20000	-9,3	-11,2

Adaptado de (Miyara, 1999).

Dosímetro: El dosímetro es un sonómetro integrador que posee la cualidad de medición de dosis de ruido, que es la contabilización de ruido recibido por una persona durante una actividad o período determinado.

Para el caso laboral utilizamos periodos de medición de 8 Horas y a través del cálculo de porcentaje de dosis (% dosis) se posee los niveles de exposición de ruido de un trabajador durante el desarrollo completo de su jornada laboral. La unidad de medición se encuentra en decibelios ponderados en la curva A [dBA].

Acelerómetro de vibraciones: Conocido también como vibrómetro o acelerómetro, es un dispositivo de medición a través de impulsos eléctricos que registra las variaciones físicas de un elemento (desplazamiento, velocidad y aceleración).

Este componente toma valores en los 3 ejes axiales, radiales verticales y radiales horizontales; la unidad de medición es según el componente físico bajo los sistemas métricos internacionales (metro, kilogramo, segundo).

Los acelerómetros nos pueden indicar tanto el nivel de emisión de vibraciones de la maquinaria, mientras tanto el vibrómetro corporal nos indican el nivel de exposición de vibraciones en el ser humano. En el campo laboral es importante poseer vibrómetros corporales para el sistema mano-brazo, y sistema cuerpo entero para tener los niveles de exposición efectivas para vibraciones según la normativa UNE EN ISO 2631.

Calibradores: Dispositivos de referencia que se utilizan para asegurar que de los instrumentos de medición anteriores se obtengas datos fiables y reales. Para los casos de sonómetro y dosímetro su función es la de emisión de un tono puro a un nivel de presión estable, con el fin de comparar el nivel interno del instrumento de medición. En el caso de los acelerómetros se emite una señal eléctrica estándar con la cual se verifica las condiciones iniciales del dispositivo.

3. Desarrollo metodológico

3.1 Métodos para reducción de ruido y vibraciones “Guía de Buenas Prácticas Acústicas para la industria”

El proceso para la creación de una guía práctica que pueda ser utilizada en la industria ecuatoriana fue sistematizado en base a las necesidades reales existentes dentro del campo laboral.

Un ingeniero en Sonido y Acústica, al momento de ingresar a trabajar en una industria y dentro de sus funciones, están las acciones de prevenir riesgos laborales en el campo de la acústica, evaluar las fuentes de emisión de ruido y vibraciones, evaluar las instalaciones para el cumplimiento de normativas vigentes, realizar informes y presentar criterios para la adquisición de maquinaria técnica, presentar planes de control de ruido y vibraciones, realizar campañas y talleres informativos para el personal, entre las más importantes.

En base a la guía de buenas prácticas no vinculante para la aplicación de la directiva 2003/10/CE de la Comisión Europea, que contiene material técnico acerca de las sistematizaciones de soluciones prácticas para temas relacionados al ruido, se adaptó un formato similar de fácil comprensión y a su vez se realizó el proceso dirigido a todos los rangos jerárquicos presentes en una industria.

Siguiendo las funciones necesarias del conocimiento del experto acústico la guía ha sido elaborada con el mismo sistema de las funciones a realizarse, categorizándolos y justificándose en el marco legal del decreto ejecutivo 2393 donde las especificaciones del mismo dan lugar para cada punto de la guía.

La guía práctica fue diseñada bajo parámetros de imagen de la Universidad de las Américas, se pasó a efectuar la diagramación de cinco capítulos cuando se tenía a disposición toda la información tabulada y corregida, incluyendo sus gráficos tablas y sistemas jerárquicos de cómo realizar un estudio sobre temas acústicos en el área industrial y buenas prácticas para la prevención de los mismos.

La investigación científica realizada, se llevó a cabo desde lo general a lo particular, como punto de partida estuvo el identificar las fuentes de consulta necesarias y la reglamentación nacional e internacional. Con todo un completo registro de fuentes legales se logró tener la justificación y necesidad de la creación de una guía con recomendaciones encaminadas a la reducción en la exposición de los trabajadores ante el ruido y las vibraciones.

Seguidamente se revisó las conclusiones y planes de acción de toda la legislación obtenida, para finalmente sistematizar un proceso para la prevención, control y mejoramiento de las situaciones que expongan al personal en una industria.

Los procesos técnicos deberán ser implementados por un profesional en temas de acústica, los mismos se encuentran descritos sobre la utilización de las normativas nacionales e internacionales existentes para su correcto trabajo, a través de mediciones y elaboración de informes, mapas de riesgos, creación de soluciones integrales para los problemas existentes en el trabajo y sobre todo disminuir la exposición de los trabajadores al ruido y vibraciones.

Todos estos puntos asociados en la guía práctica, se desarrollaron fundamentándose en las investigaciones internacionales, planes de prevención, normativas técnicas que sustentan la realización de trabajos sobre temas acústicos.

4. Resultados

4.1 Análisis de resultados

El proceso de creación nos deja como producto final una guía de 27 páginas, distribuida en 5 capítulos informativos. Se puede acceder al capítulo y tema de intereses por medio del índice icnográfico. Cada capítulo busca abarcar las posibles recomendaciones hacia una solución acústica generada por un problema ocasionado por ruido y vibraciones y sobre todo disminuir o eliminar los riesgos en los trabajadores.

El decreto ejecutivo 2393 se encuentra incluido en cada uno de los capítulos con un artículo que represente la justificación de las técnicas de control de ruido y vibraciones aplicadas en cada sección de la guía.

Como primer punto se indica los límites permisibles de exposición a ruido aéreo y de impacto, al mismo punto se agrega los límites permisibles de las vibraciones para el personal.

Los capítulos se dividen de la siguiente manera:

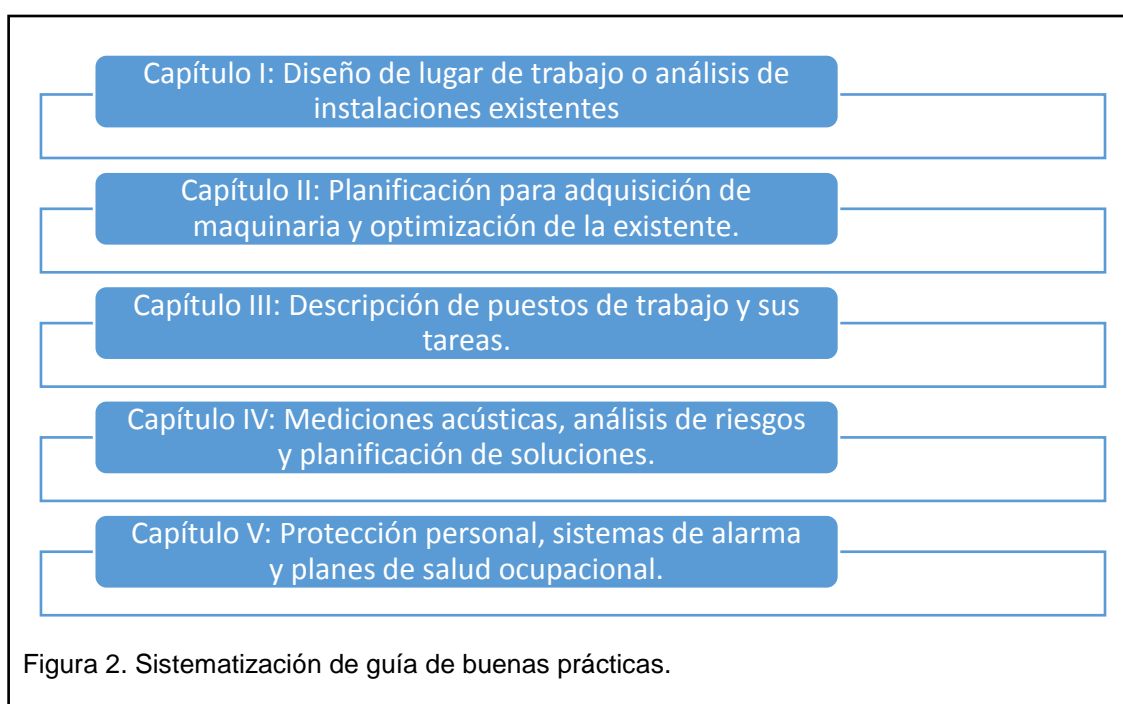


Figura 2. Sistematización de guía de buenas prácticas.

- El Capítulo I: Diseño de lugar de trabajo o análisis de instalaciones existentes nos plantea las posibilidades de tratamiento para recintos de trabajo. Diseño, construcción, readecuación con el fin de cumplir con las normativas nacionales e internacionales.

Las recomendaciones acústicas se llevan hacia los sectores de control de ruido y vibraciones, vías de transmisión aérea como la mecánica y sus apartados de Acondicionamiento Acústico y Aislamiento Acústico. A la vez el uso de los materiales que evitan, controlan y mejoran las condiciones acústicas de cada recinto.

- El Capítulo II: Planificación para adquisición de maquinaria y optimización de la existente sistematiza la adquisición de la maquinaria, su instalación, correcto uso, sistemas de aviso para mantenimiento de las mismas, describe un formato de control y los procesos en cada paso a seguir.

Un apartado de este capítulo nos habla sobre recomendaciones que un proveedor debe aportar antes de la adquisición de maquinaria, facilitando al técnico acústico conocer los beneficios y problemas que puedan presentarse con dicho elemento.

- El Capítulo III: Descripción de puestos de trabajo y sus tareas nos indica tareas y funciones de los departamentos encargados de solucionar los problemas presentados por la empresa en el ámbito de la acústica. Como normar las fichas de información con un ejemplo práctico priorizando el área acústica.

El departamento administrativo y la toma de decisiones como ente principal de una industria. El departamento de gestión de riesgos y sus técnicos en acústica con las funciones para control de todos los problemas existentes en el área y a su vez el personal en general

quienes serán la fuente de información y grupo de afectación mayoritario por cualquier molestia que se presente.

- El Capítulo IV: Mediciones acústicas, análisis de riesgos y planificación de soluciones es un sistema de recomendaciones para las tareas y actividades del personal en general. Su fin es prevenir a través de acciones que mejoren el desempeño y disminuyan los riesgos presentes.
- El Capítulo V: Protección personal, sistemas de alarma y planes de salud ocupacional genera una proyección futura a nuevas investigaciones, este nivel de la guía nos indica elementos necesarios para la adquisición de protección personal tanto auditiva como corporal para contrarrestar la exposición al ruido y vibraciones.

Los sistemas de alarma también están localizados en este punto, que son fuente de información sobre pasos básicos de adquisición, colocación y planificación de sistemas de precaución y peligro que deben existir en una industria.

Y como último punto está los planes de salud ocupacional, no es un desarrollo profesional sobre el tema, sin embargo, introduce la necesidad de trabajo conjunto con personal médico para el tratamiento de problemas clínicos asociados con el ruido y vibraciones.

5. Análisis económico

5.1 Costo de investigación

El costo de inversión para un trabajo de investigación acústica general ante problemas de ruido y vibraciones presentes en la industria nacional puede ser baja, en relación a un trabajo práctico con problemas específicos donde gran parte del tiempo se invertirá en la obtención de la documentación necesaria para sustentar el mismo.

Existen fuentes de investigación diversificadas en la red de bibliotecas locales y sistemas de búsqueda de Google Scholar, pero es necesario filtrar contenidos y unificarlos para poder crear textos básicos para ser expuestos antes las industrias en general.

Los valores asociados a la realización de este presupuesto se encuentran en base el salario básico de un servidor público grado 4, que referencia a un técnico acústico con título en Ingeniería en Sonido y Acústica. Seguido por operaciones de diagramación y diseño gráfico, producción de 5 ejemplares impresos formato A4, más los suministros básicos para crear un producto de calidad.

Tabla 2. Proyección económica de presupuesto para el plan de tesis.

Presupuesto de investigación acústica			
Servicio	Descripción	Tiempo invertido	Costo Relativo Mensual
Investigación	Se realiza investigación de campo para obtener material técnico acerca de temas de control de ruido, control de vibraciones ,maquinaria industrial, sectorización de recintos industriales, normativas legales vigentes	2 meses	1086
Proyecto Acústico	Implementación de la guía, estructuración, definición de parámetros, graficación, ponderación de resultados y recomendaciones.	2 meses	1086
Diseño gráfico	Diagramación, estandarización, graficación e impresión	15 días	400
Gastos varios	Transporte, suministros y materiales para desarrollo		100
	TOTAL	5 meses	4844

Nota: valores expresados en Dólares Americanos USD. No se toma en cuenta los valores por impuestos de prestación de servicios.

5.2 Proyecciones

El proyecto de creación de una guía práctica para procesos de prevención de ruido y vibraciones industriales, genera beneficios económicos para trabajos posteriores, siendo este trabajo un punto de partida para posteriores procesos investigativos que se relacionen a los problemas acústicos presentes en los recintos de trabajo.

Se puede diversificar las investigaciones en relación a las situaciones locales de las industrias. El Ecuador se diversifica en regiones naturales y en cada una de ellas puede tenerse diferentes formas de industria. Como ejemplo en la

costa la industria pesquera o actividades marítimas. En el oriente la industria petrolera la más grande fuente de ingresos en recursos económicos.

Categorizando las industrias en el país cada una puede necesitar una guía de información a sus trabajadores y evaluaciones de riesgos laborales. Dentro de la planificación de una industria y sus proyectos de riesgos laborales, la tarea y función de un Ingeniero en Sonido y Acústica como responsable de los problemas llevados a ruido y vibraciones, donde la prevención y el conocimiento para lograr resolver los problemas acústicos estarán al orden del día.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Se implementó con éxito la guía de buenas prácticas acústicas para la industria fundamentada en el Decreto Ejecutivo 2393, que posee planes de soluciones y recomendaciones para la prevención de los efectos producidos en los trabajadores ante la exposición al ruido y las vibraciones existentes en los recintos de trabajo.

Se investigó los problemas asociados a la exposición de ruido y vibraciones definiendo los factores presentes en la industria ecuatoriana. Los datos estadísticos obtenidos por estudios internacionales justifican la ejecución de planes preventivos ante los riesgos laborales ya que un gran número de trabajadores presentan afecciones en su salud producidas por los problemas acústicos.

La prevención es de vital importancia en la estructura de una industria, genera ahorro económico y se antepone a posibles demandas por parte de los trabajadores, ante la exposición de los riesgos laborales existentes en la empresa.

Las sistematizaciones de planes de prevención ayudan a tener información veraz y necesaria, facilitan el ordenamiento institucional para creación de planes operativos anuales POA, siendo un elemento de reestructuración en la búsqueda de industrias con calidad.

La creación de proyectos acústicos en el país es limitada, pero la industria mantiene la necesidad de solucionar los problemas donde se vea afectado el trabajador, siendo importante la familiarización de los expertos acústicos dentro de los proyectos relacionados a la salud ocupacional y la prevención de riesgos laborales.

La necesidad de que el sector industrial ecuatoriano posea expertos acústicos se ha visto reflejada en la existencia de un sin número de problemas de ruido y vibraciones, siendo una función primaria la creación de planes de control para los problemas acústicos y solución ante los riesgos laborales.

Los sistemas de protección personal, deben ser implementados en caso de no poder realizar adecuaciones técnicas a las instalaciones y a la maquinaria industrial, no puede ser el único factor de prevención de riesgos ya que la legislación ecuatoriana dispone que sea el último paso a realizar.

6.2 Recomendaciones

Un avance muy importante dentro de la acústica se obtendría al poseer listados estadísticos de materiales acústicos, con la información necesaria de sus parámetros como el coeficiente de transmisión, coeficiente de absorción, etc. Para ser utilizados en los tratamientos de problemas tanto de ruido como de vibraciones.

Se debe actualizar la presente guía de buenas prácticas industriales, cuando las normativas vigentes posean cambios estructurales en la materia de legislación, imposición de nuevos límites o métodos de tratamiento.

La implementación del catálogo por parte del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, es una fuente de consulta superlativa, las normas se encuentran categorizadas en un listado facilitando las fuentes de búsqueda. Se reconoce la mayor parte las Normativas Internacionales ISO y codificadas a través del NTE INEN ISO correspondiente y servirían para encaminarnos a las actualizaciones vigentes de las normativas internacionales y sus apartados.

El decreto ejecutivo 2393 podría estar relacionado a una normativa técnica nacional, en el caso de Ecuador no existe la misma, siendo de prioridad la creación del material técnico de procedimientos acústicos, acerca de tratamiento de problemas de ruido y vibraciones. Especificar los procesos técnicos para mediciones, unificando los reglamentos y disposiciones entre entes gubernamentales, municipales, cámaras de producción y colegios relacionados al sector laboral industrial.

Los sectores administrativos deben estar ligados indiscutiblemente a la toma de decisiones, las soluciones planteadas por un técnico acústico promueven el ahorro para la industria, pero al igual deben cumplir con las restricciones y limitaciones que especifica la legislación nacional, donde la parte administrativa decidirá cuál es el mejor mecanismo que se implementara dentro de la institución.

La actualización de la Normativa UNE EN ISO 140 y sus apartados no se encuentra vigente al 100%, dicha actualización proyecta nuevos cambios dentro de las mediciones *in situ* de las edificaciones, siendo esto una mejora en la técnica de toma de datos.

La necesidad de unificar procesos técnicos internacionales con los nacionales, discrepancias en algunas actualizaciones entre entes gubernamentales en los límites de exposición máxima, o a su vez la creación de un código de procedimientos único, facilitara el muestreo y toma de datos acústicos.

REFERENCIAS

Asociación Catalana contra la contaminación acústica. (2003). Efectos del ruido sobre la salud.

Comisión Europea. (2007). *Cómo evitar o reducir la exposición de los trabajadores al ruido en el trabajo*. Recuperado el 21 de junio del 2016 de:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/INSHT%20en%20Europa/d'estacados_Documentacion/Ficheros/GuiaUE%20Ruido%202008.es.pdf

Congreso Nacional del Ecuador. (1986). Decreto Ejecutivo 2393. *Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores, y mejoramiento del medio ambiente de trabajo*. RO N, 565.

Comisión Europea. (2007). Guía de buenas prácticas no vinculante para la aplicación de la directiva 2003/10/CE.

Cruz Zambrano, S. E. (2015). Efectos del ruido en los trabajadores del área técnica de una empresa que brinda soluciones de centros de datos y su repercusión en la presión arterial. Recuperado el 15 de junio del 2016 de:
<http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/1394/1/EFE%20CTOS%20DEL%20RUIDO%20EN%20LOS%20TRABAJADORES%20DEL%20AREA%20TECNICA%20DE%20UNA%20EMPRESA%20QUE%20BRINDA%20SOLUCIONES%20DE%20CENTROS%20DE%20DATOS%20Y%20SU%20REPERCUSION%20EN%20LA%20PRESION>

Fletcher, & Munson. (1930) Curvas isofónicas.

Gómez, D. E., & Ruiz, D. J. (s.f.). Evaluación del ruido continuo. Recuperado el 12 de Julio del 2016 de:
<http://www.otorrinoweb.com/es/3395.html>

Grupo Natura Abogados y Consultores. (2015). Guía de buenas prácticas ambientales en la gestión de la contaminación acústica. Recuperado el 15 de mayo del 2016 de
<http://www.losvillares.com/wpcontent/uploads/medioambiente/ruidos.pdf>

Harris, C. M. y Piersol, A. G. (2002). Shock and Vibration Handbook. McGraw Hill.

INSHT. (2008). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores a ruido.

Malcom, J. (2007). Handbook of noise and vibration control.

Martínez, M. G., García, J. J., Ceballos Y. L., V. A., & Zapata M. A. V. & Vásquez, E. M. (2012). Ruido industrial: efectos en la salud de los trabajadores expuestos. Recuperado el 4 de Julio del 2016 de
<http://search.proquest.com/openview/306db41c0833cb63fac1d87e14ae6248/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2037661>

Ministerio de Salud Pública. (2006). Ley orgánica de la salud pública y seguridad en el trabajo.

Ministerio del Ambiente Ecuador. (2015). Texto unificado legislación secundaria, medio ambiente. Parte I TULSMA.

Ministerio del Ambiente y Medio Natural Marino España. (2013). Guía de Buenas Prácticas Ambientales. Recuperado el 21 de Mayo del 2016 de http://www.ugt.es/Publicaciones/guiamambiente_UGT3folleto.pdf

Miyara, F. (1999). *Acústica y Sistemas de Sonido (4ta edi.)* UNR EDITORA.

Miyara, F. (1999). *Control de Ruido. Rosario: UNR EDITORA.*

Miyara, F. (2003). Estimación de riesgo auditivo por exposición a ruido según la normativa ISO1999:1990.

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (Julio de 2004). *Ordenanza para la prevención y control de la contaminación sustitutiva del capítulo II para el control del ruido, del título V del libro segundo del código municipal.* Quito.

Observatorio de salud y medio ambiente de Andalucía. (2007). *Ruido y Salud.*

Organización Mundial de la Salud. (2014). *Protección de la salud de los trabajadores.* Recuperado el 1 de abril del 2016 de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs389/es/>

Organización Panamericana de la Salud. (2005). Salud y seguridad de los trabajadores del sector salud. Manual para gerentes y administradores.

Paredes Salcedo, G. M (2013) Ruido ocupacional y niveles de audición en el personal odontólogo del servicio de estomatología del Centro medico naval Cirujano Mayor Santiago Távara.

Pozo Andrade, E. F. (2010).). *Estudio de ruido generado en la industria maderera en la ciudad de Cuenca y sus efectos a la salud.*

Recuperado el 4 de febrero del 2016 de
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2585/1/tm4335.pdf>

Sanguinetti, J. A. (2000). *Tipos de ruido*. Recuperado el 16 de marzo del 2016 de <http://www.controlderuido.com.ar/tipos-de-ruidos.html>

ANEXOS



GUÍA DE BUENAS

PRÁCTICAS ACÚSTICAS

PARA LA INDUSTRIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA EN SONIDO Y ACÚSTICA

QUITO / ECUADOR / 2016

“ Guía de Buenas Prácticas Acústicas para la reducción de riesgos laborales
producidos por Ruido y Vibraciones vinculando la normativa nacional del Ecuador
por el Decreto Ejecutivo 2393 del Reglamento de seguridad y salud de los
trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo ”

Israel Alejandro Álvarez Pineda

Autor

Ing. Christiam Garzón, MSc.

Director Académico de Carrera Ingeniería de Sonido y Acústica

Ing. María Bertomeu Rodríguez, MSc.

Profesor Guía

Fernando Mayanquer

Diseño y Diagramación

Quito - Ecuador 2016

ÍNDICE

Introducción

3

Definiciones

4

Valores límite expuesto en el Decreto Ejecutivo 2393

5

Capítulo I:

Diseño de lugar de trabajo o análisis de instalaciones existentes.

7

Capítulo II:

Planificación para adquisición de maquinaria y optimización de la existente.

13

Capítulo III:

Descripción de puestos de trabajo y sus tareas.

15

Capítulo IV:

Mediciones acústicas, análisis de riesgos y planificación de soluciones.

18

Capítulo V:

Protección personal, sistemas de alarma y planes de salud ocupacional.

23

Introducción

1.1

La presente guía utiliza el Decreto Ejecutivo 2393 del Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del ambiente de trabajo Capítulo V, donde el ámbito de aplicación sea en toda actividad laboral y en todo centro de trabajo del Ecuador.

1.2

El objetivo principal de la guía es desarrollar un sistema preventivo de buenas prácticas acústicas, para ser utilizado por el sector industrial ecuatoriano en beneficio de sus trabajadores; a través de soluciones generales en el campo de la acústica para la prevención de efectos asociados a la exposición a ruido y vibraciones.

1.3

No es objetivo de esta guía, reemplazar estudios físicos o presenciales por parte de personal especializado, siendo en este caso material de ayuda para enfocar al profesional en el punto de partida, dentro su trabajo práctico en temas relacionados a ruido y vibraciones.

1.4

Esta guía no presenta una única solución para casos reales de ruidos y vibraciones, sino prevé que existen problemas complejos, donde no podrían ser solucionados por parte de un estudio investigativo general y encamina a realizar un trabajo práctico de campo.

1.5

Esta guía no contiene ningún caso particular sobre problemas existentes de ruido y vibraciones, pero detalla procesos de buenas prácticas acústicas, que se adaptan a todo proceso de tareas del personal que labora en industrias y propone posibles soluciones a dichos problemas acústicos industriales.

1.6

La presente guía se sustenta en normativas internacionales ISO (Organización Internacional de Normalización por sus siglas en inglés) calificadas para el área de acústica, las mismas que son reconocidas por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Definiciones

Acondicionamiento acústico: Conjunto de prácticas, técnicas y materiales con el fin de conseguir un confort óptimo para determinadas actividades.

Aislamiento acústico: Conjunto de prácticas, técnicas y materiales con el fin de atenuar el nivel de presión sonora en un determinado espacio.

Control de Ruido: Medidas adoptadas técnicamente para obtener niveles de ruido permisibles por una legislación y cumplimiento de normativas suscriptas.

Coefficiente de absorción sonora α . Cantidad de energía absorbida por un material. Es dependiente de frecuencias y de los ángulos de incidencia de ondas sonoras.

Coefficiente de reducción de ruido NRC. Nivel estadístico de absorción de energía acústica para comparativa de materiales.

Coefficiente de reflexión: Se la denomina a la relación entre la intensidad de energía reflejada y la intensidad de energía incidente sobre una superficie.

Coefficiente de transmisión: Relación entre la energía incidente y la energía transmitida desde un lado una superficie a otro. Es dependiente de la masa, densidad y rigidez de los materiales de construcción de la superficie.

Dosis de ruido diaria D: Cantidad de ruido al que una persona se encuentra expuesta en relación a una jornada de trabajo.

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

Donde C: Tiempo total de exposición a un nivel sonoro específico.
T: Tiempo total permitido a ese nivel. (Decreto Ejecutivo 2393)

Grado de aislamiento acústico: Es la capacidad de un elemento para disminuir la intensidad acústica de una onda sonora incidente.

Instrumentos de medición:

- Sonómetro aplicable para medición de ruido.
- Dosímetro para medición de dosis de ruido laboral.
- Vibrómetro para medición vibraciones.

Jornada de trabajo: Tiempo de duración de las actividades laborales diarias que se repiten cada día no mayores a 8 horas.

Nivel de presión sonora NPS: Medida en decibeles dB, se expresa matemáticamente por medio de la siguiente fórmula:

$$NPS = 20 \text{ Log } (P/P_0)$$

P= presión sonora medida.

P₀= presión sonora de referencia.
20 micro Pascales [uPa].

Nivel de presión sonora equivalente NPSeq: Es la presión sonora continua que en un mismo intervalo de tiempo, posee igual cantidad de energía para una dosis de ruido, se expresa en dB(A).

Nivel de presión sonora máxima NPSmax: Máximo nivel de presión sonora eficaz registrado durante un periodo de medición.

Nivel de presión sonora mínima NPSmin: Nivel de presión sonora mínimo medido durante un periodo de tiempo.

Nivel de presión sonora pico NPSpeak: Nivel instantáneo máximo medido durante un periodo de tiempo.

Nivel de Exposición diaria a un ruido: L(ex,8h) o L(ex,d) nivel que un trabajador está expuesto durante una jornada de trabajo diario de 8 horas.

Nivel de potencia acústica (Lw): Nivel energético producido por la fuente.

Nivel de presión sonora pico (Lpeak): Nivel de presión sonora instantáneo durante un período de tiempo definido.

Perdida por transmisión: Es la diferencia existente entre la intensidad de una onda incidente sobre una superficie y la intensidad de la onda transmitida a través de la superficie.

Ruido: Es la sensación auditiva que a un individuo o grupo de personas genera molestia o desagrado, considerando así todo sonido que provoque molestia al oído y que pueda afectar sus funciones auditivas o fisiológicas dentro de la salud humana.

Vibraciones: Es la variación estable de un elemento mecánico donde su punto de equilibrio se ve alterado y se desplaza en relación del tiempo.

Valores límite expuesto en el **Decreto Ejecutivo 2393**

NIVELES MÁXIMOS DE RUIDO CONTINUO

NIVEL SONORO dB(A)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN [H] DURANTE JORNADA LABORAL MÁXIMA
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125
70	8 horas trabajos especiales(1)

No se puede sobrepasar 115 dB(A) en ninguna actividad laboral.

(1) actividades intelectuales, tareas de regulación o vigilancia, concentración o cálculo.

“Para casos de exposición a ruidos intermitentes donde existan variaciones en el nivel de presión sonora iguales o superiores a un NPS 85dB(A)”.

“En ningún caso se permitirá sobrepasar el nivel de 115 dB (A) cualquiera que sea el tipo de trabajo”.

LÍMITES MÁXIMOS PARA RUIDO DE IMPACTO

Nº DE IMPULSOS O IMPACTOS POR JORNADA DE 8 HORAS	NIVEL DE PRESIÓN SONORA MÁXIMA dB(A)
100	140
500	135
1000	130
5000	125
10000	120

“El ruido de impacto debe ser juzgado por el número de impulsos diarios dentro de una jornada laboral no mayor a 8 horas”.

Sistema de planificación para **proyectos acústicos industriales**

DISEÑO DE LUGAR DE TRABAJO O ANÁLISIS DE INSTALACIONES EXISTENTES.

PLANIFICACIÓN PARA ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA
Y OPTIMIZACIÓN DE LA EXISTENTE.

DESCRIPCIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO Y SUS TAREAS.

MEDICIONES ACÚSTICAS, ANÁLISIS DE RIESGOS
Y PLANIFICACIÓN DE SOLUCIONES.

PROTECCIÓN PERSONAL, SISTEMAS DE ALARMA
Y PLANES DE SALUD OCUPACIONAL.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LUGAR DE TRABAJO O ANÁLISIS DE INSTALACIONES EXISTENTES

En caso de que una institución o empresa inicie sus actividades laborales puede considerar que una optimización de recursos sería factible en el ámbito acústico, previniendo problemas que generan gastos innecesarios o multas, producto de instalaciones o espacios físicos que no cumplen normativas para un adecuado confort de sus trabajadores, la adquisición de maquinaria y dispositivos ruidosos es muy importante si se presenta planificación durante la instalación de los mismos, evitando problemas que se presentarían, no necesariamente en el ámbito de la acústica.

Cuando una institución posee sus instalaciones ya en funcionamiento, se debería realizar el análisis de las condiciones del recinto de trabajo, a su vez optimizar los mapas de ruido existentes o la creación de los mismos en caso de no poseerlos; con el fin de crear planes de rediseño de espacios arquitectónicos o a su vez evitar las molestias que puedan presentarse en el futuro producidas por ruido y vibraciones. Elaborando un plan general de prevención categorizamos los siguientes aspectos a ser tomados en cuenta.

Desarrollo de acústica arquitectónica, planes de aislamiento y acondicionamiento acústico:

*Especificación de uso de suelo.

*Adecuaciones al recinto de trabajo.

*Categorización de sitios de trabajo.

Las ordenanzas municipales para usos específicos de suelo dan límites de emisión de ruido ambiental. Es decir toda empresa,

industria o institución debe cumplir los requisitos e identificar el tipo de actividades a desempeñar, en primera instancia para empresas nuevas buscar instalaciones dentro de zonas establecidas por la Municipalidad donde puedan cumplir los parámetros y no recibir sanciones por generar emisión de ruido hacia el exterior.

El ministerio del ambiente al igual impone límites dependiendo de las actividades. Podemos identificar los límites por uso de suelo entre el Municipio de Quito donde especifica zonas para vivienda, zonas industriales, zonas de equipamiento y servicios básicos y zonas mixtas. Por su parte el Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente TULSMA especifica zonas hospitalarias y educativas como las de mayor impacto con límites mucho más agresivos, zonas residenciales, zonas comerciales, zonas industriales y zonas mixtas.

Estas restricciones se fundamentan en niveles de medición en la vía pública de cada local producida por fuentes fijas, por lo tanto se puede prever que ante el cumplimiento de las disposiciones municipales, la empresa o industria posee una calidad óptima en temas de aislamiento de sus instalaciones. Sin embargo los problemas de ruido laboral pueden focalizarse en su interior.

A continuación se tiene una comparativa entre los niveles propuestos por la ordenanza de la municipalidad de la ciudad de Quito con las especificaciones del ministerio del ambiente del Ecuador:



CATEGORIZACIONES ZONALES POR USO DE SUELO

Zona Crítica

06:00 a 20:00

NPSeq max
45 dB [A]

20:00 a 06:00

NPSeq max
35 dB [A]

Hospitales y Clínicas

Escuelas

Universidades

Restaurantes

Farmacias

Bazares y tiendas

Zonas comerciales

06:00 a 20:00

NPSeq max
60 dB [A]

20:00 a 06:00

NPSeq max
50 dB [A]

Centros comerciales

Bazares y tiendas

Centros de ocio y diversión

Locales de servicios profesionales

Zonas residenciales

06:00 a 20:00

NPSeq max
50 dB [A]

20:00 a 06:00

NPSeq max
35 dB [A]

Conjuntos habitacionales

Restaurantes

Bazares y tiendas

Centros de suministros

Zonas mixtas

06:00 a 20:00

NPSeq max
65 dB [A]

20:00 a 06:00

NPSeq max
55 dB [A]

Centros Comerciales

Conjuntos habitacionales

Centros de ocio y diversión

Locales de suministros

Zonas industriales

06:00 a 20:00

NPSeq max
70 dB [A]

20:00 a 06:00

NPSeq max
60 dB [A]

Industrias de materia prima

Industrias de productos elaborados

Industrias de fabricación de bienes

Industrias de recursos renovables y

no renovables

Fuente: Comparativa de la Ordenanza Municipal de Quito vs TULSMA Ministerio del Ambiente.

NIVELES MÁXIMOS SEGÚN EL USO DEL SUELO POR LA OMS/OPS

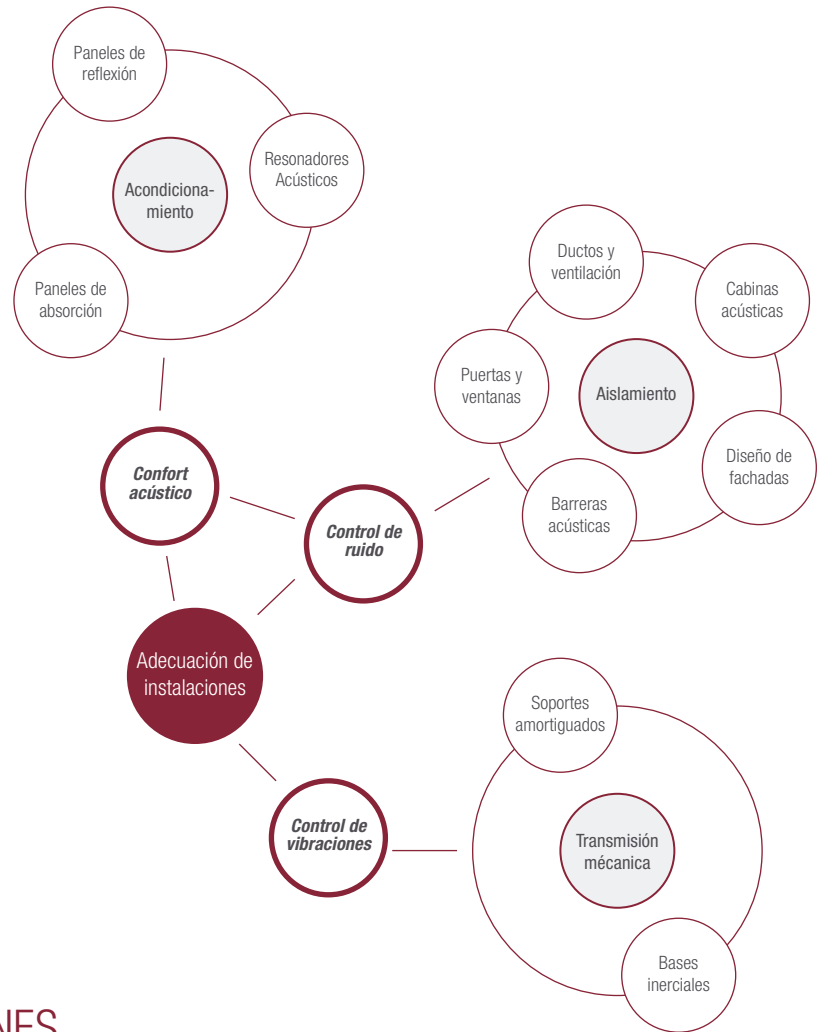
Tipo de ambiente	NPSeq max dB[A]
Laboral	75
Doméstico, auditorio, aula	45
Dormitorio	35
Exterior diurno	55
Exterior nocturno	45

Fuente: Organización mundial de la salud (1983)

“ En todas las zonas descritas se desarrollan actividades laborales, por lo tanto cada una puede tener problemas específicos relacionados con el ruido y vibraciones. ”

**Decreto ejecutivo 2393
apartado 4 del artículo 53**

En los procesos industriales donde existan o se liberen contaminantes físicos, químicos o biológicos, la prevención de riesgos para la salud se realizará evitando en primer lugar su generación, su emisión en segundo lugar, y como tercera acción su transmisión, y sólo cuando resultaren técnicamente imposibles las acciones precedentes, se utilizarán los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante.



AISLAMIENTO DE INSTALACIONES

El empleador debe asegurarse que sus instalaciones cumplan los requerimientos técnicos de aislamiento de ruido y vibraciones, para esto se tiene normativas de ensayo in situ sobre ruido dentro de la familia UNE EN ISO 16283-2014 siendo esta la actualización de la normativa UNE EN ISO 140 en sus diferentes apartados.

Al igual la normativa UNE EN ISO11690-1 nos facilita el diseño de lugares de trabajo con presencia de maquinaria y bajo nivel de ruido, teniendo en cuenta sectores de emisión, impacto directo por ruido aéreo, múltiples fuentes de ruido y creación de mapas de ruido laboral e industrial con los niveles de ruido de fondo adecuados según una categorización de funciones.

Materiales para el tratamiento en aislamiento acústico.

- Materiales absorbentes encargados de disipar la energía acústica que reciben transformándola en energía mecánica o disipación por calor. Su instalación es de vital importancia para el control de ruido y vibraciones.

Para materiales absorbentes, el coeficiente de absorción sonora nos indica las características que posee el material para disipar energía.

- Materiales aislantes que evitan la transmisión de energía sonora mientras atraviesa el mismo, su característica principal es la presencia de coeficientes de transmisibilidad muy altos.

Acciones para la aislación según el tipo de transmisión.

Trasmisión mecánica: El tratamiento en la transmisión mecánica de vibraciones entre cuerpos solidos es vital para evitar la propagación en las instalaciones físicas de un local (paredes, piso-techo). Las soluciones principales para este tipo de problemas se pueden proponer o considerar las siguientes acciones:

- Separar por medio de una suspensión mecánica al cuerpo del lugar instalado, generando sistemas de masa-resorte-amortiguador.

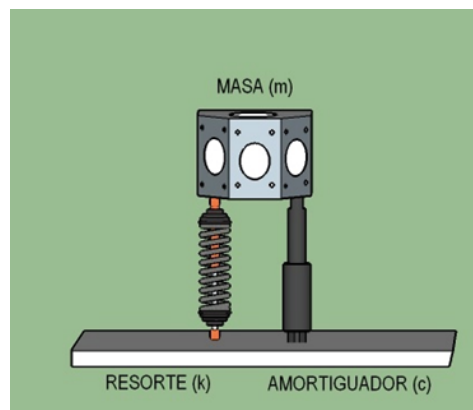


Figura 1. Sistema Masa-Resorte-Amortiguación. Elaborado con componentes Google Sketchup.

- El sistema compuesto por una masa m comúnmente llamado peso, resorte k y un amortiguamiento c . El sistema anterior es un ejemplo de maquinaria con suspensión amortiguada. Para un óptimo diseño de instalación de sistemas, tenemos las tres variables dadas, siendo cada una de ellas una posibilidad de modificación para evitar que la maquinaria entre en resonancia, bastimento o algún tipo de problema producto por las vibraciones naturales del cuerpo.

- Los resortes más comunes utilizados en el medio constan de materiales elásticos como gomas o cauchos, neoprenos, corchos acústicos entre otros, al igual que materiales fibrosos, porosos y absorbentes de energía de los cuales tenemos lanas de vidrio o roca.

- Las bases inerciales también conocidas como absorbentes dinámicos de vibraciones, el cuál comprende en la instalación de un segundo sistema masa-resorte y es el encargado de eliminar la frecuencia natural de vibración del sistema, reemplazando la misma por dos nuevas frecuencias de vibración natural alejadas de la original. Se utilizan cuando la frecuencia de tratamiento es muy baja o su amplitud de vibración es muy elevada. Las bases inerciales también previenen problemas de inestabilidad de maquinaria con motores rotativos.

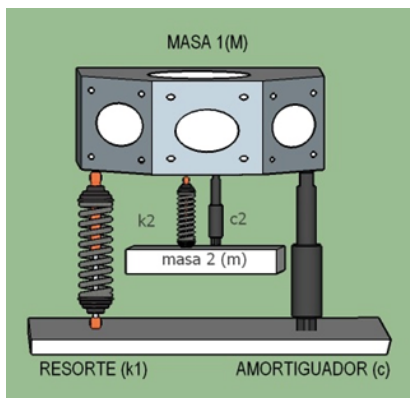


Figura 2. Absorbedor dinámico de vibraciones. Elaborado con componentes de Google Sketchup.

- Poseer superficies de soportes resistentes a la maquinaria que no tengan la facilidad de deformarse y por ende, crear ondas vibracionales o ruido por fricción, en este punto podemos tener la elección de materiales sismo-resistentes para construcciones en locales nuevos, generando una garantía extra a la seguridad de los trabajadores en caso de desastres naturales.

- Construir plataformas flexibles para separar las bases estructurales evitando transmisión mecánica, colocando la maquinaria sobre ellas. La instalación de pisos flotantes son una gran medida para evitar la transmisión mecánica entre los segmentos a tratar y las superficies.

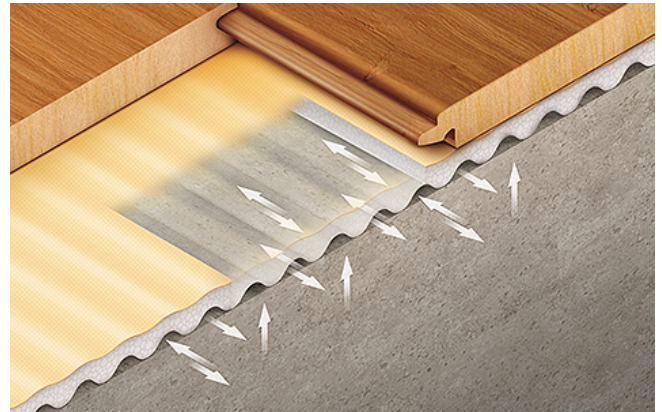


Figura 3. Instalación de piso flotante. Imagen tomada de Isolant S.A, (s,f)

- Las conexiones que presenten problemas vibratorios deberán estar forradas de caños flexibles rellenos de material amortiguador.

PROBLEMA-ACCIÓN PARA SISTEMAS MECÁNICOS CAUSADOS POR RUIDO Y VIBRACIONES.

Tipo de fuente	Problemas	Acciones
Mecánicas	• Ruido de impacto	• Desmontaje estructural y montaje sobre bases con elastómeros o amortiguadores
	• Ruido por fricción	• Recubrimiento de pisos con materiales deslizantes para evitar fricción.
	• Ruido por combustión	• Lubricación.
	• Ruido por fuentes de ventilación	• Ventilación y sistemas de silenciadores con revestimiento en escapes y ductos para cableado.
	• Desbalance dinámico de vibraciones	• Componentes de actividades mecánicas con recubrimiento y amortiguación.

Transmisión Aérea: Maquinarias, ventilación o tuberías dentro de las instalaciones provoca ruido aéreo, el más común en problemas de ruido laboral, una fuente genera ondas de sonido que por medio del aire se dispersan a su alrededor, el aislamiento es una medida sugerida para casos de presencia de ruido aéreo donde podríamos considerar los siguientes puntos:

- Diseño y colocación de barreras acústicas que disminuyan el NPS entre dos espacios laborales, para esto es importante la planificación en la instalación, para no dificultar accesos a maquinarias y se limite su operación.

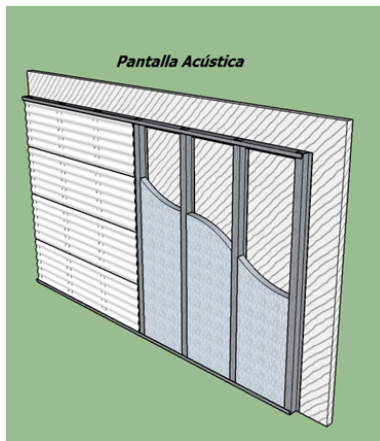


Figura 4. Pantalla acústica. Elaborado con componentes de Google Sketchup.

- Fachadas de mejor calidad que eviten la transmisión de ruido, tener en estadísticas los materiales de construcción con sus respectivos niveles de absorción y transmisión de ruido.
- Puertas y ventanas normadas que tengan mayores índices de aislamiento para el ruido, este punto es el principal problema dentro de la acústica arquitectónica, ya que por mínimo sea la abertura afecta en un gran porcentaje, donde el resultado global de eficiencia se asemeja al del elemento con menor índice de aislamiento acústico.
- Los ductos y tuberías deben estar ocultos y sellados acústicamente.
- La ventilación de los locales es de gran importancia, genera mayores grados de confort a los empleados, y a su vez evita molestias. Rejillas cubiertas por materiales absorbentes son las más usadas para estos casos.

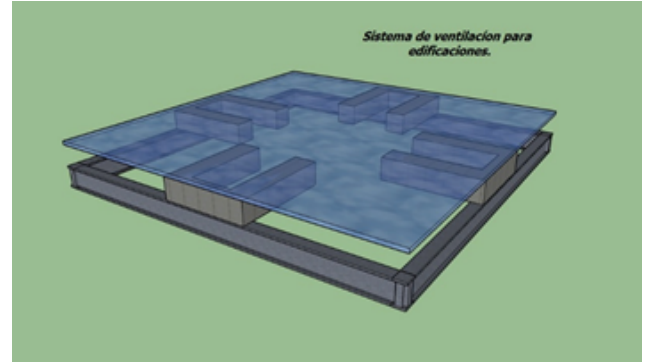


Figura 5. Modelo para sistemas de ventilación de edificaciones. Elaborado con componentes de Google Sketchup.

PROBLEMA-ACCIÓN PARA SISTEMAS AERODINÁMICOS CAUSADOS POR RUIDO Y VIBRACIONES.

Tipo de fuente	Problemas	Acciones
Aerodinámicas	• Turbulencia de fluidos o compresión de gases.	• Silenciadores disipativos o resistivos.
	• Combustión	• Desmontaje estructural y montaje sobre bases con elastómeros o amortiguadores.
	• Vibración	• Control de resonancias
	• Desbalance dinámico	• Mantenimiento de rotores
	• Bloqueo de escapes	• Mantenimiento de accesos y salidas de maquinaria.
	• Ruido de baja frecuencia.	• Encierro acústico o pantallas.
	• Fallas en sistemas de bandas	• Cambio de longitud y ancho de bandas de transporte.
	• Fuentes de ventilación.	• Posicionamiento de la máquina para evitar reflexiones.
	• Ruido de engranajes	• Cambio de piezas inestables.
	• Transmisión por flancos.	• Determinar los índices de transmisibilidad por fugas o flancos.

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

El acondicionamiento acústico propone mejorar el confort de los ocupantes de los locales generando motivación para un mejor desempeño de los trabajadores e impidiendo la generación de molestias producidas por ruido.

La difusión es utilizada para mejorar las características acústicas de un recinto y se diseña bajo teorías matemáticas para controlar en recintos problemas de modos normales y resonancias físicas, logrando campos uniformes de sonoridad.

- Control de tiempo de reverberación en locaciones amplias, los problemas con altos niveles de reverberación se dan en la inteligibilidad de la palabra, los ocupantes tendrán problemas para la transmisión de mensajes. Un método común de tratamiento es la instalación de paneles con materiales absorbentes que controlen las reflexiones presentadas por las fuentes de ruido.

- La colocación de difusores, resonadores y silenciadores nos ayudan al tratamiento de atenuación sonora con componentes de una frecuencia específica o por bandas de frecuencia. Construidas generalmente de madera o aleaciones metálicas rellenas de materiales absorbentes y capas de aire.

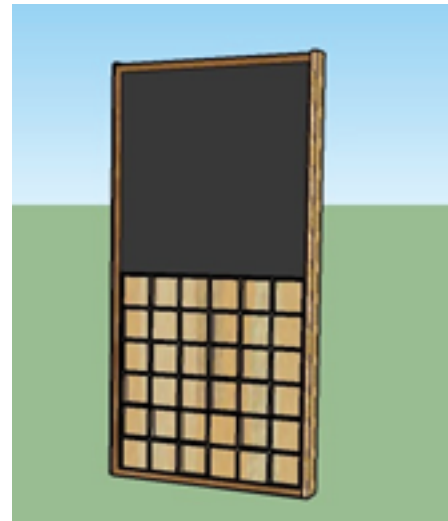
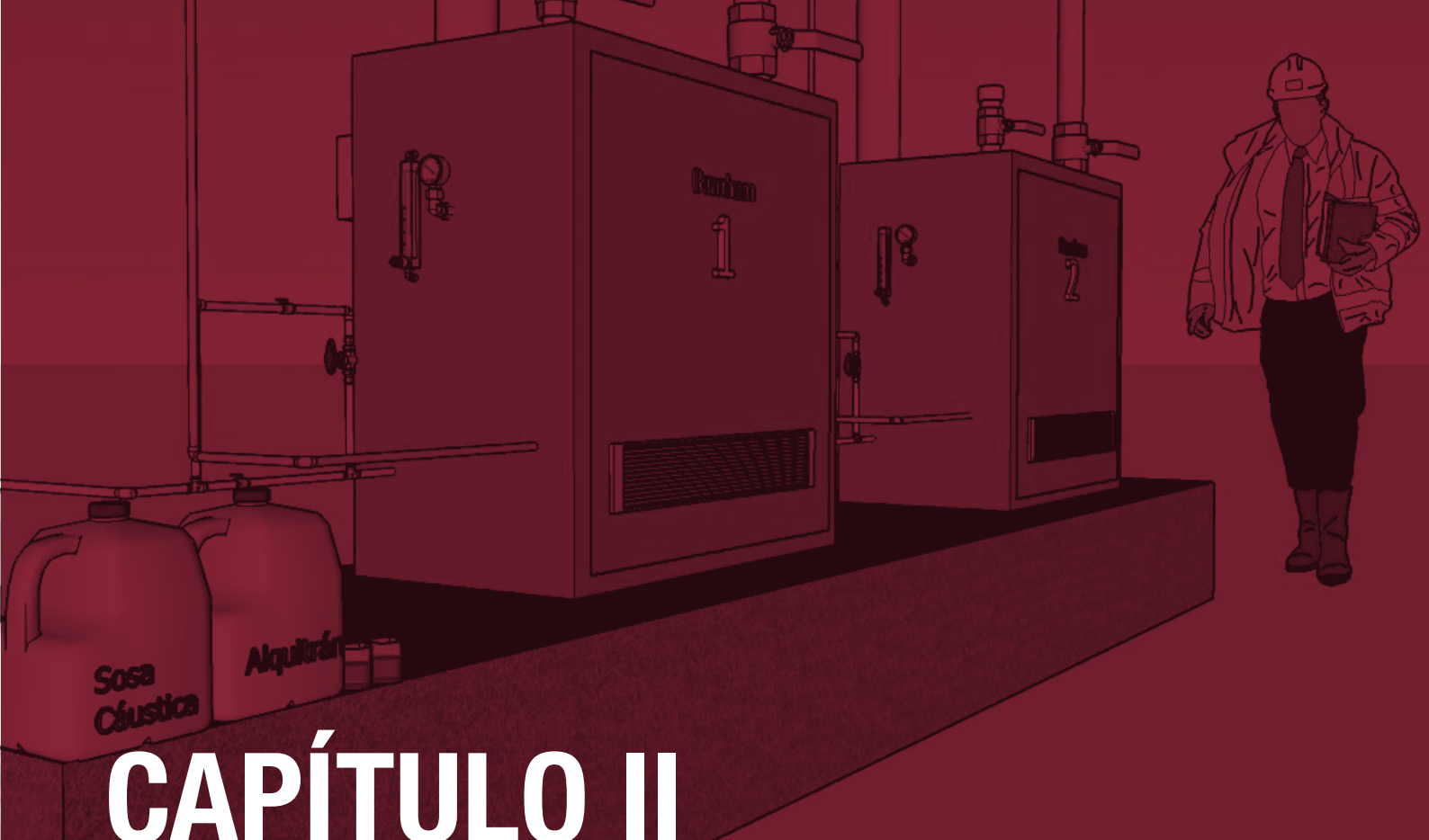


Figura 6. Panel de resonador acústico. Elaborado con componentes de Google Sketchup.

- El montaje para materiales acústicos es de vital importancia, su correcta instalación más los materiales utilizados sea de óptima calidad, garantizarán un mejor trabajo en las soluciones a los problemas acústicos de los recintos industriales, el tipo de montaje podemos clasificarlo según la siguiente tabla:

TIPO DE MONTAJE	DESCRIPCIÓN
Tipo A	El material acústico se apoya directamente contra una superficie rígida.
Tipo B	El material acústico se cementa en puntos aislados a una placa de yeso dejando un mínimo espacio de aire (3 a 4 mm) entre ambos
Tipo C	El material acústico se encuentra protegido por una placa perforada directamente yuxtapuesta al mismo, y el conjunto separado por una distancia en mm.
Tipo D	El material se encuentra separado por una distancia en mm de la superficie a tratar, por medio de listones de madera.
Tipo E	El material se instala colgando de un cielorraso por medio de una suspensión metálica, dejando un espacio de aire cuyo espesor en mm.
Tipo F	El material se encuentra montado sobre una chapa metálica a una distancia en mm.

Tabla 1. Referencia sobre tipo de montajes para materiales acústicos. Tabla reestructurada de Miyara, 2011, p. 7-5.



CAPÍTULO II

PLANIFICACIÓN PARA ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA Y OPTIMIZACIÓN DE LA EXISTENTE.

La adquisición de maquinaria y su correcta instalación, es un paso fundamental dentro del control de vibraciones y emisión al ruido industrial. Para esto consideramos que las funciones básicas que deben tener los encargados en todo el proceso se puede optimizar en base a las siguientes acciones:

Acciones de proveedores:

- Facilitar información veraz y eficiente en temas relacionados a la acústica sobre las mediciones de emisión de ruido y vibración en laboratorio.
- Optimización de diseños para minimizar el impacto de ruido y vibraciones, incluido puesto de trabajo, diseño ergonómico de postura del operario y suspensiones de la maquinaria.
- Maquinaria que posea información de niveles de ruido en base a la normativa UNE EN ISO 3744-2011 “Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica y de los niveles de energía acústica de fuentes de ruido utilizando presión acústica. Métodos de ingeniería para un campo esencialmente libre sobre un plano reflectante.” Creación de fichas técnicas con los niveles de emisión.

DATOS TÉCNICOS / TECHNICAL DATA											
Modelo Model	Frec. Freq. (Hz)	Caudal máx. Max. Airflow (m3/h)	Vacio máx. Max. Vacuum (mbar)	Presión máx. Max. Pressure (mbar)	Potencia Output (Kw)	Tensión Voltage (V) ¹⁾	Consumo Current (A)	R.P.M. (n/min)	Nivel sonoro Noise Level (dB(A)) ²⁾	Curva Curve (Nº)	Peso Weight (Kg)
HSC0315-2ST221-6	50	320	-220	210	2.2	Δ 200-240 / Y 345-415	Δ 9.7 / Y 5.6	2850	73	161F	43
	60	380	-170	150	2.55	Δ 220-275 / Y 380-480	Δ 10.3 / Y 6.0	3460	76	161S	
HSC0315-2ST301-6	50	320	-280	260	3	Δ 200-240 / Y 345-415	Δ 12.5 / Y 7.2	2940	73	162F	48
	60	380	-230	200	3.45	Δ 220-275 / Y 380-480	Δ 12.6 / Y 7.3	3460	76	162S	
HSC0315-2ST431-7	50	320	-360	380	4.3	Δ 345-415 / Y 600-720	Δ 10.0 / Y 5.2	2920	73	163F	54
	60	380	-350	320	4.8	Δ 380-480 / Y 660-720	Δ 10.4 / Y 6.0	3480	76	163S	
HSC0315-2ST551-7	50	320	-440	500	5.5	Δ 345-415 / Y 600-720	Δ 13.3 / Y 7.7	2915	73	164F	66
	60	380	-440	500	6.3	Δ 380-480 / Y 660-720	Δ 13.3 / Y 7.7	3520	76	164S	
HSC0315-2ST751-7	50	320	-440	570	7.5	Δ 345-415 / Y 600-720	Δ 16.7 / Y 9.6	2940	73	165F	73
	60	380	-460	660	8.6	Δ 380-480 / Y 660-720	Δ 17.3 / Y 10.0	3490	76	165S	

¹⁾ Disponibles otros voltajes bajo pedido / Other voltages are available on request.

²⁾ Nivel sonoro medido de acuerdo a la norma EN ISO 3744 a 1 m de distancia con mangueras conectadas / Noise level measurement according to EN ISO 3744 at 1 m distance w hoses connected.

Tabla 2. Ejemplo de catálogo de maquinaria bajo normativa 3744:2011 Tomado de Direct Industry.

“ El Decreto Ejecutivo 2393 expresa que la maquinaria o dispositivos que produzcan ruido o vibraciones, se las deben aplicar técnicas que logren el equilibrio estático y dinámico de manera óptima, a su vez aplicar técnicas de aislamiento estructural o soportes anti vibratorios. ”

PROCESO DE ADQUISICIÓN, INSTALACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE MAQUINARIA INDUSTRIAL.

Requerimientos técnicos.

- Creación de necesidad tecnológica por parte de un departamento técnico.
- Revisión de niveles de emisión de ruido y vibraciones por medio de manuales elaborados por los fabricantes, elección en base a criterio de menos emisión de ruido.
- Compra de maquinaria.

Sectorización y correcta instalación.

- Adecuación de instalaciones para funcionamiento.
- Especificación de los ingresos de materia prima y extracción de productos procesados.
- Montaje de la maquinaria en soportes amortiguados y desmontaje estructural.
- Aislamiento de cableado, escapes y fuentes de alimentación eléctrica o combustión.
- Especificación de desechos emitidos y su tratamiento.
- Instrucción al personal para uso de maquinaria.
- Fichas técnicas de la maquinaria.
- Equipo de protección necesario.

Verificación de funcionamiento y mediciones.

- Valoración de las emisiones de ruido y vibraciones.
- Adecuada ventilación.
- Instalación de elementos suplementarios para su operación.
- Evaluación de riesgos a operadores.
- Evaluación de riesgos en lugares de trabajo colindantes.
- Tratamiento de desbalanceo, engranajes, bandas de rodaje y mantenimiento de las mismas.
- Instalación de soportes amortiguados, bases inerciales y control de frecuencias de resonancia.

Planes de mantenimiento.

- Manuales de operación disponibles cerca de la maquinaria.
- Espacios físicos designados para mantenimiento.
- Tablas informativas de piezas o suplementos.
- Elementos de transporte designados para movilización.
- Verificación de niveles de emisión ruido y vibraciones después de un proceso de mantenimiento.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO Y SUS TAREAS.

Es importante la elaboración de tablas indicativas para cada perfil laboral. Como obligación de los empleadores es generar la información necesaria para operación de maquinaria que utilice cada trabajador.

Cada tabla indicativa debe poseer los siguientes datos y ser colocados en el sitio pleno:

- Nombre del puesto de trabajo.
- Nombre de trabajador/es.
- Jornada laboral.
- Discapacidad.
- Funciones generales conjuntas.
- Funciones específicas de cada trabajador.
- Maquinaria a cargo del trabajador.
- Tablas de control del mantenimiento de maquinaria.
- Requerimientos especializados para la operación de maquinaria.
- Riesgos laborales por puesto.
- Indicaciones de rutas de escape.



	Nombre del Trabajador
Riesgos laborales existentes: 	Información general del trabajador
N 00123456	Cargo ocupacional: <i>Nombre del cargo</i>
	Jornada laboral: <i>Nº de Horas</i>
	Maquinaria a cargo: <i>Marca</i> <i>Modelo</i> <i>Información general</i>
	Técnico especialista: <i>Nombre especialidad</i>
	Función: <i>Nombre de la función</i> <i>Tarea A</i> <i>Tarea B</i> <i>Tarea C</i>
	Contacto de emergencia: <i>Número telefónico</i>
	Discapacidad: <i>Tipo</i>

Figura 7. Carnet de información personal de trabajador y características del puesto de trabajo. Elaborado por el autor.

ACTIVIDADES SEGÚN CARGO O NIVEL ADMINISTRATIVO

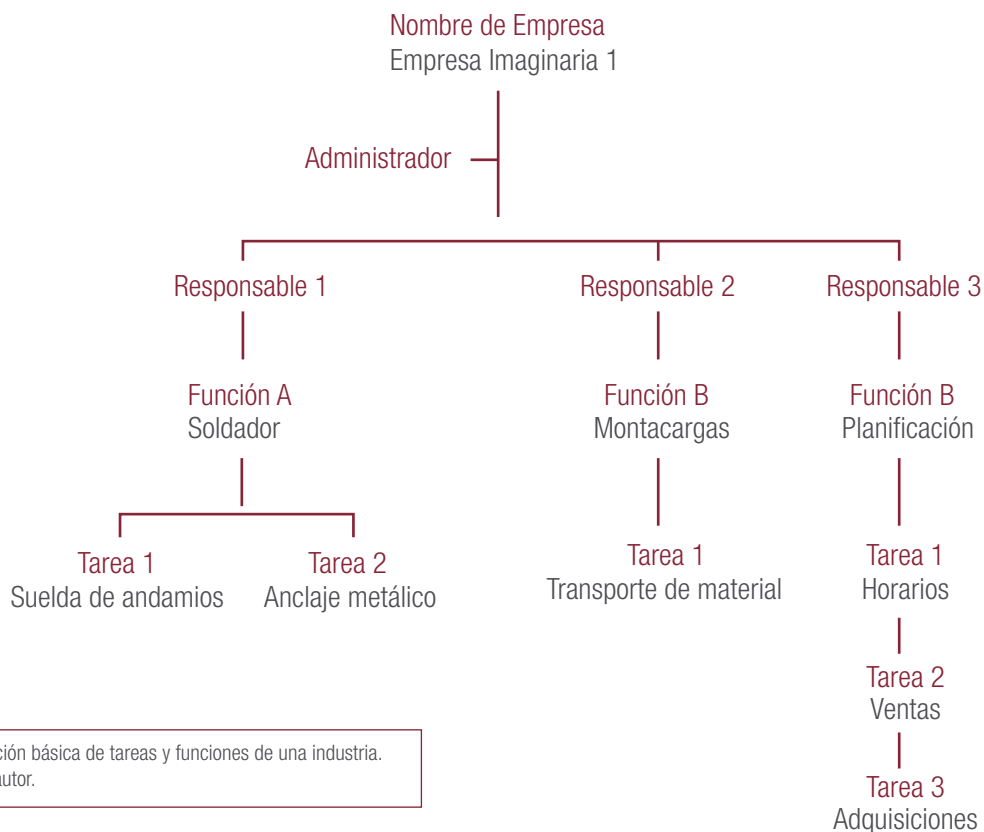


Figura 8. Información básica de tareas y funciones de una industria.
Elaborado por el autor.

La correcta planificación de actividades y tareas para prevención de riesgos en temas acústicos, facilita el correcto desarrollo dentro de un ambiente laboral. Acciones que nos permiten mejorar las condiciones y confort acústico las podemos categorizar en base al nivel administrativo del personal donde cada uno tiene responsabilidades para beneficiar a todo el equipo de trabajo.

• Funciones de la dirección institucional:

Contratación de personal con experiencia en temas acústicos.
Encargada de selección del personal médico para prevención de riesgos.

Generación de planes de contingencia para personas expuestas a ruido y vibraciones.

Informar a las personas expuestas sobre técnicas de prevención y planes de contingencia.

Decisión de las soluciones integrales para disminuir al personal expuesto.

Elaboración de planes anuales de operaciones en las instalaciones, designar presupuestos para realizar mejoras en los sistemas de prevención de riesgos.

• Funciones del técnico acústico:

Medir la exposición a las vibraciones y ruidos emitidos.

Planificación de horarios de trabajos máximos para el personal.

Mediciones generales del personal expuesto.

Cotización de soluciones acústicas.

Elaboración de programas para evitar los riesgos laborales en temas acústicos.

Tareas de acondicionamiento y aislamiento de las instalaciones y puestos de trabajo.

Realizar informes para la adquisición de máquinas adecuadas, que emitan niveles permisibles de ruido y se adapten a las normativas legales.

Planificación de mantenimiento continuo de maquinaria.

Revisión de funcionamiento de maquinaria y control estadístico por medio de tablas informativas.

Informes a departamentos médicos y administrativos.

Capacitación al personal sobre conductas efectivas para prevención de exposición al ruido y vibraciones.

• Funciones de personal:

Revisión diaria de posibles problemas de maquinaria.

Utilizar la máquina correctamente.

Evitar la exposición innecesaria a las vibraciones.

Postura ergonómica al sentarse.

Comprobar el estado de la máquina.

Informar al supervisor de los problemas de vibraciones.

Obtener asesoramiento médico si aparecen síntomas.

Informar a la empresa de los trastornos correspondientes.

Utilización de protectores auditivos.

Utilización de vestimenta de seguridad.



Figura 9. Sistemas de transporte colectivo para disminuir la emisión de ruido y vibraciones. Imagen prediseñada en www.123rf.com

El personal de una industria mientras realiza las actividades laborales puede contribuir en la emisión de ruido y vibraciones, las mismas que podemos evitarlas modificando la forma en cómo se desarrollan las mismas, donde se beneficie la actividad realizada en tiempo y costo de operación, como ejemplos podemos tener:

- Mejorar los sistemas de traslado de maquinaria, productos y bienes inmuebles, se debe considerar la utilización de técnicas de carga si es realizada por el trabajador, evitar las fricciones o arrastrar por el suelo, con elementos mecánicos móviles como andamios, palancas o montacargas al igual cada uno de ellos genera su propio ruido de funcionamiento y debe poseer el equipo de seguridad necesario ya que estas tareas son especificadas para cada trabajador.



Figura 10. Ilustración de tareas industriales. Imagen modificada de www.123rf.com

- Utilización de herramientas silenciosas que no aporten al nivel de presión sonora general del ambiente de trabajo.



Figura 11. Ilustración de herramientas de trabajo. Imagen modificada de www.123rf.com

- Mantenimiento de las herramientas de trabajo para evitar desgastes y ruidos mecánicos o eléctricos no deseados.
- Participación de todo el personal en los talleres sobre prevención de riesgos laborales.
- Planificación de actividades, la rotación del personal para un conjunto de tareas beneficia en las dosis de ruido diario.
- Creación de eventos de ocio para personal con alta exposición de ruido y vibraciones.
- Estar siempre atentos a los sistemas de alarmas.
- Realización de simulacros preventivos para todos los posibles casos de riesgos.
- Uso de protección personal de manera obligatoria.

CAPÍTULO IV

MEDICIONES ACÚSTICAS, ANÁLISIS DE RIESGOS Y PLANIFICACIÓN DE SOLUCIONES

Identificación de fuentes emisoras de ruido y vibraciones.

Mediciones in situ, transmisión y propagación de ruido y vibraciones, dosis de ruido.

Propuestas de control para problemas de ruido y vibraciones.

Las normativas técnicas a utilizar para determinar problemas acústicos están dadas por la siguiente tabla y su detalle:

Normativa UNE EN ISO 16283:2014

Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción.

Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

Proyecto Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos.

Proyecto Parte 3: Aislamiento a ruido de fachada.

Proyecto de Normativa PNE-EN ISO 12999-1

Acústica. Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la acústica de edificios. Parte 1: Aislamiento acústico.

Normativa de calidad para mediciones acústicas en recintos, rangos de incertidumbre y correcciones de errores.

Normativa UNE-EN ISO 140:1999

Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción.

Normativa de trascendental importancia para correctas mediciones acústicas.

Parte 2: Determinación, verificación y aplicación de datos de precisión.

Parte 4: Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales.

Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.

Parte 7: Medición in situ del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos.

Parte 14: Directrices para situaciones especiales in situ.

Normativa UNE-EN ISO 1200:2012

Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.

Facilita la evaluación durante el diseño, utilización, incidentes, accidentes y riesgos asociados a maquinaria. "Describe los procedimientos para la identificación de peligros y la estimación y valoración de los riesgos durante las fases relevantes del ciclo de vida de las máquinas, y para la eliminación de los peligros o la provisión de la reducción del riesgo adecuada."

Peligros mecánicos.

Peligros por ruidos.

Peligros provocados por vibraciones.

Normativa UNE-EN ISO 9921:2004

Ergonomía. Evaluación de la comunicación verbal.

"Esta norma establece unos requisitos de rendimiento de la comunicación verbal para señales de alerta y peligro, mensajes informativos y comunicación verbal. Se describe varios métodos para estimar y evaluar el rendimiento subjetivo y objetivo en aplicaciones prácticas."

Normativa UNE EN ISO 717

Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción.

Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

Parte 2: Aislamiento a ruido de impacto.

Normativa UNE EN ISO 9612:2012

Determinación de la exposición al ruido en el trabajo.

Método de Ingeniería.

Esta norma especifica metodología para realizar mediciones acústicas de exposición al ruido en lugares de trabajo y calcular el nivel de exposición de los trabajadores en niveles ponderados A, incluyendo también ponderaciones C.

Normativa ISO 1999:1990

Determinación de la exposición a ruido laboral y estimación de la pérdida auditiva inducida por ruido.

Normativa no experimental que contiene las relaciones estadísticas entre exposición al ruido de una persona y el desplazamiento en su umbral auditivo, daños temporales y permanentes de la audición.

Normativa UNE EN ISO 11690:1997

Práctica recomendada para el diseño de lugares de trabajo con bajo nivel de ruido que contienen maquinaria.

Parte 1: Estrategias de control del ruido.

Parte 3: Propagación del sonido y predicción del ruido en recintos de trabajo.

Normativa UNE EN ISO 2631

Vibraciones y choques mecánicos.

Parte 1: Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero.

Parte 2: Vibración en edificios.

Parte 5: Método de evaluación de la vibración que contiene choques múltiples.

Esta normativa permite evaluar exposiciones ante problemas de vibración producidas en edificaciones donde se vea afectado el confort de sus ocupantes.

• Estrategia 1. Identificación de fuentes emisoras de ruido y vibraciones:

El proceso de identificación de las fuentes de ruido consiste en verificar dentro de un recinto cuál o cuáles son las fuentes que generan la mayor afectación al entorno laboral y expongan a sus trabajadores a niveles elevados de ruido o generen vibraciones. Se elabora una ficha de mediciones y realiza la comprobación de niveles emitidos por cada maquinaria, la direccionalidad y los espectros globales de emisión. En caso se posea información por parte del manual de operaciones es vital tener en cuenta que los datos obtenidos muchas veces son establecidos en laboratorio. Se debe tener especificado el ruido de fondo y la relación entre campos directo y reverberante, esto nos dará una clara idea de la situación acústica del local y sus parámetros globales.

Pueden existir cambios en los niveles de ruido en la maquinaria que lleve funcionando por periodos largos de tiempo, para esto las tablas estadísticas nos ayudan como base de datos, informándonos sobre los niveles de ruido emitidos por las mismas durante todos los periodos de tiempo. Podemos identificar problemas funcionales cuando existen cambios bruscos en los niveles generados o por el tipo de ruido emitido.

En el sector industrial muchas veces se presenta la dificultad de no poder realizar mediciones individuales de maquinaria; ejemplo: generadores de energía de una empresa donde no puede cancelarse la producción durante las 24 horas, donde será necesario realizar mediciones suficientes para tener una base real de emisión de ruido o vibraciones.

Para finalizar la identificación de las fuentes es necesario realizar comparativas entre las mediciones obtenidas y las mediciones esperadas que se encuentran en los manuales, verificar que los datos obtenidos sean confiables previniendo errores al momento de las mediciones, crear un porcentaje mínimo de error y correlacionar el problema global entre todas las maquinarias o mecanismos productores de ruido y vibraciones y plantear prioridades de acción para tratamiento de aislamiento directo a la emisión producida por las fuentes.

Estrategía 2. Mediciones In Situ, Transmisión y propagación de ruido y vibraciones:

- Crear tablas técnicas para ejecutar las mediciones, donde conste detalles específicos como: hora, lugar, temperatura, humedad, número de fuentes a ser tratadas, croquis y ubicación de las fuentes, observaciones en caso de no poder realizar plenamente las mediciones.

Tabla indicativa de mediciones				N°
Puesto de trabajo:				
Responsable:				
Fecha de medición:				
Instrumentación	Tipo	Calibración	Croquis	
Sonómetro				
Dosímetro				
Vibrómetro				
Temperatura		x		
Humedad	%	x		
Resultados de ruido aéreo	Registros de mediciones dependen de los datos arrojados por los instrumentos de medición.			
Resultados de dosimetría				
Resultados de vibrómetro				
Observaciones:				
Responsable de medición:				

Tabla 3. Hoja de campo para mediciones acústicas. Elaborado por el autor.

- Instrumentación básica necesaria: Sonómetro, dosímetro, vibrómetro, termohigrómetro, calibrador.
- Preparación de la instrumentación necesaria y calibración pertinente.
- Identificación del tipo de ruido constante, variable o impulsivo y consideración del procedimiento utilizar para su respectiva medición.
- Determinación de la acción de la fuente para campos directos y campos reverberantes.
- Mediciones in situ, para los elementos de construcción de un recinto. Las normativas UNE EN ISO 16283-1 y las proyecciones de la misma apartados 2-3 como actualización de la Normativa UNE EN ISO 140:1999.
- Predicción de ruido en recintos y salas de trabajo utilizando la Normativa UNE EN ISO 11690 apartado 3.
- Determinación de la exposición de vibraciones de cuerpo entero según la Normativa UNE EN ISO 2631 apartado 1 y 2.
- Determinación de la exposición al ruido en el trabajo según la Normativa UNE EN ISO 9612 y pérdidas auditivas según la normativa UNE EN ISO 1999.

N°	Sector de trabajo	Promedio de nivel de ruido Leq(1min)	Tiempo de exposición al que está expuesto un trabajador por sector	Exposición Laeq (T=8horas)	Tiempo de exposición permitido según decreto 2393	D	%	Excede
1	Área 1	93,6	4	90,5	4	1	100	si
2	Área 2	101,3	2	94,2	1	2	200	si
3	Área 3	87,9	4	83,3	8	1	100	no
4	Área 4	91,2	2	86,1	4	1	100	si
5	Área 5	87,6	4	84,3	8	1	100	no
6	Área 6	83,6	5	82	8	1	100	no

Tabla 4. Ejemplo de registro para Dosis de trabajo. Elaborado por el autor.

- Verificar parámetros de respuesta de frecuencia, direccionalidad y tipos de incidencia.
- Verificación de las mediciones obtenidas y comprobación del cumplimiento con el Decreto Ejecutivo 2393, planificación de horarios rotativos para empleados con dosis mayores a las permitidas.
- Tabla de datos con los resultados obtenidos y ejecutar la corrección de errores y la incertidumbre.
- Medición posterior para comprobar las soluciones implementadas.
- Elaboración de mapas de ruido laboral para la representación gráfica de las zonas de emisión sonora, niveles de medición de ruido y sectorización de fuentes de emisión, Los datos obtenidos por muestreo o por simulación acústica mediante software, ingresando todos los parámetros posibles en tablas informativas. Podemos clasificar los mapas de ruido en 2 tipos:
 - Mapas de niveles de ruido emitidos por las fuentes.
 - Mapas de ruido de exposición de los trabajadores.

Estrategía 3. Propuestas de control para problemas de ruido y vibraciones:



Figura 12. Sistemas de acción para la disminución en exposición de ruido y vibraciones de los trabajadores. Elaborado por el autor.

Plan de contingencia para disposiciones en el tratamiento de ruido y vibraciones:

Disposición Laboral:

- Reducción del riesgo, eliminando en la fuente la transmisión o la reducción al mínimo en el porcentaje de exposición.
- Evaluación durante la jornada completa de trabajo o mientras un trabajador este expuesto, tomando en cuenta todos los parámetros posibles y variables existentes.
- Chequeos médicos preventivos para personal que se encuentre sobre el límite permitido en el decreto ejecutivo 2393.
- Examen audiómetro periódico para personal que sobrepase la exposición de 85 dB(A).
- Obligación de uso de protectores auditivos para personal que sobrepase los 85 dB(A).
- Obligación de uso de protección corporal para personal que se encuentre expuesto a vibraciones.
- Colocación de tablas indicativas con límites de exposición máxima permitida.
- Delimitar zonas de trabajo, accesos restringidos para zonas con exposiciones altas de ruido y especificación de maquinarias que son fuentes de ruido de impacto y vibraciones.

Después de identificados los problemas existentes, se procede a crear planificación de solución de problemas acústicos:

Elemento de acción	Propuesta de solución
Instalaciones	Acondicionamiento Acústico. Aislamiento Acústico. Control de vibraciones estructurales. Construcción de nuevos recintos laborales con tratamiento acústico.
Maquinaria	Aislamiento Acústico Control de vibraciones. Calibración de montajes. Mantenimiento de maquinaria. Compra o reemplazo de maquinaria. Ubicación de la maquinaria lejos de fachadas puertas o ventanas.

Elemento de acción

Propuesta de solución

Personal administrativo

Creación de jornadas de trabajo con dosis de ruido permitidas.
Creación de actividades con rotación del personal en zonas con alta exposición de ruido.
Talleres de capacitación para socializar las soluciones acústicas a ejecutarse.
Adquisición de equipo de protección personal.
Adquisición de sistemas de alarma.
Disponer métodos de trabajo alternativo que disminuya la exposición a ruido y vibraciones.

Personal técnico acústico

Elaboración de las soluciones integrales para problemas de ruido y vibraciones.
Elaboración de los tiempos máximos de exposición de cada trabajador.
Cotización y presupuestos necesarios para implementación de soluciones integrales de acústica.
Impartir talleres al personal general sobre las soluciones a implementarse.
Mediciones generales después de realizar los planes integrales para solucionar problemas de ruido y vibraciones.
Optimizar los sitios de trabajo.
Familiarizarse con las actividades generales de todo el personal industrial.

Personal médico

Elaborar plan preventivo de salud ocupacional.
Jornadas de chequeo médico integral para todo el personal.
Atención médica oportuna ante síntomas de afección.

Personal general

Cumplimiento de disposiciones de mandos medios sobre los planes preventivos.
Utilización permanente de dispositivos de protección personal.
Emitir señales de alarma ante cualquier problema percibido dentro de sus funciones o actividades.



CAPÍTULO V

PROTECCIÓN PERSONAL, SISTEMAS DE ALARMA Y PLANES DE SALUD OCUPACIONAL

El decreto ejecutivo 2393 expone como último recurso el uso de protección personal, siendo este un instrumento factible en condiciones donde los anteriores pasos no pudieron cumplir con los niveles permisibles de exposición al ruido y vibraciones. A su vez en el Art. 185. Expone los incentivos para la adquisición de dispositivos destinados a la prevención de riesgos de trabajo, material informativo y de capacitación, siendo liberados los impuestos de importación y adquisición de proveedores locales.

Todo dispositivo de protección personal debe poseer un plan de renovación y verificación de calidad. Es obligatoriedad del personal administrativo proporcionar la información de utilización de los equipos de protección y sistemas de alarma.

• Equipos de protección personal:

Protectores auditivos

Ante niveles superiores a los 85 dBA el personal debe utilizar protectores auditivos calificados que posean las siguientes características:

Características técnicas:

- Tipo de protección para ser adaptada a las funciones del trabajador, generando confort acústico. Estabilidad, agarre, peso y talla son parámetros de consideración.

- El mercado ofrece un sinnúmero de posibilidades de protectores auditivos, algunos son integrales como cascos con orejeras, orejeras diadema, arnés con orejeras, tapones de silicona o materiales absorbentes.

- Atenuación normada que garantice un índice de reducción único. Categorizando por el tipo de reducción en alta media y baja frecuencia. EL índice de reducción única SNR nos ofrece la reducción global del ruido por parte de los protectores auditivos.

- Alta Frecuencia= 25 dB
- Media frecuencia= 15 dB
- Baja Frecuencia= 10dB
- SNR= 25 dB global

Recomendaciones generales:

- Adaptación a enfermedades, trastornos y discapacidades del personal.
- Evitar protección excesiva que dificulte la comunicación.
- Tener en cuenta condiciones climáticas para la selección de los protectores auditivos.

- Existen protectores auditivos que incluyen comunicación electrónica, su uso se ve obligado en sitios con ruido de fondo excesivo y la comunicación oral directa se ve afectada.
- Realizar inducciones para el correcto uso de los protectores auditivos.
- Se debe tomar en cuenta las preferencias de los trabajadores en la selección de los protectores auditivos para mejorar el confort en su utilización.
- El uso adecuado de los protectores auditivos, el cumplimiento de las normas de seguridad, y la obligatoriedad en su uso mientras laboren en recintos con altos niveles de ruido, son claves para evitar problemas en la audición del trabajador.
- Compatibilidad con las funciones de trabajo y demás sistemas de protección personal.

Protección corporal:

Cuando una industria posee un plan de prevención de riesgos, la selección de equipos de protección personal debe enfocarse en todos los agentes contaminantes existentes. El decreto 2393 expone que todo agente al que un trabajador este expuesto, debe ser tratado según los riesgos existentes ya sean estos mecánicos, biológicos, tóxicos, por actividades peligrosas, condiciones climáticas adversas.

La protección corporal o ropa de trabajo que previene la transmisión de vibraciones, debería ser adaptada a la existente en el mercado, su característica principal será el permitir la realización de las diferentes actividades de los trabajadores.

Ejemplos de equipo de protección corporal:

- Guantes industriales.
- Vestimenta reflectiva.
- Botas industriales.
- Cinturones y chalecos ergonómicos.
- Rodilleras y coderas.
- Cascos de protección.



Figura 13. Equipos de protección personal. Imagen modificada de www.123rf.com

Todos estos elementos deben generar comodidad al trabajador, poseer sistemas de cierre y abrochado para situaciones de emergencia poder deshacerse de ellos sin dificultad. Utilización de materiales aislantes e incombustibles para prevenir problemas eléctricos y de difícil inflamabilidad.

Sistemas de alarma:

Tipos de señalética visual:

- Prohibición
- Obligación
- Prevención o advertencia
- Información
- Rutas de evacuación

*Los sistemas de alarma auditivos son usados para situaciones de emergencia o información y nunca deben sobrepasar los niveles de sonoridad emitidos por el decreto ejecutivo 2393. Todos los agentes contaminantes y que proporcionen riesgo por exposición al trabajador, deben estar señalados y ubicados en accesos que el personal pueda identificarlos fácilmente. La señalética de emergencia y precaución nos ayuda en situaciones adversas advirtiendo al personal. Para todo sistema de alerta el trabajador debe estar instruido sobre las acciones a realizar cuando el sistema es activado.

TEST DE COMUNICACIÓN PARA COMPROBAR LA AFECTACIÓN POR RUIDO DE FONDO Y LA DIFICULTAD DE ENTENDIMIENTO EN CASO DE SITUACIONES DE EMERGENCIA

Pregunta	Respuesta
¿Usted tiene que gritar para ser escuchado claramente por alguien a 1m de distancia?	Sí o No
¿Usted tiene que gritar para ser escuchado claramente por alguien a 2m de distancia?	Sí o No
¿En una conversación normal su voz suena tan fuerte para usted como el ruido?	Sí o No
¿La conversación normal no tiene dificultades?	Sí o No

Es importante la creación de sistemas visuales para recintos con altos niveles de ruido de fondo o lugares con enmascaramiento acústico, que faciliten la comunicación en situaciones de emergencia.

Los elementos que podemos diseñar para sistemas de alarma son las infografías de prevención y peligro. A través de estas alarmas visuales y sistemas sonoros como altavoces o pantallas led se crea una fuente de prevención de riesgos donde el personal debe siempre estar atenta para evacuar las instalaciones.



Figura 14. Sistemas de señalética preventiva y uso de equipos de protección personal. Imagen modificada de www.123rf.com

- Planes de salud ocupacional y funciones del personal médico:

El personal médico tiene como principal función realizar los controles médicos periódicos, comprobar lesiones auditivas con sus respectivos tratamientos.

Vigilancia sobre problemas clínicos producidos por el ruido y vibraciones, a su vez seguimiento ante los problemas psicológicos que puedan provocarse por las mismas circunstancias. Audiometrías periódicas cuando el personal se encuentre sobre los 85 dB(A).

Informar al personal administrativo cuando se encuentre lesiones auditivas producidas por ruido.

Exámenes ergonómicos para verificar la no interferencia en la motricidad producida por vibraciones. Incluye exámenes de la vista y respiración.

Terapias de rehabilitación en caso de presencia de enfermedades degenerativas en la motricidad.

Información y capacitación al personal sobre naturaleza del ruido y vibraciones que afectan su salud. Medidas de acción para disminuir la exposición. Valores límites en los que puede laborar y valores límite donde se necesita proceder a una acción de disminución del riesgo.

Resultados de las evaluaciones de riesgos laborales. Parametrización de protectores auditivos según los requerimientos especiales de cada trabajador.

