



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL  
DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGO DEL TRABAJO**

**“EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A RUIDO DEL PERSONAL DE  
LABORATORIO DE SUELOS Y TALLERES DE MECANICA DE LA  
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA”**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al Grado de  
Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo**

**AUTORA:**

**EDITH EVELYN LIMA ACOSTA**

**DIRECTOR: ING. CESAR AUGUSTO CHÁVEZ**

**Quito-Ecuador**

**2015**

## CERTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE DE AUTORIA DEL TRABAJO

Yo, Edith Evelyn Lima Acosta, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional.

Además y, de acuerdo a la Ley de propiedad intelectual, el presente Trabajo de Investigación pertenece con todos los derechos a la Universidad Tecnológica Equinoccial, por su Reglamento y por la normativa Institucional vigente.

---

Edith Evelyn Lima Acosta

C.I: 1714888839

**INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**  
**APROBACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por la señorita Edith Evelyn Lima Acosta, previo a la obtención del Grado de Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y disposiciones emitidas por la Universidad Tecnológica Equinoccial por medio de la Dirección General de Posgrado, para ser sometido a la evaluación por parte del Tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, a los

---

Ing. César Chávez

C.I:

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos quienes con sus palabras me han alentado a seguir y me han apoyado durante cada etapa de mi vida

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por su guía, bendición y provisión.

A todas las personas que con su tiempo, consejos y experiencia me apoyaron en la realización de este trabajo.

## INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO .....	v
INDICE DE TABLAS .....	vii
INDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCION .....	1
1.1. Planteamiento del Problema .....	1
1.2. Formulación del Problema .....	2
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos .....	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Alcance .....	4
MARCO TEORICO.....	5
2.1. Marco teórico legal .....	5
2.2. Marco teórico histórico .....	6
2.3. Marco teórico referencial.....	6
2.4. Marco teórico conceptual .....	9
2.4.1. Definiciones .....	9
2.4.2. Teoría del Sonido .....	10
2.4.3. Clasificación del ruido.....	11
2.4.4. Análisis de Bandas de Octava .....	12
2.4.5. Ponderación “A” .....	13
2.4.6. Instrumentos de Medida para el Ruido .....	14
2.4.7. Efectos del Ruido sobre el Organismo .....	14
2.4.8. Medidas de prevención y control .....	16
METODOLOGIA.....	18
3.1. Métodos .....	18
3.1.1. Etapa 1: Análisis del Trabajo .....	18
3.1.2. Etapa 2: Selección de las Estrategias de Medición .....	19
3.1.3. Etapa 3: Mediciones .....	20
3.1.4. Etapa 4: Tratamiento de errores e incertidumbre .....	20
3.1.5. Etapa 5: Cálculos de la incertidumbre y presentación de resultados	20

3.2. Población .....	20
3.3. Muestra .....	21
3.5. Hipótesis .....	22
3.6. Sistema de variables .....	22
RESULTADOS .....	23
4.1. Introducción .....	23
4.2. Análisis del Trabajo .....	23
4.2.1. Descripción de las actividades y funciones de los trabajadores.....	23
4.2.2. Duración de tarea.....	26
4.2.3. Análisis de Encuestas .....	28
4.2.4. Inspección de las Áreas .....	34
4.2.5. Principales fuentes de ruido .....	39
4.3. Selección de la estrategia.....	43
4.4. Mediciones.....	43
4.5. Tratamiento de errores .....	43
4.6. Cálculo y presentación de los resultados.....	43
4.6.1. Cálculo del nivel de exposición al ruido diario ponderado A. ....	43
4.6.2. Cálculo de la contribución de cada tarea al nivel de exposición al ruido diario. ....	44
4.6.3. Cálculo del nivel de exposición al ruido ponderado A, a partir de la contribución al ruido de cada una de las tareas. ....	45
4.7. Evaluación de la Incertidumbre de Medición .....	51
4.7. Análisis de Bandas de Octava .....	55
4.8. Cálculo del Nivel Efectivo de Ruido .....	64
4.9. Cálculo de la Dosis .....	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	94
5.1. CONCLUSIONES .....	94
5.2. RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFIA .....	97
ANEXOS .....	99
ANEXO 1 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 9612 .....	100
ANEXO 2 Identificación del Proceso .....	101
ANEXO 3 Encuesta.....	102
ANEXO 4 Certificados de Calibración .....	103
ANEXO 5 Hojas Técnicas de los Equipos de las Areas .....	104
ANEXO 6 Informes del Sonómetro.....	105

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Alcance del estudio .....	4
Tabla 2.1 Fuentes de ruido.....	7
Tabla 2.2. Bandas de octava.....	13
Tabla 2.3. Curvas de ponderación “Tipo” .....	13
Tabla 3.1. Selección de la estrategia de medición básica.....	19
Tabla 3.2 Población de estudio .....	20
Tabla 3.3. Determinación de las variables .....	22
Tabla 4.1. Actividades y tareas del personal Laboratorio de Suelos .....	24
Tabla 4.2. Actividades y tareas del personal Talleres de Mecánica .....	26
Tabla 4.3. Tiempo de exposición a ruido por tarea personal Lab. de Suelos .....	27
Tabla 4.4. Horario de clases Talleres de Mecánica.....	27
Tabla 4.5. Tiempo de exposición personal Talleres de Mecánica .....	28
Tabla 4.6. Pregunta 3.1. Tipo de Ruido.....	32
Tabla 4.7. Preguntas 4.1, 4.2 y 4.3 de la encuesta .....	33
Tabla 4.8. Prevalencia de sintomatología por exposición a ruido.....	34
Tabla 4.9. Fuentes de ruido Laboratorio de Suelos.....	39
Tabla 4.10. Fuentes de ruido Talleres de Mecánica.....	41
Tabla 4.11. Datos de las mediciones de nivel de ruido de las áreas en estudio ..	43
Tabla 4.12. Cálculo del nivel de exposición a ruido diario ponderado A .....	44
Tabla 4.13. Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #1 .....	46
Tabla 4.14. Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #2 .....	46
Tabla 4.15. Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #3 .....	47
Tabla 4.16. Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #4 .....	47
Tabla 4.17. Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #5 y 6.....	48
Tabla 4.18. Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #1 .....	48
Tabla 4.19. Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #2 y 3.....	49
Tabla 4.20. Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #4 y 5.....	49
Tabla 4.21. Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #6 .....	50

Tabla 4.22. Tabla de exposición a ruido Laboratorio de Suelos.....	50
Tabla 4.23. Tabla de exposición a ruido Talleres de Mecánica.....	51
Tabla 4.24. Incertidumbre típica combinada e Incertidumbre expandida .....	54
Tabla 4.25. Bandas de Octava - Compactación .....	55
Tabla 4.26. Bandas de Octava – Compresión adoquines y cilindros .....	56
Tabla 4.27. Bandas de Octava - Granulado .....	57
Tabla 4.28. Bandas de Octava - Abrasión.....	58
Tabla 4.29. Bandas de Octava - Asfalto.....	59
Tabla 4.30. Bandas de Octava - Fresadora.....	60
Tabla 4.31. Bandas de Octava - Torno .....	61
Tabla 4.32. Bandas de Octava - Soldadura.....	62
Tabla 4.33. Bandas de Octava - Fundición .....	63
Tabla 4.34. Frecuencias de exposición .....	64
Tabla 4.35. Nivel efectivo de Ruido - Compactación.....	67
Tabla 4.36. Nivel efectivo de Ruido – Compresión adoquines y cilindros .....	69
Tabla 4.37. Nivel efectivo de Ruido - Granulado .....	71
Tabla 4.38. Nivel efectivo de Ruido - Abrasión.....	73
Tabla 4.39. Nivel efectivo de Ruido - Asfalto.....	75
Tabla 4.40. Comparación del Nivel efectivo de ruido de Laboratorios de Suelos	77
Tabla 4.41. Nivel efectivo de Ruido - Fresadora .....	78
Tabla 4.42. Nivel efectivo de Ruido - Torno .....	80
Tabla 4.43. Nivel efectivo de Ruido - Soldadura .....	82
Tabla 4.44. Nivel efectivo de Ruido - Fundición .....	84
Tabla 4.45. Comparación del Nivel efectivo de ruido de los Talleres de Mecánica .....	86
Tabla 4.46. Límites permisibles ruido.....	87
Tabla 4.47. Dosis colaborador #1 .....	88
Tabla 4.48. Dosis colaborador #2.....	89
Tabla 4.49. Dosis colaborador #3.....	89
Tabla 4.50. Dosis colaborador #4 y 5.....	89
Tabla 4.51. Dosis colaborador #6.....	90
Tabla 4.52. Dosis colaborador #1.....	90
Tabla 4.53. Dosis colaborador #2 y 3.....	90
Tabla 4.54. Dosis colaborador #4 y 5.....	91
Tabla 4.54. Dosis colaborador #6.....	91
Tabla 4.56. Dosis vs. Exposición a ruido diario .....	92



## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Efectos del Ruido .....	9
Figura 2.2. Representación sinusoidal de las compresiones y enrarecimientos sucesivos producidos por una onda acústica .....	11
Figura 3.1. Kit de medición Sonómetro Cirrus Red .....	21
Figura 4.1. Pregunta 1.1. Sexo .....	28
Figura 4.2. Pregunta 1.2. Edad .....	29
Figura 4.3. Pregunta 2.4. Años de trabajo .....	29
Figura 4.4. Pregunta 2.5. Horas semanales de exposición .....	30
Figura 4.5. Pregunta 2.6. Equipo de Protección Personal .....	30
Figura 4.6. Pregunta 2.7. Pausas de trabajo .....	31
Figura 4.7. Pregunta 2.8. Duración de las pausas de trabajo .....	31
Figura 4.8. Pregunta 3.2. Percepción del nivel de ruido .....	32
Figura 4.9. Parte externa – Laboratorio de Suelos .....	35
Figura 4.10. Recepción – Laboratorio de Suelos .....	35
Figura 4.11. Abrasión y Granulometría – Laboratorio de Suelos .....	36
Figura 4.12. Compresión – Laboratorio de Suelos .....	37
Figura 4.13. Compactación – Laboratorio de Suelos .....	37
Figura 4.14. Tornos y Fresadoras – Talleres de Mecánica .....	38
Figura 4.15. Localización de maquinarias en el Laboratorio de Suelos .....	41
Figura 4.16. Localización de maquinarias en el Taller de Mecánica .....	42
Figura 4.17. Bandas de Octava – Compactación .....	55
Figura 4.18. Bandas de Octava – Compresión de adoquines y cilindros .....	56
Figura 4.19. Bandas de Octava – Granulado .....	57
Figura 4.20. Bandas de Octava – Abrasión .....	58
Figura 4.21. Bandas de Octava – Asfalto .....	59
Figura 4.22. Bandas de Octava – Fresadora .....	60
Figura 4.23. Bandas de Octava – Torno .....	61
Figura 4.24. Bandas de Octava – Soldadura .....	62
Figura 4.25. Bandas de Octava – Fundición .....	63
Figura 4.26. Tapones auditivos 3M .....	66
Figura 4.27. Protectores auditivos 3M .....	66
Figura 4.28. Comparación NEF en Bandas de Octava - Compactación .....	68
Figura 4.29. Comparación NEF en Bandas de Octava – Compresión adoquines y cilindros .....	70
Figura 4.30. Comparación NEF en Bandas de Octava - Granulometría .....	72

Figura 4.31. Comparación NEF en Bandas de Octava - Abrasión .....	74
Figura 4.32. Comparación NEF en Bandas de Octava - Asfalto .....	76
Figura 4.33. Comparación NEF en Bandas de Octava - Fresadora .....	79
Figura 4.34. Comparación NEF en Bandas de Octava - Torno .....	81
Figura 4.35. Comparación NEF en Bandas de Octava - Soldadura .....	83
Figura 4.36. Comparación NEF en Bandas de Octava - Fundición.....	85

## RESUMEN

Si bien a las instituciones de enseñanza no se les asocia directamente con la presencia de un riesgo físico, hay una realidad atrás de ese pensamiento. El presente trabajo realiza una evaluación de Exposición a Ruido del personal de laboratorio de suelos y talleres de mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, áreas que por la presencia de maquinaria exponen a ruido a sus colaboradores.

El presente trabajo se basa en una investigación de campo, la recolección de los datos se realizó directamente en las áreas donde existe la presencia de riesgo por ruido.

Un análisis de trabajo permitió determinar las tareas que implicaban exposición a ruido, mediante una encuesta aplicada a los trabajadores de cada área se obtuvo la percepción que ellos tienen respecto al ruido, información que fue confirmada a través de una entrevista.

La medición se realizó por cada tarea ejecutada por el trabajador mediante el uso de un sonómetro.

Con los datos obtenidos se llegó a determinar los puestos de trabajo con mayor exposición a ruido, así como también la frecuencia que está causando mayor impacto en el personal de cada área.

El estudio también permitió comprobar que las medidas de control ya sean a través de procedimientos o de infraestructura actuales, no son los suficientes para minimizar el impacto que tiene el ruido en los trabajadores.

**Palabras clave:** exposición a ruido, riesgo, frecuencia

## ABSTRACT

The Educational Institutions are not associated with a physical risk directly, but there is a reality behind this thought. This research work makes an evaluation about the Noise Exposure in people who work at the soil laboratory and mechanical workshops in SALESIAN POLYTECHNIC UNIVERSITY, areas where there is machinery that emits noise to their collaborators and affect them.

This research work is based in a field investigation, data recollection was performed directly in the areas where there are risks caused by noise.

A work analysis permitted us to establish the tasks that involve into a noise exposure by means of an applied survey to every area worker, we obtained their perception about the noise, this information was confirmed using an interview.

The measurement was made by every done worker task using a SLM (Sound level meter).

The data helped us to determine: the workshops with a high noise exposure level and also the impact frequency that happens in every area.

This study also permitted us to test out the control measurements through procedures or existing infrastructures are not enough to decrease the noise impact in the workers.

**Keywords:** noise exposure, risk, frequency.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### 1.1. Planteamiento del Problema

Todos los días estamos expuestos a ruido, en nuestra casa, trasladándonos de un lugar a otro en vehículo, caminando por la calle y que decir cuando estamos en el lugar de trabajo, no importa que nuestra actividad sea administrativa u operativa, tanto el uno como el otro presenta el riesgo de estar expuestos a ruido cuya fuente de emisión puede ser: el sonar constante del teléfono, el contestar varias llamadas telefónicas diariamente, reuniones de trabajo, atención al personal, el uso de maquinarias o herramientas, entre otros.

El desarrollo de la industria ha permitido el ingreso de maquinarias y herramientas, que mejoran los tiempos de producción, pero silenciosamente ha venido ocasionando el deterioro en la salud de los trabajadores.

Manuel Falagán (2008), lo explica de la siguiente manera: las nuevas tecnologías son el motivo de que cada vez exista mayor contaminación de ruido, esto nos ha obligado a habitar en un lugar agresivo para el hombre (p. 27).

Ahora bien esta contaminación de ruido no solo la podemos encontrar en las industrias. “También puede constituir un problema en otros entornos de trabajo, desde centros de recepción de llamadas hasta escuelas, fosos de orquesta y bares” (Tregenza, 2005, pág. 11).

Considerando que en los Talleres de Mecánica existe además una interacción profesor-estudiante y que por lo tanto la sencilla acción de dar instrucciones o el hecho de impartir una clase, ya es un generador de ruido debido a que profesores y alumnos deben modular su voz de tal manera que estos sean escuchados, a esta actividad hay que sumarle el ruido que se genera por las máquinas.

Según Martínez (2007) en su estudio Alertan por Ruido en Salones, indica que cuando en las clases existe un ruido de fondo y mientras más alto este sea, el profesor deberá elevar su voz alcanzando los 50 y 60 decibeles.

Cuando el profesor y el estudiante participan de una clase que requiere el uso de cierto equipo, la exposición va más allá del ruido producido por una conversación. Hay que señalar que el ruido del equipo utilizado en la hora de clase, no solo afectará al profesor sino que también al estudiante.

En un estudio realizado a los estudiantes de odontología, se indica que se encuentran expuestos a sonidos peligrosos desde sus estudios universitarios y después durante toda su vida profesional, debido al uso de instrumental requerido para sus actividades (Fuentes, Rubio, & Cardemil, 2013, pág. 250).

Se debe tener en claro que una exposición a ruido traerá como consecuencia disminución en la capacidad auditiva del trabajador, de manera irreversible.

“En Europa (...) un 7 % padece problemas auditivos relacionados con el trabajo. Según los datos disponibles, la pérdida de audición provocada por el ruido es la enfermedad profesional más común en la UE” (Tregenza, 2005, pág. 11).

## **1.2. Formulación del Problema**

Determinar el nivel de exposición a ruido al cual se encuentran expuestos los trabajadores de las áreas de Laboratorio de Suelos y de los Talleres de Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar la exposición a ruido de los trabajadores de las áreas de Laboratorio de Suelos y los Talleres de Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar los puestos de trabajo que tienen mayor exposición al ruido, respecto a los estándares o límites permisibles.
- ✓ Determinar los posibles efectos que el ruido está generando en los trabajadores.
- ✓ Plantear procedimientos y métodos de control, en la fuente y en el medio, encaminados a minimizar el impacto del ruido sobre los trabajadores.

### **1.4. Justificación**

La Universidad Politécnica Salesiana comprometida con el bienestar de sus colaboradores y preocupada por la salud de ellos, ha venido realizando una gestión que permite la identificación, medición, evaluación y control del riesgo, para determinar los niveles de exposición y posterior vínculo con daños en la salud.

Por lo antes expuesto, el presente trabajo está encaminado a identificar, medir y evaluar el ruido al cual se encuentran sometidos tanto los trabajadores del Laboratorio de Suelos y de los Talleres de Mecánica.

Nos permitirá conocer los niveles de exposición, realizar un análisis de los puestos de trabajo, verificar la presencia de factores externos que puedan contaminar con ruido el ambiente de trabajo.

La investigación generará información para sugerir las mejoras a las medidas de prevención ya establecidas en las áreas de tal manera de precautelar la salud de los trabajadores.

Es importante para la Universidad Politécnica Salesiana tener espacios de trabajo donde sus colaboradores, puedan realizar sus actividades controlando la exposición a ruido, de esta manera su salud se verá precautelada, su rendimiento será el adecuado y tanto su entorno familiar como laboral no se verá afectado por problemas en su salud.

### 1.5. Alcance

El presente estudio abarcará a los siguientes grupos de trabajadores de las áreas descritas.

Tabla 1.1  
Alcance del estudio

Área	Universo
Talleres de Mecánica	Docentes: 4 Auxiliares de Laboratorio: 2
Laboratorio de Suelos	Administrativos: 1 Auxiliares de Laboratorio: 5

Fuente: Autora

En las dos áreas para el desarrollo de las actividades se requiere el uso de maquinaria, en los talleres de mecánica el tiempo de uso de las máquinas se limita a las horas clase semanales que deben impartir los docentes a los alumnos que cursan ciertos años de la carrera específicamente, por otro lado en el laboratorio de suelos la presencia de ruido y el uso de maquinaria está determinada por el tipo de ensayo que deban realizar de acuerdo a la solicitud del cliente, la jornada de trabajo de esta área es de 8 horas diarias.

El autor aportará con un estudio que no ha sido realizado en estas áreas.



## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Marco teórico legal**

##### **Constitución de la República del Ecuador 2008**

##### **Sección tercera: Formas de trabajo y su retribución**

**Art. 326.-** El derecho al trabajo se sustenta en los siguientes principios:

5. Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar (p.152).

##### **Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo / Resolución 957**

##### **Capítulo I: Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.**

**Artículo 1.-** Según lo dispuesto por el artículo 9 de la Decisión 584, los Países Miembros desarrollarán los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (p. 1).

##### **Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo / Resolución No. C.D.390**

##### **Capítulo VI: Prevención de Riesgos del Trabajo**

Art. 51.-Sistema de Gestión.- Las empresas deberán implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, como medio de cumplimiento obligatorio de las normas legales o reglamentarias (p. 29).

##### **Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo - Decreto Ejecutivo 2393**

En ella se establecen las reglas a seguir para prevención, medición y evaluación de la exposición a ruido, en el Art. 55 numerales 6 y 7 (p. 29,30).

## **2.2. Marco teórico histórico**

De acuerdo a Vallejo González (2006), durante el siglo 19 se registra un aumento en el número de personas que tienen pérdidas de sensibilidad auditiva, como consecuencia de la revolución industrial, y se empieza a categorizarlo como una enfermedad profesional. A mediados de los 30's se crea el sonómetro y el audiómetro. A finales de los 40's se desarrollan los primeros protectores auditivos diseñados científicamente.

Según José Peralta (1998), es en el año 1948 donde se da el primer caso de compensación por pérdida de la audición. En 1968 se formula un reglamento donde se norma que para 8 horas de trabajo los niveles de ruido de exposición serán de 85 dB. Con esta ley los empleadores vieron que se podía dar un crecimiento en las compensaciones, presionando entonces para que se modifique el reglamento y se aumente el nivel de ruido a 90 dB, lo cual fue considerado y puesto en la reglamentación.

## **2.3. Marco teórico referencial**

Según Tregenza (2005), si bien el ruido se caracteriza por estar presente en las industrias como la manufacturera y la construcción, de igual forma podemos encontrarlo en otros ambientes de trabajo desde bares, escuelas, call center, entre otros. Además define el ruido como un sonido no deseado o perjudicial.

Tabla 2.1  
Fuentes de ruido

Sector	Actividad	Nivel de ruido
Agricultura	Alimentación de cerdos	104-115 dB(A)
Construcción	Exposición probable del trabajador al ruido durante las tareas de picado de hormigón	100 dB(A) LEP,d
Servicios de emergencias	Bomberos expuestos a ruidos de impulso que sobrepasan los:	115 dB(A)
Educación	Exposición media al ruido en las guarderías	80,3 dB(A)
Ingeniería	Tareas de remachado	100-110 dB(A)
Ocio	Orquesta: exposición del director durante la representación del Lago de los Cisnes	88 dB(A)
Pesca	Niveles típicos de ruido registrados en la sala de máquinas	100-110 dB(A) con picos hasta 115 dB(A)
Atención sanitaria	Quitar una escayola	88-95,2 dB(A)
Industria manufacturera	Limpieza con aire comprimido: exposición de los trabajadores	92 dB durante ocho horas
Textil	Taller de costura	90 dB(A)
Transporte	Camiones (vehículos de transporte pesado): exposición del conductor	78-89 dB(A)

Fuente: Revista de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, (2005).

En cuanto algunas estadísticas a nivel mundial, Ordaz Castillo et al. (2009), señalan que de acuerdo a un informe de la OMS del año 2002 el ruido esta en los cinco principales factores de riesgo para la salud. En la última Encuesta Europea de Condiciones de Trabajo se indica que el 30,2% de los trabajadores manifiestan estar expuestos a altos niveles de ruido durante al menos una cuarta parte de su jornada. En España en el año 2008 se notificaron a la Seguridad Social 790 casos de hipoacusia/sordera de un total de 18.700 casos de EP (4,2% del total) (p.37).

De acuerdo a algunas estadísticas mencionadas por Contreras Quevedo (2013), el 75% de los pobladores de ciudades industrializadas ya tienen algún grado de sordera o pérdida auditiva, señala entonces que en Estados Unidos 10 millones de personas tienen ya problemas auditivos; en el Reino Unido a partir de 2009/10-2011/12 existen 19.000 casos con tendencia a la baja en el último decenio; en Chile el 80% de las incapacidades permanentes con causa de la hipoacusia; y en México en una investigación retrospectiva (1992 al 2002) se determinó que la hipoacusia por trauma acústico crónico representó 41% de las enfermedades de trabajo.

La investigación: 'Pronóstico del riesgo de la exposición al ruido en los trabajadores' seguridad y salud en Lituania', realizado por Ricardas Butkux et al. (2014), se basó en los datos estadísticos que se recogieron en los distintos lugares de trabajo en los sectores de la construcción, el transporte, la agricultura; y silvicultura, electricidad, agua y suministro de gas etc. Mediante un modelo matemático se pudo pronosticar los lugares de trabajo donde se rebasan los límites de exposición al ruido de 80, 85 y 87 dB(A). Encontrándose que el mayor nivel de ruido está presente en las empresas que se encargan de la transformación de madera y fabricación de muebles. Se encontraron resultados similares en los lugares de procesamiento de metales, el sector textil, de la construcción y el funcionamiento de tractores agrícolas. Lugares de trabajo donde la ocurrencia de pérdida de la audición en los trabajadores es probable, pudiéndose evaluar como "potencialmente riesgosa".

Ahora bien, el efecto nocivo del ruido sobre la agudeza auditiva del individuo depende de varios factores tales como: frecuencia, pureza, intensidad, duración o tiempo de exposición, repetición, edad del trabajador y susceptibilidad individual. (Hernández Diaz & González Méndez, 2008, pág. 2).

## Efectos del Ruido








	Entorno	Nivel de ruido dB(A)	Tiempo de exposición	Efecto sobre la salud
	EXTERIOR DE VIVIENDAS	50 - 55	16 h	MOLESTIA
	INTERIOR DE VIVIENDAS	35	16 h	INTERFERENCIA COMUNICACIÓN
	DORMITORIOS	30	8 h	INTERRUPCIÓN DEL SUEÑO
	AULAS ESCOLARES	35	Duración de la clase	PERTURBACIÓN COMUNICACIÓN
	AREAS INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE TRÁNSITO	70	24 h	DETERIORO AUDITIVO
	MÚSICA EN AURICULARES	85	1 h	DETERIORO AUDITIVO
	ACTIVIDADES DE OCIO	100	4 h	DETERIORO AUDITIVO

Figura 2.1

Fuente: Revista Observatorio Salud y Medio Ambiente, (2012).

## 2.4. Marco teórico conceptual

### 2.4.1. Definiciones

**Sonido.-** Se puede definir como cualquier variación de presión, sobre la presión atmosférica, que el oído humano puede detectar, capaz de producir una sensación auditiva (Cortés Díaz, 2007).

**Ruido.-** Se le suele definir como un sonido indeseable. En el contexto industrial por lo general el ruido significa sonido excesivo o dañino (Asfahl & Rieske, 2010).

**Presión Acústica.-** Se define como la energía acústica por unidad de superficie, bajo forma de variación de presión ( $N/m^2$ ) o Pascales, es decir la variación instantánea de la presión atmosférica en un punto como consecuencia de la propagación a través del aire de una onda sonora (Falagán Bojo, 2008).

**Enfermedad profesional.-** Son las afecciones agudas o crónicas, causadas de una manera directa por el ejercicio de la profesión o trabajo que realiza el asegurado y que producen incapacidad (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2011).

**Hipoacusia (Sordera).-** Es la incapacidad total o parcial para escuchar sonidos en uno o ambos oídos (MedlinePlus, 2014).

**Sonómetro.-** En su concepción es un instrumento que responde ante el sonido de una forma aproximada a como lo hace el oído humano y que da medidas objetivas y reproducibles. Mide de forma directa el nivel de presión sonora de un fenómeno acústico. Presenta una lectura en dB (Fundacion MAPFRE, 1996).

**Bandas de octava.-** El conjunto de frecuencias que forma una banda queda definido por dos frecuencias: una inferior y otra superior. En el caso de las bandas de octava estas dos frecuencias se eligen de forma que la superior sea doble que la inferior (Falagán Bojo, 2008).

#### **2.4.2. Teoría del Sonido**

Para José María Cortés (2007), el sonido es el cambio de la presión del aire producto de la vibración de un cuerpo, generando ondas acústicas que se desplazan ya sea por un medio líquido, sólido o gaseoso. Las principales propiedades acústicas de las ondas sonoras son la frecuencia y la intensidad.

La frecuencia representa el número de ciclos de variación de presión por segundo y se expresa en hercios (Hz).

Representación sinusoidal de las compresiones y enrarecimientos sucesivos producidos por una onda acústica

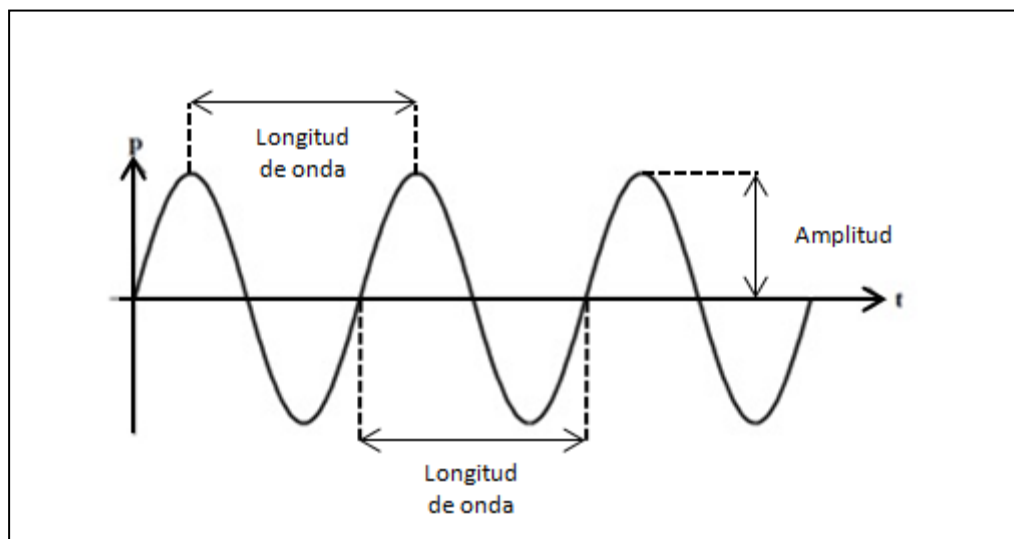


Figura 2.2.

Fuente: Juan Ignacio Aragonés y María Amérigo, (2010).

Las frecuencias de 4.000 Hz producen la máxima fatiga porque actúan sobre el oído en su totalidad. Por lo tanto la sensibilidad auditiva tiene su máximo a los 4.000 Hz y disminuye conforme la frecuencia baja.

### 2.4.3. Clasificación del ruido

Dependiendo de su variación en el tiempo, Mancera Fernández et al. (2012), señalan los siguientes tipos de ruido:

*Continuo estable o estacionario:* Producidas por máquinas que operan del mismo modo sin interrupción. Por ejemplo, el ruido de un motor que funciona sin variaciones.

*Continuo fluctuante:* si el nivel sonoro varía de forma continua con el tiempo sin seguir un patrón definido, ejemplo un taller mecánico.

*Intermitente:* cuando una máquina opera en ciclos.

*De impacto o impulso:* es de corta duración, es breve y abrupto y su efecto causa más molestias que las anteriores. El uso de un martillo, disparos, explosiones, etc.

Se pueden dar combinaciones de todos los ruidos (p. 175).

#### **2.4.4. Análisis de Bandas de Octava**

Según Manuel Falagán (2008); para ciertos fines y especialmente para decidir las medidas de reducción que deben adoptarse ante un problema de ruidos, es necesario conocer no sólo el nivel de presión acústica, sino también cómo la energía acústica se distribuye en cada uno de los rangos de frecuencia que componen el sonido o ruido problema.

El oído humano no es capaz de diferenciar claramente frecuencias individuales próximas (p.e. 1000 a 1005 Hz), lo que hace es agrupar las frecuencias, y por ello tratamos los problemas del ruido dividiendo las frecuencias en bandas de octava (intervalos de frecuencia como por ejemplo 707 y 1414 Hz) asignando un único nivel de ruido a la frecuencia central (en el ejemplo 1000 Hz).

El conjunto de frecuencias que forman una banda queda definido por 2 frecuencias: una inferior y otra superior, en el caso de una octava se trata de una banda de frecuencia en la que, la frecuencia más alta es el doble de la frecuencia más baja ( $F_2=2F_1$ ). El nombre de octava tiene su génesis en el hecho de que una de estas divisiones comprende las ocho notas de la escala diatónica musical.

Así la banda con frecuencias extremas de 707 Hz y 1414 Hz se la denomina banda de octava de 1000 Hz. Por este motivo el espectro de frecuencias audibles para el hombre queda dividido en las bandas de octava en Hz (págs. 37, 38).



Tabla 2.2.  
Bandas de Octava

Frecuencias inferiores (Hz)									
22	44	88	176	353	707	1414	2828	5656	11313
Frecuencias centrales (Hz)									
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Frecuencias superiores (Hz)									
44	88	176	353	707	1414	2828	5656	11313	22627

Fuente: Manuel Falagán Bojo, (2008).

#### 2.4.5. Ponderación “A”

Las cuatro escalas de ponderación audibles normalmente utilizadas son:

Tabla 2.3.  
Curvas de Ponderación “Tipo”

Curvas de Ponderación “Tipo”
<p><b>Curva A (dBA).</b> Mide la respuesta del oído, ante un sonido de intensidad baja. Es la más semejante a la percepción logarítmica del oído humano, aunque los estudios de psicoacústica modernos cuestionan esta afirmación. Se utiliza para establecer el nivel de contaminación acústica y el riesgo que sufre el hombre al ser expuesto a la misma. Por ello, es la curva que se utiliza a la hora de legislar.</p>
<p><b>Curva B (dBB).</b> Su función era medir la respuesta del oído ante intensidades o para intensidades medias. Como no tiene demasiadas aplicaciones prácticas es una de las menos utilizadas. Muchos sonómetros no la contemplan.</p>
<p><b>Curva C (dBC).</b> Mide la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad. Es tanto, o más empleada que la curva “A” a la hora de medir los niveles de contaminación acústica. También se utiliza para medir los sonidos más graves. De aplicación legal en niveles pico.</p>
<p><b>Curva D (dBD).</b> Se utiliza, casi exclusivamente, para estudiar el nivel de ruido generado por los aviones.</p>
<p><b>Curva U (dBU).</b> Es la curva de más reciente creación y se utiliza para medir ultrasonidos, no audibles por los seres humanos.</p>

Fuente: Manuel Falagán Bojo, (2008).

#### **2.4.6. Instrumentos de Medida para el Ruido**

De acuerdo a Mario Mancera Fernández (2012), de acuerdo a las características de exposición el ruido se puede medir con los siguientes instrumentos:

**Sonómetro:** el sonómetro es un instrumento que permite conocer los niveles de presión sonora; cuenta con el filtro de ponderación “A” que reproduce electrónicamente la audición humana, por tanto, con este filtro se evalúa la exposición laboral.

**Analizador de bandas de octava o de tercio de octava:** el analizador de bandas de octava se utiliza para determinar la intensidad del ruido, para caracterizarlo, en cada una de las frecuencias (Hertz), y debe hacerse en todos los casos en que el nivel de ruido supere los 80 dBA.

**Dosímetros:** se utiliza cuando el trabajador está expuesto a diferentes niveles de ruido, ya que por sus actividades tiene que desplazarse por zonas con variada intensidad de ruido.

#### **2.4.7. Efectos del Ruido sobre el Organismo**

El grado de afectación que puede causar el ruido en el organismo de una persona dependerá de varios factores entre los que podemos nombrar los siguientes: tiempo y niveles de exposición, edad, si es hombre o mujer, entre otros.

Sin embargo existe un factor que no puede ser cuantificado, la sensibilidad que tiene cada persona al momento de estar expuesto a cierto tipo de riesgo.

#### **Lesiones Auditivas**

Existen dos formas de desarrollarse una disminución en la agudeza auditiva: la sordera o pérdida de la audición temporal y la sordera o pérdida de audición permanente (Falagán Bojo, 2008, pág. 81).

Adel Hernández y Bianka González en su estudio, Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos al ruido industrial, realizado en una carpintería de aluminio, determinaron que en 9 de los 13 departamentos de trabajo se supera los 85 dB(A). La exposición a ruido ha afectado la salud de los trabajadores ya que encontraron 77 casos (78,5%) de hipoacusia atribuible al ruido, de los cuales el 30,6% están expuestos a ruido innecesariamente, por las características de sus tareas.

### **Efectos extra-auditivos**

Para José María Cortés (2007); en el orden fisiológico entre las consecuencias de los ruidos intensos podemos señalar las siguientes:

- Acción sobre el aparato circulatorio
  - Aumento de la presión arterial
  - Aumento del ritmo cardíaco
  - Vaso-constricción periférica
  - Acción sobre el metabolismo, acelerándolo
  - Acción sobre el aparato muscular, aumentando la tensión
  - Acción sobre el aparato digestivo, produciendo inhibición de dichos órganos
  - Acción sobre el aparato respiratorio, modificando el ritmo respiratorio
- (p. 431).

Liliana Rojas-González et al. (2004), determinaron los niveles de cortisol sérico y manifestaciones extra auditivas en trabajadores expuestos a ruido en una industria cervecera, para su estudio se seleccionaron al azar 40 trabajadores expuestos a ruido y 40 trabajadores no expuestos.

En el grupo expuesto fueron mayores los valores promedio de cortisol sérico post jornada ( $p < 0,05$ ), mientras que las manifestaciones extra auditivas registradas fueron: cefalea (50%), trastornos gastrointestinales (10%), hipertensión arterial (17,75%), irritabilidad (27,5%), e insomnio (55%); a pesar de la utilización de protectores auditivos por un 92,5 % de los trabajadores.

Los niveles de ruido fueron > 85 dBA en todos los puestos de trabajo estudiados.

#### **2.4.8. Medidas de prevención y control**

Existe una jerarquía en las medidas de control que puede seguirse para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores, de acuerdo a Tim Tregenza (2005) son:

##### **Eliminación de las fuentes de ruido**

Se debe considerar la ubicación y la adquisición de la maquinaria, así como también la infraestructura del lugar, se piensa es la forma más eficiente para minimizar el riesgo de los trabajadores.

##### **Control del ruido en su origen**

Aquí se considera el diseño y el mantenimiento de los equipos y del área, esta debe ser un punto importante a tomar en consideración al momento de desarrollar los programas de gestión.

##### **Medidas colectivas de control**

La finalidad es disminuir el número de trabajadores que por sus actividades deben estar expuestos, realizando una correcta organización del trabajo, tomando en consideración el tiempo de exposición.

##### **Equipos de protección personal (EPP)**

Una vez que todos los métodos de control antes mencionados se han considerado, se podrá gestionar el uso de equipos de protección personal.

Hay que considerar que estos equipos pueden causar malestar en el trabajador por el tiempo prologando de uso y deberá dar el cuidado y mantenimiento correspondiente.

Luis Felipe Sexto, en su trabajo Seguridad industrial y minera: Aspectos estratégicos para el control pasivo de ruido (2001), y Paul Jensen (1973) en su estudio: Control del Ruido Ambiental; concuerdan en que un plan o programa para

la reducción de ruido puede llegar a ser deficiente, sin un análisis correcto en las etapas de diseño, selección, instalación y mantenimiento de las máquinas; si no que podría traer como consecuencia inmediata un aumento en los niveles de ruido. La implementación de un programa de control de ruido puede ser llevado a cabo en la fuente, en el medio de transmisión y en el receptor. Este programa puede incluir:

- Mantenimiento a las máquinas,
- Encapsulamiento de máquinas, con los cuales se puede conseguir reducciones entre 10 y 25 dBA y hasta más de 25 dBA, todo depende del tipo revestimiento absorbente.
- Protección auditiva,
- Seguimiento audiométrico,
- El aislamiento de vibraciones
- La absorción acústica en superficies internas; entre otras.

Como otro punto en donde se debe intervenir y con mayor fuerza, es la implementación de políticas, normas y procedimientos de seguridad, que están encaminados a generar una cultura de prevención en los trabajadores.

En el trabajo: La seguridad, la higiene y la protección del medio ambiente en la industria empresarial nicaragüense (2006), Onassis Delgado manifiesta que cuando un trabajador no cree necesario el uso de EPP o seguir procedimientos y medidas de seguridad, está mostrando una falta de cultura organizacional de seguridad.

Los valores organizacionales solo pueden ser medidos observando el comportamiento de los trabajadores, los cuales pueden no estar de acuerdo con los valores de la organización, por este motivo el crear e implementar una cultura de seguridad es un trabajo complejo en donde se debe romper con la resistencia al cambio por parte de los trabajadores.

## CAPITULO III

### METODOLOGIA

#### 3.1. Métodos

Para el presente trabajo se utilizó la metodología establecida en el numeral 6 de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 9612 (Primera edición 2014-01) Acústica. Determinación de la Exposición al Ruido en el Trabajo. Método de Ingeniería (ISO 9612:2009, IDT) (Anexo 1).

Las Etapas Cronológicas que se ejecutaron son:

- ✓ **Etapa 1: Análisis del Trabajo**
- ✓ **Etapa 2: Selección de las Estrategias de Medición**
- ✓ **Etapa 3: Mediciones**
- ✓ **Etapa 4: Tratamiento de errores e incertidumbre**

##### 3.1.1. Etapa 1: Análisis del Trabajo

A partir de una entrevista con el trabajador, se obtuvo información sobre la planificación del trabajo, las tareas que realiza y el tiempo que demanda cada una de ellas, para lo cual se empleó:

- ✓ El formato de Identificación del Proceso, el mismo que está basado en un modelo de Descriptivo de Cargo, el cual es un instrumento de la administración de los sistemas de recursos humanos donde se indican las tareas, obligaciones, responsabilidades y requisitos exigidos que sirven para identificar y describir los diferentes cargos de la organización, agrupando los similares bajo títulos comunes (Anexo 2).
- ✓ La encuesta, la misma que permitió obtener información sobre la percepción que tienen el trabajador respecto al riesgo al cual se encuentra expuesto (Anexo 3) (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).



### 3.1.3. Etapa 3: Mediciones

#### Selección de instrumentos

Para la realización del presente estudio se utilizó un sonómetro integrador, el mismo que se encuentra calibrado para garantizar la fiabilidad de las mediciones (Anexos 4).

La calibración del equipo y la metodología de medición se realizarán según lo indicado en los numerales 12.2 y 12.4 de la Norma INEN).

### 3.1.4. Etapa 4: Tratamiento de errores e incertidumbre

El cálculo de la incertidumbre presentada durante la realización de la medición se detalla en el numeral 14 de la normativa, la cual se aplica en la Etapa 5.

### 3.1.5. Etapa 5: Cálculos de la incertidumbre y presentación de resultados

El cálculo de la incertidumbre y la presentación de resultados (informe final) están descritos en los numerales 14 y 15.

## 3.2. Población

Tabla 3.2  
Población de estudio

Área	Universo
Talleres de Mecánica	Docentes: 4 Auxiliares de Laboratorio: 2
Laboratorio de Suelos	Administrativos: 1 Auxiliares de Laboratorio: 5

Fuente: Autora



### 3.3. Muestra

Para el presente estudio se trabajara con toda la población

### 3.4. Herramientas e instrumentos

Sonómetro

Modelo: 172 A marca: CIRRUS (UK)

Calibrador Acústico

CR:514 & CR:515

Kit de medición Sonómetro Cirrus Red



Figura 3.1.

Fuente: Ficha Técnica Sonómetro Cirrus Red

### 3.5. Hipótesis

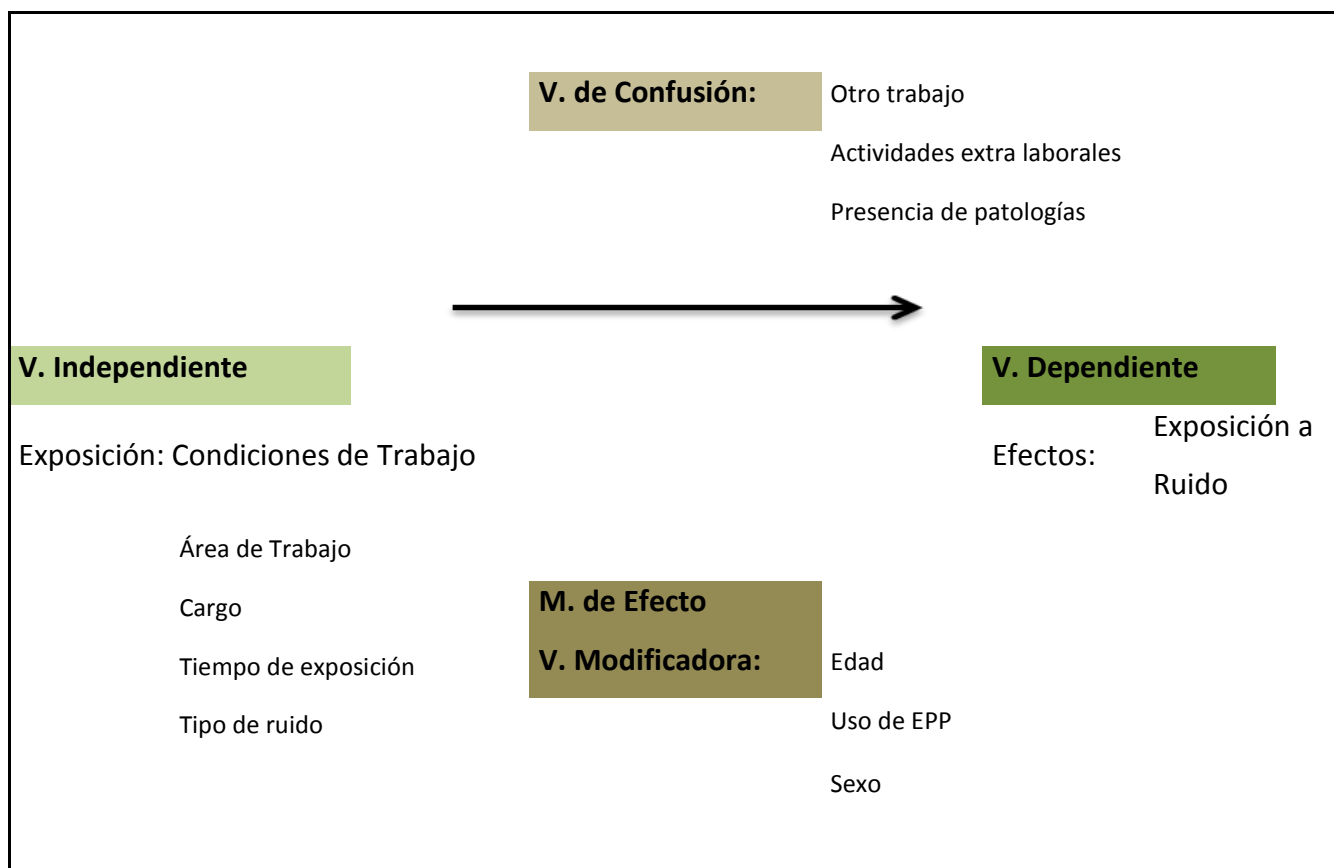
Los trabajadores del Laboratorio de Suelos y los Talleres de Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, están expuestos a niveles de ruido en los rangos de las frecuencias conversacionales que van desde 500 a 3000 Hz.

### 3.6. Sistema de variables

Variable independiente: Condiciones de Trabajo

Variable dependiente: Exposición a Ruido

Tabla 3.3.  
Determinación de las Variables



Fuente: Autora

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Introducción**

A continuación se presente el análisis y evaluación de la medición del ruido, realizada en los Laboratorios de Suelo y los Talleres de Mecánica.

En primer lugar se hace un análisis del puesto de trabajo donde se describe las actividades, tareas y el tiempo de exposición al factor de riesgo.

Como segunda etapa se presenta los resultados de la encuesta que se realizó a los trabajadores, con preguntas orientadas a conocer su percepción en cuanto a la presencia de ruido en sus áreas de trabajo, y a continuación se detallan los valores de las mediciones, en bandas de octava, utilizando el sonómetro integrador promediador.

Como parte final se evalúa el riesgo laboral por ruido en las áreas de estudio; y se detalla el control existente que tienen para minimizar el impacto del ruido.

#### **4.2. Análisis del Trabajo**

##### **4.2.1. Descripción de las actividades y funciones de los trabajadores**

Para el levantamiento de la información de actividades y funciones se realizó una entrevista con los trabajadores, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 4.1.

Actividades y tareas del personal Laboratorio de Suelos

Puesto	Actividad	Tareas	Riesgo	Personal expuesto	
				Hombre	Mujer
Auxiliar 1 de Laboratorio y administrativo	Abrasión	Recepción de material	Ergonómico	2	
		Selección de material	Ergonómico	2	
		Preparación de material	Ergonómico	2	
		<b>Realización del ensayo de abrasión</b>	<b>Ruido Mecánico</b>	2	
		Toma de datos			
	Compresión de adoquines	Recepción de material	Ergonómico	2	1
		Selección de material	Ergonómico	2	1
		Preparación de material	Ergonómico	2	1
		<b>Realización del ensayo</b>	<b>Ruido Mecánico</b>	2	1
		Toma de datos			
		Botar los escombros	Ergonómico	2	1
	Compresión de cilindros	Recepción de material	Ergonómico	2	
		Selección de material	Ergonómico	2	
		Preparación de material	Ergonómico	2	
		<b>Realización del ensayo</b>	<b>Ruido Mecánico</b>	2	
		Toma de datos			
		Botar los escombros	Ergonómico		

## CONTINUACION

Puesto	Actividad	Tareas	Riesgo	Personal expuesto	
				Hombre	Mujer
Auxiliar 1 de Laboratorio y Administrativo	Granulometría	Recepción de material	Ergonómico	2	
		Selección de material	Ergonómico	2	
		Preparación de material	Ergonómico	2	
		<b>Realización del ensayo</b>	<b>Ruido Mecánico</b>	2	
		Toma de datos			
	Compactación	Recepción de material	Ergonómico	2	1
		Selección de material	Ergonómico	2	1
		Preparación de material	Ergonómico	2	1
		<b>Realización del ensayo</b>	<b>Ruido Mecánico</b>	2	1
		Toma de datos			
	Toma de densidades	Trasladar el equipo a campo	Ergonómico	1	
		Realizar el ensayo de densidades	Radiación ionizante	1	
		Tomar los datos			
		Regresar a laboratorio para análisis			
	Ensayo de asfalto	Ir a campo para toma de muestras	Ergonómico	1	
		Alistar muestras para ensayo	Ergonómico	1	
		<b>Realización de ensayo</b>	<b>Ruido Mecánico</b>	1	
		Toma de datos			

Fuente: Personal del Laboratorio de Suelos

Tabla 4.2.  
Actividades y tareas del personal Talleres de Mecánica

Item	Puesto	Actividad	Tareas	Riesgo	Personal expuesto	
					Hombre	Mujer
1	Docente	Clases en aula	Preparación de la clase	Ergonómico	4	
			Impartir la clase	Ergonómico	4	
			Revisión de pruebas y trabajos	Ergonómico	4	
			Entrega de notas		4	
		Clases en talleres	Preparación de la clase	Ergonómico	4	
			<b>Impartir la clase en talleres</b>	<b>Ergonómico Mecánico Ruido</b>	4	
			Revisión de pruebas y trabajos	Ergonómico	4	
			Entrega de notas	Ergonómico	4	
2	Auxiliar 1 de Laboratorio	Clases en talleres	Preparación de la clase	Ergonómico	2	
			<b>Impartir la clase en talleres</b>	<b>Ergonómico Mecánico Ruido</b>	2	
			Revisión de pruebas y trabajos	Ergonómico	2	
			Entrega de notas		2	

Fuente: Personal Talleres de Mecánica

#### 4.2.2. Duración de tarea

##### Laboratorio de Suelos

La realización de las actividades depende de las órdenes de trabajo que ingresen y del tipo de ensayo que requiera el cliente, el tiempo de exposición ha sido calculado de acuerdo a la información entregada por el trabajador.

Tabla 4.3  
Tiempo de exposición a ruido por tarea personal Lab. de Suelos

Item	Tareas	Duración del ensayo (min)
1	Ensayo de abrasión	15
2	Ensayo de granulometría	5
3	Ensayo compresión de cilindros	5
4	Ensayo compresión de adoquines	5
5	Ensayo de compactación	45
6	Ensayo de asfalto	60

Fuente: Trabajadores Laboratorio de Suelos

### Talleres de Mecánica

En esta área el tiempo de exposición depende del horario de clases que se tengan establecidos.

Tabla 4.4  
Horario de clases en Talleres de Mecánica

Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
10:00						Soldadura, Fundición y Torno Alumnos 3° y 4° Nivel	
11:00							
12:00							
13:00							
16:00			Torno Fresa Alumnos 3° Nivel				
17:00							
18:00							
19:00		Torno y Fresa Alumnos 3° Nivel			Torno y Fresa Alumnos 4° Nivel	Torno y Fresa Alumnos 4° Nivel	
20:00							
21:00							

Fuente: Trabajadores Talleres de Mecánica

Tabla 4.5  
Tiempo de exposición personal Talleres de Mecánica

Item	Tareas	Duración de la clase práctica (horas)
1	Clases prácticas torno	4
2	Clases prácticas fresadora	4
3	Clases prácticas fundición	4
4	Clases prácticas soldadura	4

Fuente: Trabajadores Talleres de Mecánica

### 4.2.3. Análisis de Encuestas

De la encuesta realizada a los trabajadores de las dos áreas en estudio se obtienen los siguientes resultados

#### 1. DATOS GENERALES:

Pregunta 1.1. Sexo

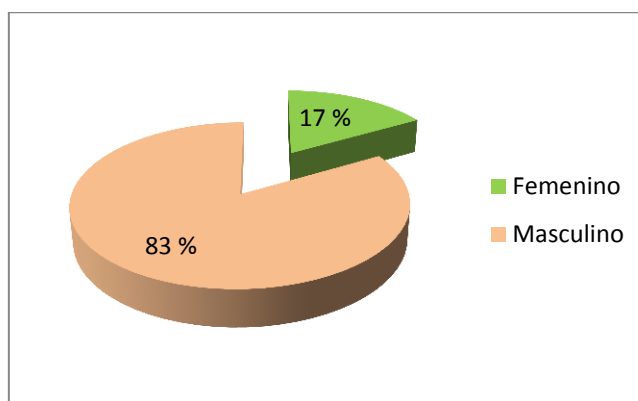


Figura 4.1.

Fuente: Encuesta Personal de Laboratorio de Suelos y Talleres de Mecánica

- ✓ El 17% del personal encuestado es del sexo femenino, mientras que el 83% es masculino



## Pregunta 1.2. Edad

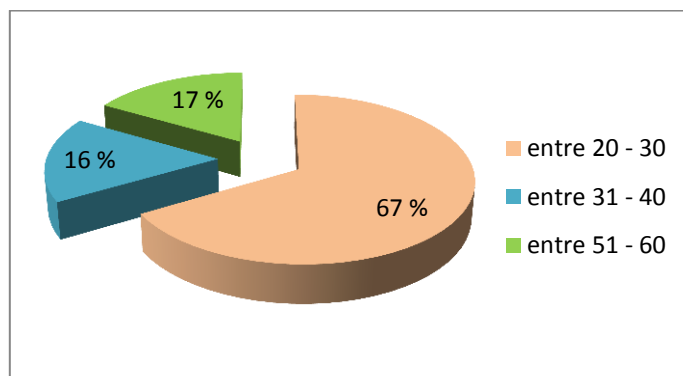


Figura 4.2.

Fuente: Encuesta Personal de Laboratorio de Suelos y Talleres de Mecánica

- ✓ El 67% del personal encuestado está entre los 20 a 30 años de edad, es decir que es una población joven, mientras que el 33% su edad fluctúa entre los 31 y 60 años.

## 2. CONDICIONES DE TRABAJO: Entre los datos más relevantes se obtuvieron

## Pregunta 2.4. Años de Trabajo

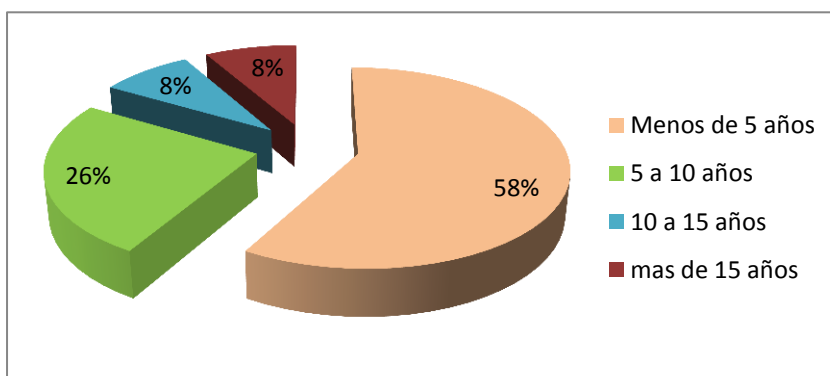


Figura 4.3.

Fuente: Encuesta Personal de Laboratorio de Suelos y Talleres de Mecánica

- ✓ El 58% de los encuestados manifiesta estar trabajando en la Institución menos de 5 años, es decir que el personal es relativamente nuevo, mientras que el 42% indica haber trabajado de 5 a 15 años.

Pregunta 2.5. Horas semanales de exposición

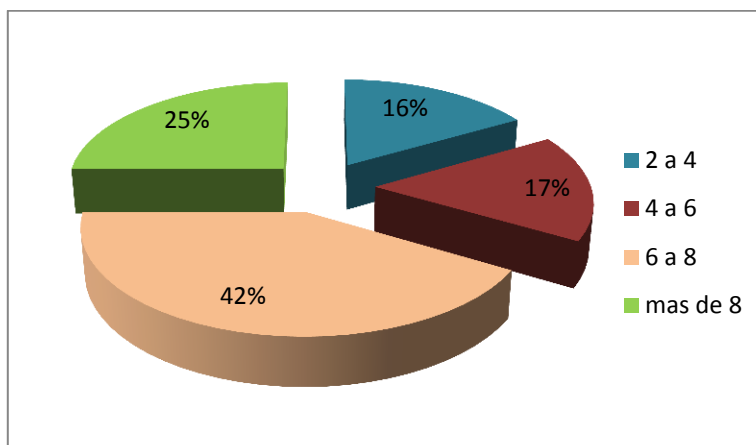


Figura 4.4.  
Fuente: Encuesta Personal de Laboratorio de Suelos

- ✓ El 75% de los colaboradores indican que el tiempo de exposición semanal a ruido es menor a 8 horas, mientras que apenas el 25% señala que está expuesto a más de 8 horas semanales.

Pregunta 2.6. Equipo de Protección Personal

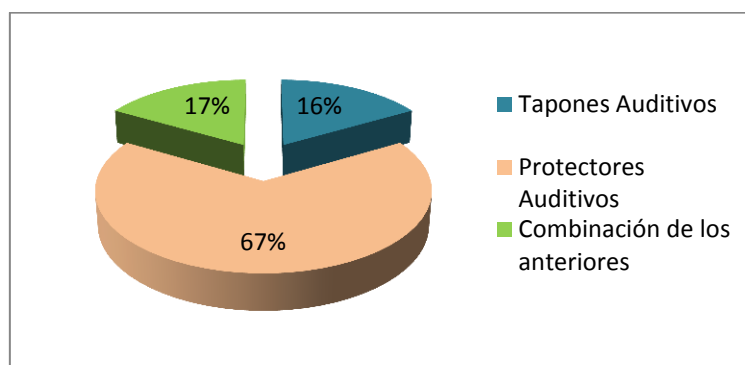


Figura 4.5.  
Fuente: Encuesta Personal de Laboratorio de Suelos y Talleres de Mecánica

- ✓ El 100% de la muestra manifiesta que utiliza algún tipo de EPP para las actividades que implican exposición a ruido.

Pregunta 2.7. Pausas de trabajo

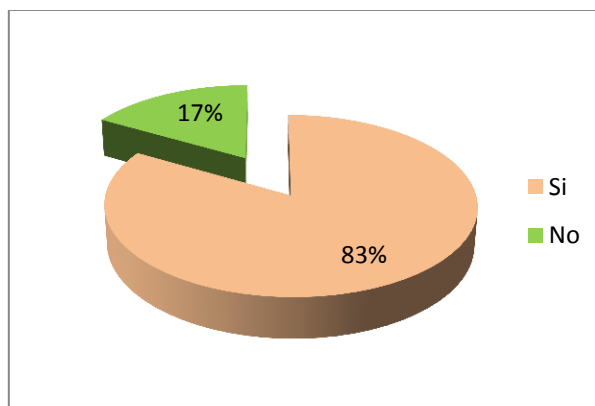


Figura 4.6.

Fuente: Encuesta Personal de Laboratorio de Suelos y Talleres de Mecánica

✓ El 83% de la muestra indica que si realiza pausas durante las actividades que tienen presencia de ruido, mientras que el 17 % no realiza ningún tipo de pausa.

Pregunta 2.8. Duración de las pausas de trabajo

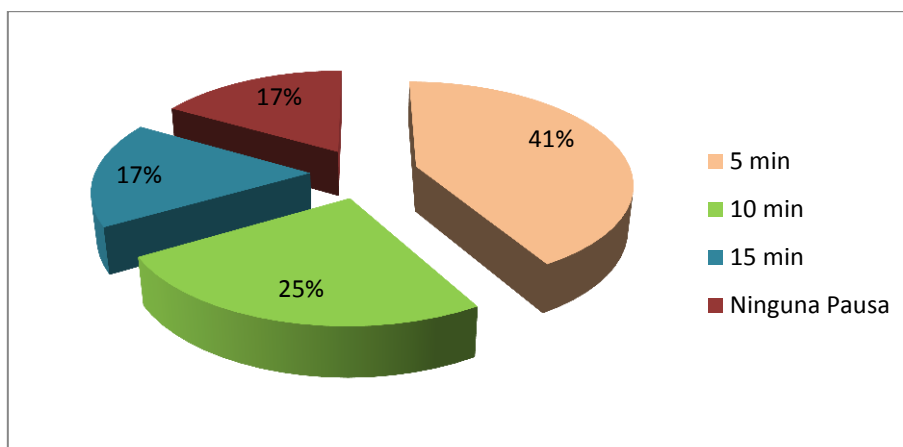


Figura 4.7.

Fuente: Encuesta Personal de Laboratorio de Suelos y Talleres de Mecánica

✓ El 83% de las personas encuestadas realizan pausas que van entre los 5 a 15 minutos, mientras que el 17% no dedica tiempo a la realización de una pausa.

### 3. CARACTERISTICAS DEL RUIDO:

De la pregunta 3.1 donde se solicita identificar el tipo de ruido que está presente en el área, el 100% de los encuestados indican que hay presencia de por lo menos un tipo de ruido o combinación de ellos.

Tabla 4.6.  
Pregunta 3.1. Tipo de Ruido

Constante y Continuo	Porcentaje (%)
Si	41,7
No	58,3
<b>Total</b>	<b>100</b>
Fluctuante	Porcentaje (%)
Si	41,7
No	58,3
<b>Total</b>	<b>100</b>
Intermitente	Porcentaje (%)
Si	58,3
No	41,7
<b>Total</b>	<b>100</b>
Impacto	Porcentaje (%)
Si	58,3
No	41,7
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente: Encuesta Personal de Laboratorio de Suelos y Talleres de Mecánica

#### Pregunta 3.2 Percepción del nivel de ruido

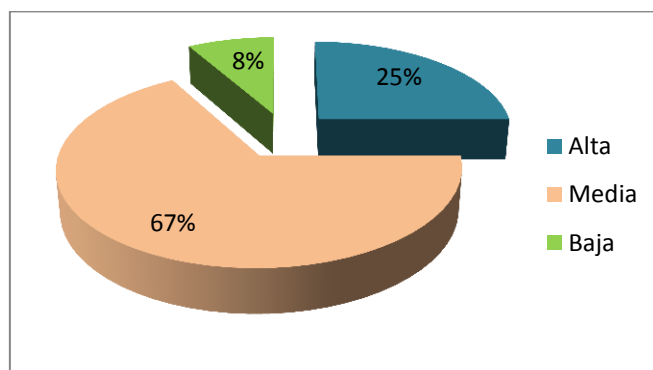


Figura 4.8.

Fuente: Encuesta Personal de Laboratorio de Suelos y Talleres de Mecánica

- ✓ El 67% de la población indica que su percepción del nivel de ruido es media, el 25% percibe el ruido con un nivel alto y apenas el 8% manifiesta que el ruido es bajo.

#### 4. INFORMACION ADICIONAL:

Tabla 4.7.  
Preguntas 4.1, 4.2 y 4.3 de la encuesta

Actividad Extra Laboral	Porcentaje (%)
Si	42
No	58
<b>Total</b>	<b>100</b>

Exposición a Ruido Extra Laboral	Porcentaje (%)
Si	25
No	75
<b>Total</b>	<b>100</b>

Nivel del Ruido Extra Laboral	Porcentaje (%)
Media	25
Ninguna	75
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente: Encuesta Personal de Laboratorio de Suelos y Talleres de Mecánica

- ✓ De las preguntas 4.1, 4.2 y 4.3 se puede indicar que el 42% de los encuestados realizan otra actividad fuera de las instalaciones de la Universidad, el 25% de ellos indica que esta actividad implica exposición a ruido y de este porcentaje la cuarta parte manifiesta que su percepción del nivel de ruido es media.
- ✓ En la pregunta 4.4. donde se solicita que señalen si ha tenido alguna sintomatología por la exposición a ruido, en la tabla 4.6. se ubica de mayor a menor prevalencia lo indicado por los encuestados.

Tabla 4.8  
Prevalencia de sintomatología por exposición a ruido

<b>Cefalea</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Si	58,3
No	41,7
<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Elevar el volumen de la Tv</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Si	50
No	50
<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Zumbidos</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Si	50
No	50
<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Dificultad para la comunicación oral</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Si	41,7
No	58,3
<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Fatiga</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Si	33,3
No	66,7
<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Irritabilidad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Si	25
No	75
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente: Encuesta Personal de Laboratorio de Suelos y Talleres de Mecánica

#### 4.2.4. Inspección de las Áreas

Se realizó una inspección a las áreas para conocer la infraestructura y la ubicación de los equipos.

Parte externa - Laboratorio de Suelos



Figura 4.9

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana - Laboratorio de Suelos

Recepción - Laboratorios de Suelos

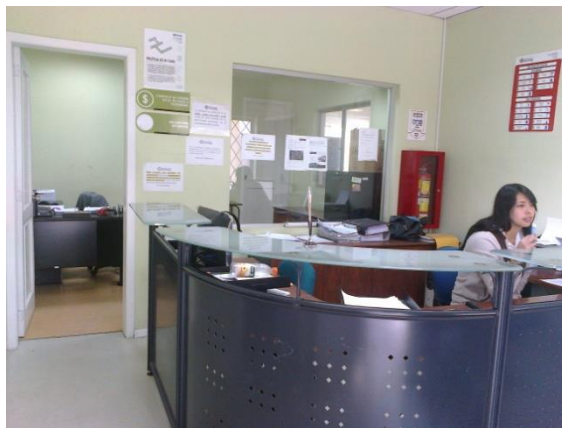


Figura 4.10

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana - Laboratorio de Suelos

## Abrasión y Granulometría - Laboratorios de Suelos



Figura 4.11

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana - Laboratorio de Suelos



### Compresión - Laboratorios de Suelos



Figura 4.12

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana - Laboratorio de Suelos

### Compactación - Laboratorios de Suelos



Figura 4.13

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana - Laboratorio de Suelos

## Tornos y Fresadoras – Talleres de Mecánica



Figura 4.14

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana - Talleres de Mecánica

#### 4.2.5. Principales fuentes de ruido




Durante la realización de la inspección a las áreas en estudio se determinaron las siguientes fuentes principales de ruido (Anexo 5):

#### Laboratorio de suelos

Tabla 4.9.  
Fuentes de ruido Laboratorio de Suelos

Item	Nombre	Marca	Modelo	Foto	Cantidad	Estado
1	Máquina de los Ángeles	Ele International	42-5305/06		1	Regular
2	Prensa Tracción – Compresión 1000 Kn, Dial Analógico	Ele International	88075/2006		1	Buena

## CONTINUACION

Item	Nombre	Marca	Modelo	Foto	Cantidad	Estado
3	Prensa Compresión Dial Digital 3000 Kn	Ele International	36-3088/06		1	Buena
4	Gilson Testing Screens	Gilson Company, Inc.	TS-2		1	Buena
5	Martillo Compactador Manual				2	Bueno

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana - Laboratorio de Suelos

## Localización de maquinarias en el Laboratorio de Suelos

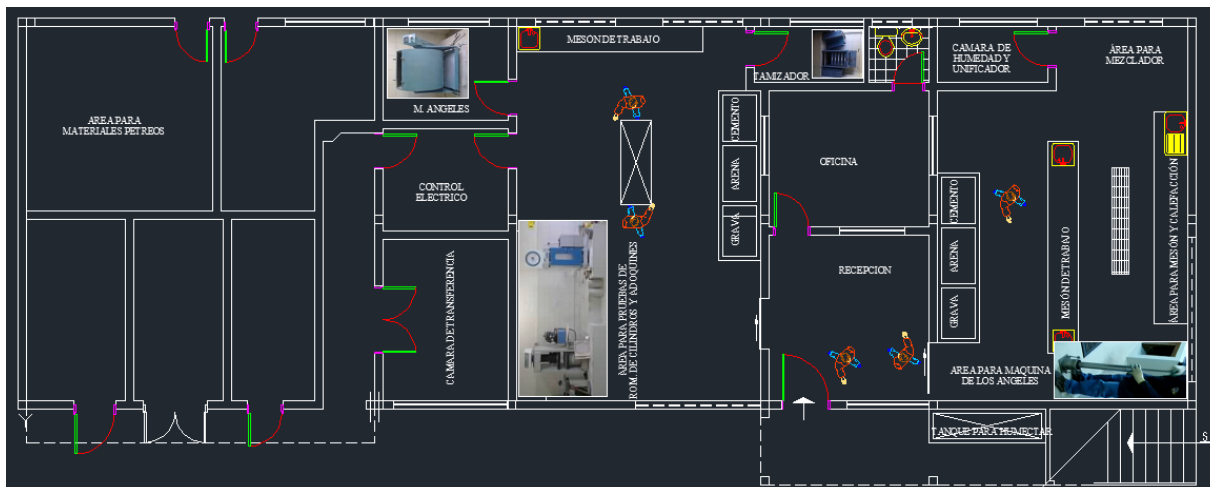



Figura 4.15

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana - Laboratorio de Suelos

## Talleres de Mecánica

Tabla 4.10

Fuentes de ruido Talleres de Mecánica

Item	Nombre	Marca	Modelo	Foto	Cantidad	Estado
1	Fresadora	EASTAR	Universal Milling Machine UM-1		14	Malo

## CONTINUACION

Item	Nombre	Marca	Modelo	Foto	Cantidad	Estado
2	Torno High Speed Precision Lathe	LEADWELL	88075/2006		24	Malo
3	Horno de Fundición				1	Regular
4	Soldadoras				5	Regular

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana - Talleres de Mecánica

Localización de maquinarias en el Taller de Mecánica



Figura 4.16.

Fuente: Fuente: Universidad Politécnica Salesiana - Talleres de Mecánica

### 4.3. Selección de la estrategia

Debido a que el número de tareas de las dos áreas está limitado y bien definido, se realizó las mediciones basadas en la tarea.

### 4.4. Mediciones

De acuerdo a la metodología seleccionada se realizaron tres mediciones por cada tarea, en la tabla 4.9, se detallan los datos obtenidos. Anexo 6.

Tabla 4.11

Datos de las mediciones de nivel de ruido de las áreas en estudio

Área	Tarea	PRIMERA MEDICION		SEGUNDA MEDICION		TERCERA MEDICION	
		LAeq	Lex 8h	LAeq	Lex 8h	LAeq	Lex 8h
Lab. Suelos	Compactación	85,65	67,05	85,03	71,72	86,22	67,22
	Compresión	85,45	72,12	86,13	72,69	85,75	72,37
	Granulometría	96,64	67,23	97,38	67,74	95,24	66,26
	Abrasión	87,81	73,02	85,23	70,87	87,32	72,61
	Asfaltos	72,4	62,22	73,86	63,47	72,63	62,42
Talleres Mecánica	Fresadora	71,35	57,83	74,86	64,07	74,78	64,19
	Soldadura	75,4	62,2	73,23	60,41	75,82	62,55
	Torno	76,22	66,79	78,86	71,53	75,42	66,4
	Fundición	77,92	69,25	76,34	67,85	77,2	68,61

Fuente: Mediciones Sonómetro

### 4.5. Tratamiento de errores

Las observaciones durante las mediciones mostraron que no existe un riesgo significativo de cometer errores de medición.

### 4.6. Cálculo y presentación de los resultados

#### 4.6.1. Cálculo del nivel de exposición al ruido diario ponderado A.

El nivel de ruido de cada tarea se calcula utilizando la ecuación:

$$L_{p,A,eqT,m} = 10 \cdot \lg \left( \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1xL_{p,A,eq,T,mi}} \right) \text{dB} \quad (4.1)$$

Donde:

$L_{p,A,eqT,mi}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A durante una tarea de duración  $T_m$ .

$i$  es el número de una muestra de la tarea  $m$ .

$I$  es el número total de muestras de la tarea  $m$ .

Tabla 4.12  
Cálculo de nivel de exposición al ruido diario ponderado A

Área	Tarea	nivel de exposición al ruido diario ponderado A
		$L_{p,A,eqT}$
Lab. Suelos	Compactación	85,66
	Compresión	85,79
	Granulometría	96,51
	Abrasión	86,92
	Asfaltos	73,01
Talleres Mecánica	Fresadora	73,94
	Soldadura	74,96
	Torno	77,09
	Fundición	77,20

Fuente: Mediciones – NTE INEN-ISO 9612

#### 4.6.2. Cálculo de la contribución de cada tarea al nivel de exposición al ruido diario.

La contribución de cada tarea al nivel de exposición al ruido diario se calcula utilizando la ecuación:

$$L_{EX,8h,m} = L_{p,A,eqT,m} + 10 \cdot \log\left(\frac{T_m}{T_0}\right) \text{dB} \quad (4.2)$$



Donde:

$L_{p,A,eqT,m}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A durante

una tarea de duración  $T_m$ .

$T_m$  es la media aritmética de la duración de la tarea  $m$ ,

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

#### 4.6.3. Cálculo del nivel de exposición al ruido ponderado A, a partir de la contribución al ruido de cada una de las tareas.

El nivel de exposición al ruido ponderado A, a partir de la contribución al ruido de cada una de las tareas utilizando la ecuación:

$$L_{EX,8h}=10*\log\left(\sum_{m=1}^M 10^{0,1xL_{EX,8h,m}}\right) \text{ dB} \quad (4.3)$$

Donde:

$L_{EX,8h,m}$  es el nivel de exposición sonora ponderado A de la tarea  $m$  que contribuye al nivel de exposición al ruido diario;

$m$  es el número de la tarea;

$M$  es el número total de tareas que contribuyen al nivel de exposición al ruido diario.

En las tablas siguientes se detallan los valores de  $L_{EX,8h,m}$  y  $L_{EX,8h}$  para cada colaborador de las áreas en estudio.

### Laboratorio de Suelos

Datos adicionales:

- ✓ Para las tareas que no implican exposición a ruido se midió un valor de 75 dB
- ✓ La incertidumbre para las tareas del Lab. de Suelos será de 0,125 h

## Colaborador #1

Tabla 4.13

Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #1

Item	Tareas	Duración del ensayo (min)	# ensayos diarios promedio	Duración tarea (h)*	Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A
					$L_{EX,8h,m}$ dB
1	Ensayo de abrasión	15	4	1,1	78,40
2	Ensayo de granulometría	5	6	0,6	85,44
3	Ensayo compresión de cilindros y adoquines	7	40	4,8	83,43
4	Administrativas y pausas			1	67,51
$L_{EX,8h}$ dB					<b>88,10</b>
*La duración de la tarea ya incluye la incertidumbre					

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

## Colaborador #2

Tabla 4.14

Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #2

Item	Tarea	Duración del ensayo (min)	# ensayos diarios promedio	Duración tarea (h)*	Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A
					$L_{EX,8h,m}$ dB
1	Ensayo compactación	45	4	3,13	81,58
2	Ensayo compresión de cilindros y adoquines	15	10	2,63	80,95
3	Ensayo de granulometría	5	2	0,29	82,13
4	Administrativas, pausas y otros ensayos			1,95	68,87
$L_{EX,8h}$ dB					<b>86,42</b>
*La duración de la tarea ya incluye la incertidumbre					

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

## Colaborador # 3

Tabla 4.15  
Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #3

Item	Tarea	Duración del ensayo (min)	# ensayos diarios promedio	Duración tarea (h)*	Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A
					$L_{EX,8h,m}$ dB
1	Ensayo compactación	45	4	3,00	81,40
2	Ensayo compresión de cilindros y adoquines	15	5	1,25	77,72
3	Administrativas, pausas y otros ensayos			1,83	68,59
$L_{EX,8h}$ dB					<b>83,11</b>
*La duración de la tarea ya incluye la incertidumbre					

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

## Colaborador # 4

Tabla 4.16  
Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #4

Item	Tarea	Duración del ensayo (min)	# ensayos diarios promedio	Duración tarea (h)*	Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A
					$L_{EX,8h,m}$ dB
1	Ensayo asfaltos	90	3	4,75	70,75
2	Administrativas, pausas y otros ensayos			1,83	68,59
$L_{EX,8h}$ dB					<b>72,81</b>
*La duración de la tarea ya incluye la incertidumbre					

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

## Colaboradores # 5 y 6

Tabla 4.17

Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A de los colaboradores #5 y 6

Item	Tarea	Duración del ensayo (min)	# ensayos diarios promedio	Duración tarea (h)*	Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A
					$L_{EX,8h,m}$ dB
1	Ensayo compactación	60	1	1,13	77,14
2	Ensayo compresión de cilindros y adoquines	15	5	1,38	78,14
3	Administrativas, pausas y otros ensayos			5,50	73,37
$L_{EX,8h}$ dB					<b>78,66</b>
<b>*La duración de la tarea ya incluye la incertidumbre</b>					

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

## Talleres de Mecánica

Datos adicionales:

- ✓ Para las tareas que no implican exposición a ruido se midió un valor de 75 dB
- ✓ No se considerará incertidumbre para las tareas de los Talleres de Mecánica.

## Colaborador # 1

Tabla 4.18

Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #1

Item	Tarea	Duración de la clase (min)	Duración Tarea (h)*	Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A
				$L_{EX,8h,m}$ dB
1	Clases fresadora	240	4	70,93
2	Clases en aula, administrativo y pausas	240	4	71,99
$L_{EX,8h}$ dB				<b>74,50</b>
<b>*La duración de la tarea ya incluye la incertidumbre</b>				

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

## Colaboradores # 2 y 3

Tabla 4.19

Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A de los colaboradores #2 y 3

Item	Tarea	Duración de la clase (min)	Duración Tarea (h)*	Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A
				$L_{EX,8h,m}$ dB
1	Clases torno	240	4	74,08
2	Clases en aula, administrativo y pausas	240	4	71,99
			$L_{EX,8h}$ dB	<b>76,17</b>
<b>*La duración de la tarea ya incluye la incertidumbre</b>				

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

## Colaboradores # 4 y 5

Tabla 4.20

Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A de los colaboradores #4 y 5

Item	Tarea	Duración de la clase (min)	Duración Tarea (h)*	Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A
				$L_{EX,8h,m}$ dB
1	Clases soldadura	240	4	71,95
2	Clases en aula, administrativo y pausas	240	4	71,99
			$L_{EX,8h}$ dB	<b>74,98</b>
<b>*La duración de la tarea ya incluye la incertidumbre</b>				

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

## Colaborador # 6

Tabla 4.21

Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A del colaborador #6

Item	Tarea	Duración de la clase (min)	Duración Tarea (h)*	Contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A
				$L_{EX,8h,m}$ dB
1	Clases fundición	240	4	74,19
2	Clases en aula, administrativo y pausas	240	4	71,99
$L_{EX,8h}$ dB				<b>76,24</b>
*La duración de la tarea ya incluye la incertidumbre				

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Una vez realizado el cálculo del nivel de exposición al ruido ponderado A, a partir de la contribución al ruido de cada una de las tareas, podemos determinar que colaboradores se encuentran expuestos a ruido que sobrepasa el límite permitido.

Tabla 4.22

Tabla de exposición a ruido Laboratorio de Suelos

Área	Colaborador	TAREAS					$L_{EX,8h}$ dB	TLV D.E. 2393 dB/8h
		Compac.	Compre.	Granu.	Abrasión	Asfaltos		
Lab. Suelos	1		x	x	x		88,10	85
	2	x	x	x			86,42	85
	3	x	x				83,11	85
	4					x	72,81	85
	5	x	x				78,66	85
	6	x	x				78,66	85

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Tabla 4.23  
Tabla de exposición a ruido Talleres de Mecánica

Area	Colaborador	TAREAS				L <sub>EX,8h</sub> dB	TLV D.E. 2393
		Fresado	Torno	Soldadura	Fundición		
Talleres de Mecánica	1	x				74,50	85
	2 y 3		x			76,17	85
	4 y 5			x		74,98	85
	6				x	76,24	85

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

#### 4.7. Evaluación de la Incertidumbre de Medición

De acuerdo a la Norma NTE INEN ISO 9612, la incertidumbre típica combinada para el nivel de exposición al ruido ponderado A  $L_{EX,8h}$ ,  $u(L_{EX,8h})$  se debe calcular, de acuerdo con la Guía ISO/TEC 98-3, a partir de los valores numéricos de las contribuciones a la incertidumbre,  $c_i u_i$ , como sigue:

$$u^2(L_{EX,8h}) = \left( \sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2] \right) \quad (4.4)$$

donde

$u_{1a,m}$  es la incertidumbre típica debido al muestreo del nivel de ruido de la tarea  $m$ ;

$u_{1b,m}$  es la incertidumbre típica debido a la estimación de la duración de la tarea  $m$ ;

$u_{2m}$  es la incertidumbre típica debido a los instrumentos utilizados para la tarea  $m$ ;

$u_3$  es la incertidumbre típica debido a la posición del micrófono;

$c_{1a,m}$  y  $c_{1b,m}$  son los coeficientes de sensibilidad correspondientes para la tarea  $m$ ;

$m$  es el número de tarea;

$M$  es el número total de tareas.

La incertidumbre expandida es  $U=1.65 \times u$ . (4.5)

Los valores de  $u_{2m}$  y  $u_3$ , corresponden a 1.5 para el instrumento y 1 para la posición del micrófono, respectivamente.

La incertidumbre típica,  $u_{1a,m}$  del nivel de ruido debida al muestreo de la tarea  $m$  viene dada por:

$$U_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[ \sum_{i=1}^I (L_{p,A,eqTml} - \bar{L}_{p,A,eqT,m})^2 \right]} \quad (4.6)$$

Donde:

$L_{p,A,eqT,m}$  es la media aritmética del nivel de presión sonora continuos equivalentes ponderados A para la tarea  $m$ ;

$i$  es el número de muestra de la tarea;

$I$  es el número de muestras de la tarea;

La incertidumbre típica,  $u_{1b,m}$  debido a la duración de la tarea  $m$ , se puede calcular a partir de las duraciones medidas de las mediciones independientes, como sigue:

$$U_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[ \sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]} \quad (4.7)$$

El coeficiente de sensibilidad asociados a la incertidumbre debido a muestreo del nivel de ruido, a la instrumentación y a la posición de la medición se calculan mediante las ecuaciones:

$$C_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} \mathbf{10}^{0.1x(L_{p,A,eqT,m} - L_{EX,8h})} \quad (4.8)$$



Donde:

$T_m$  duración de la tarea;

$T_0$  duración de referencia;  $T_0 = 8h$

$$C_{1b,m} = 4,34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m} \quad (4.9)$$

En la tabla 4.24 se muestran los valores de la incertidumbre típica combinada para los casos en los cuales la incertidumbre en la duración se excluye y cuando la incertidumbre en la duración se incluye.

Tabla 4.24  
Incertidumbre típica combinada e Incertidumbre expandida

			EXCLUYENDO LA INCERTIDUMBRE EN LA DURACIÓN		INCLUYENDO LA INCERTIDUMBRE EN LA DURACIÓN	
		TAREAS	INCERTIDUMBRE TÍPICA COMBINADA	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	INCERTIDUMBRE TÍPICA COMBINADA	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA
LABORATORIOS DE SUELO	COLABORADOR 1	Compresión	1,11	1,74	1,33	1,90
		Granulometría				
		Abrasión				
	COLABORADOR 2	Compactación	0,74	1,42	1,22	1,82
		Compresión				
		Granulometría				
	COLABORADOR 3	Compactación	1,63	2,11	1,66	2,13
		Compresión				
	COLABORADOR 4	Asfaltos	1,20	1,81	1,22	1,82
	COLABORADOR 5 Y 6	Compactación	3,45	3,07	3,69	3,17
Compresión						
TALLERES DE MECÁNICA	COLABORADOR 1	Fresadora	0,89	1,55	0,89	1,55
	COLABORADOR 2 Y 3	Torno	1,66	2,12	1,66	2,12
	COLABORADOR 4 Y 5	Soldadura	0,96	1,62	0,96	1,62
	COLABORADOR 6	Fundición	1,35	1,91	1,35	1,91

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica y Laboratorio de Suelos

## 4.7. Análisis de Bandas de Octava

### Laboratorio de Suelos

Tabla 4.25  
Bandas de Octava - Compactación

Corrección de frecuencia	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1
--------------------------	-----	-----	----	----	---	---	---	----

Lab. Suelos – Compactación										
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K
Nivel (dB) - 1 medición	69,6	64	72,9	73,6	73,5	69	83	80,3	66,9	57,6
Nivel (dB) - 2 medición	64,78	65,12	66,36	65,49	71,45	69,44	82,68	79,2	65,82	56,71
Nivel (dB) - 3 medición	67	64,5	70	69,8	71	70,43	82,98	80	65,49	57,32

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

### Bandas de Octava - Compactación

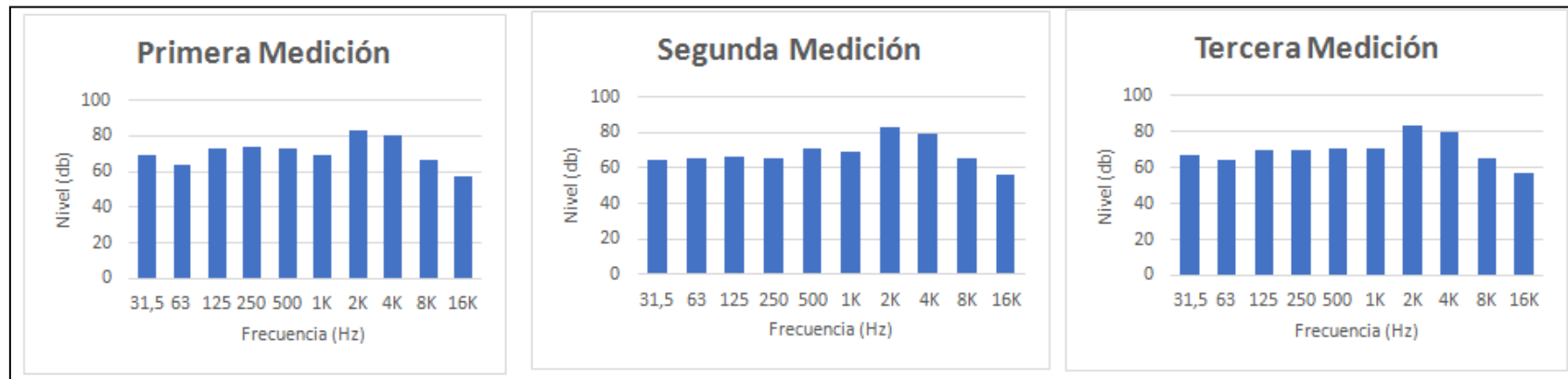


Figura 4.17

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Tabla 4.26  
Bandas de Octava – Compresión adoquines y cilindros

Corrección de frecuencia	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1
--------------------------	-----	-----	----	----	---	---	---	----

Lab. Suelos - Compresión adoquines y cilindros										
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K
Nivel (dB) - 1 medición	55,5	64,87	66,92	70,37	72,58	79,24	82,07	78,13	66,3	49,94
Nivel (dB) - 2 medición	52,34	65,25	67,9	69,1	70,56	81,9	83,89	76,12	65,9	51,89
Nivel (dB) - 3 medición	56,9	66,9	65,13	72,56	73,9	78	80,43	77,61	68,9	48,13

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Bandas de Octava – Compresión adoquines y cilindros

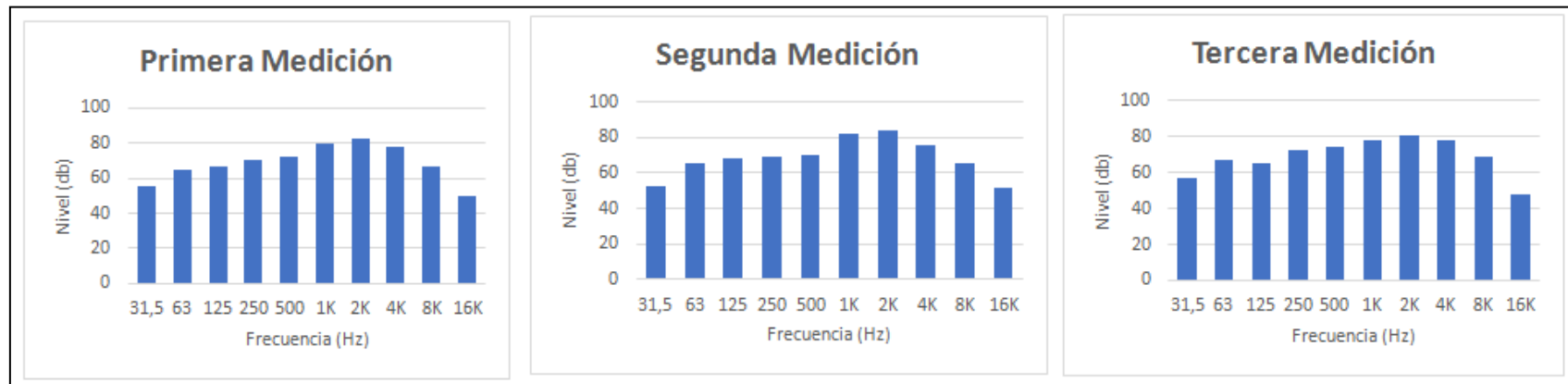


Figura 4.18

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Tabla 4.27  
Bandas de Octava – Granulado

Corrección de frecuencia	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1
--------------------------	-----	-----	----	----	---	---	---	----

Lab. Suelos - Granulado										
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K
Nivel (dB) - 1 medición	66,79	82,43	85,88	89,23	91,02	90,64	91,92	89,14	81,33	70,02
Nivel (dB) - 2 medición	68,56	80,34	87,35	91,89	89,42	92,7	92,89	88,34	83,5	73,98
Nivel (dB) - 3 medición	65,89	83	85,98	88	92,89	89,21	89,32	91,56	79,98	71,45

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Bandas de Octava – Granulado

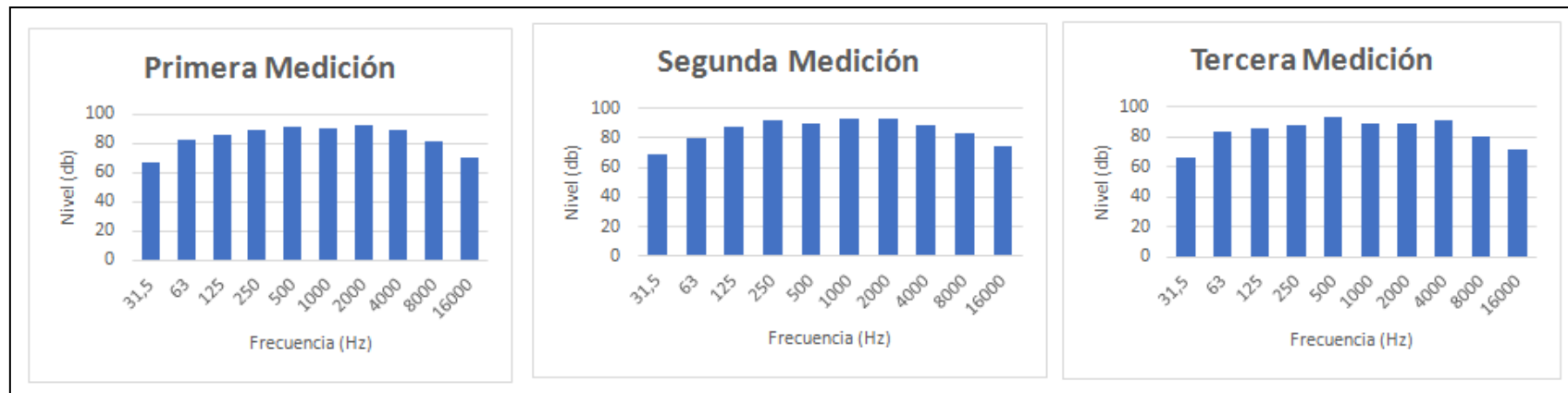


Figura 4.19  
Fuente: Laboratorio de Suelos

Tabla 4.28  
Bandas de Octava – Abrasión

Corrección de frecuencia	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1
--------------------------	-----	-----	----	----	---	---	---	----

Lab. de Suelos - Abrasión										
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K
Nivel (dB) - 1 medición	60,3	74,6	76,8	73,1	78	82,4	84	80,1	70,3	57,7
Nivel (dB) - 2 medición	61,1	75,2	77	73,8	78,8	81	84,8	79,1	71	57
Nivel (dB) - 3 medición	60,8	75	76	72,8	78,2	81,7	85	79,7	70,9	58,2

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Bandas de Octava – Abrasión

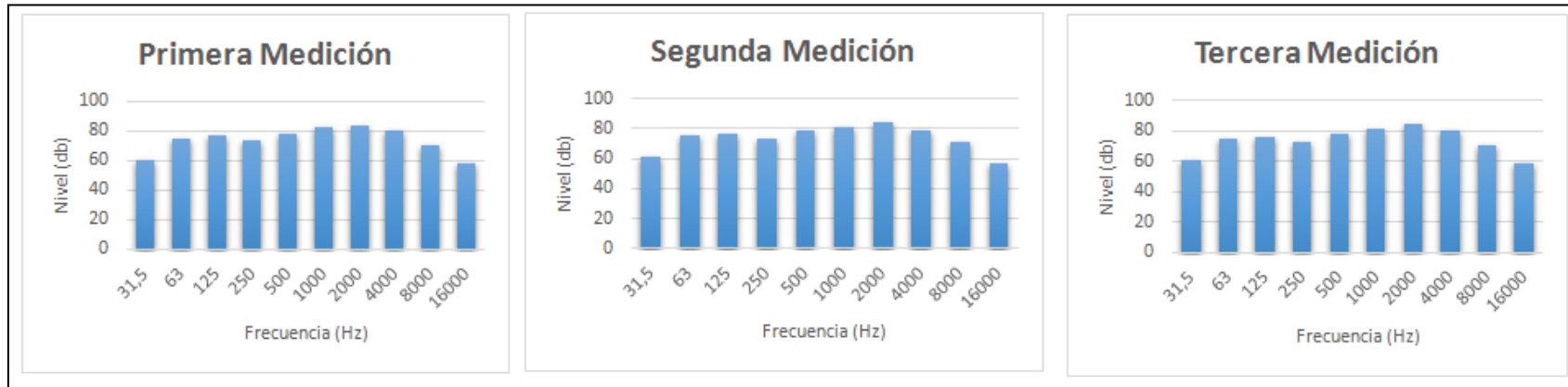


Figura 4.20  
Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Tabla 4.29  
Bandas de Octava – Asfalto

Corrección de frecuencia	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1
--------------------------	-----	-----	----	----	---	---	---	----

Lab. Suelos – Asfalto										
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K
Nivel (dB) - 1 medición	58,17	65,8	63,38	66,78	68,21	67,31	66,7	63,65	58,97	49,32
Nivel (dB) - 2 medición	61,56	66,89	65,38	69,45	70,32	68,98	67,98	60,98	60,56	52,9
Nivel (dB) - 3 medición	60,34	63,98	60,35	65,89	69,23	65,09	65,89	64,43	59,23	54,23

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Bandas de Octava – Asfalto

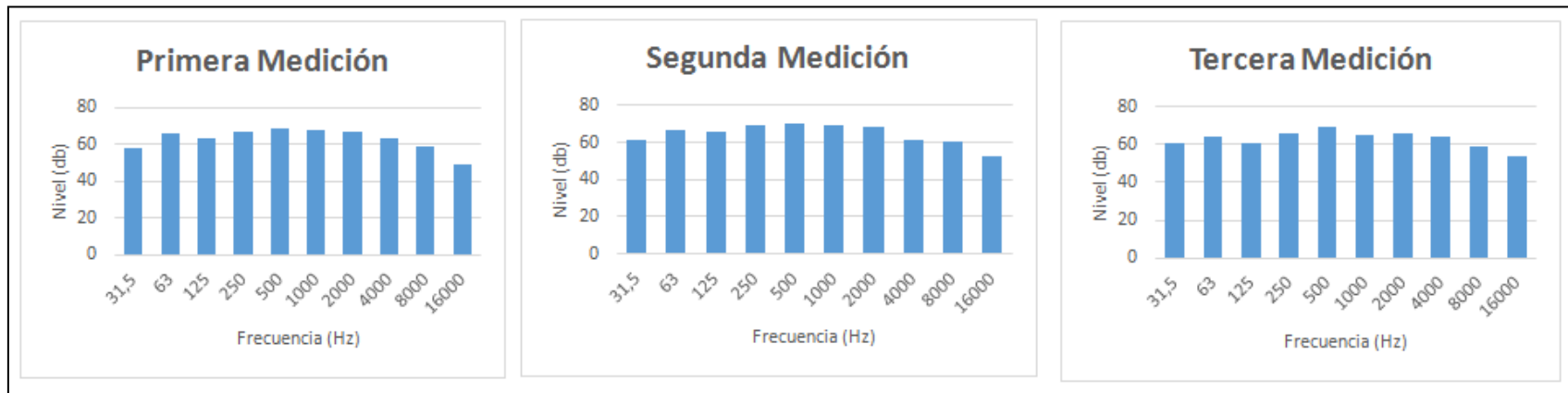


Figura 4.21  
Fuente: Laboratorio de Suelos

## Talleres de Mecánica

Tabla 4.30  
Bandas de Octava – Fresadora

Corrección de frecuencia	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1		
<b>Talleres Mecánica - Fresadora</b>										
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>31,5</b>	<b>63</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1K</b>	<b>2K</b>	<b>4K</b>	<b>8K</b>	<b>16K</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	57,55	59,23	58,5	68,44	69,87	66,9	63,89	58,89	52,61	41,73
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	58,93	56,12	61,58	69,61	72,65	71,14	66,9	63,51	59	43,8
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	59,71	55,95	60,97	71,91	73,77	71,07	65,46	58,66	50,69	39,44

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Bandas de Octava – Fresadora

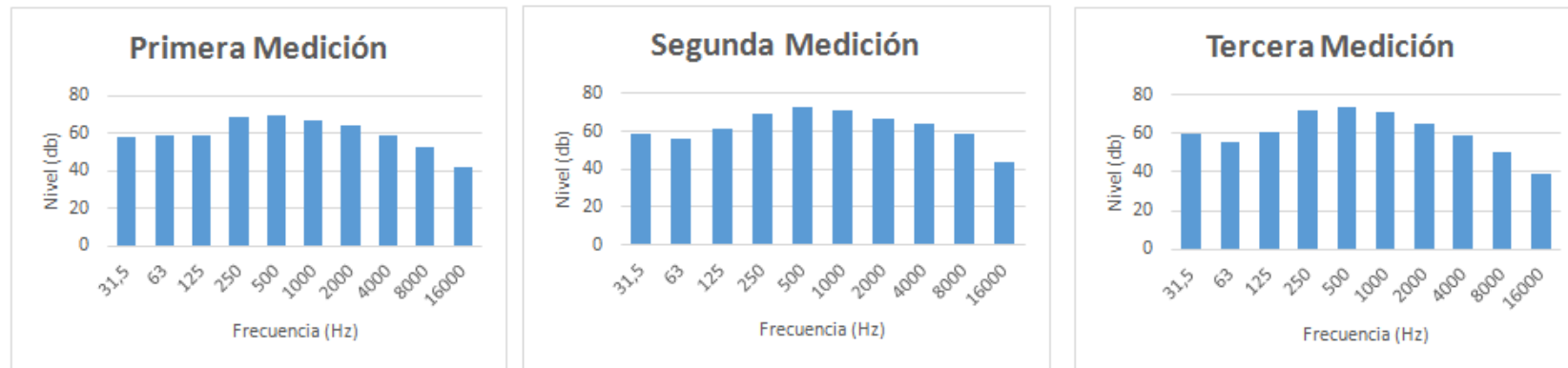


Figura 4.22

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica



Tabla 4.31  
Bandas de Octava – Torno

Corrección de frecuencia	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1			
<b>Talleres Mecánica - Torno</b>											
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>31,5</b>	<b>63</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1K</b>	<b>2K</b>	<b>4K</b>	<b>8K</b>	<b>16K</b>	
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	55,16	58,62	66,89	68,51	74,11	73,36	68,03	61,3	52,76	38,82	
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	59,01	59,51	68,1	69,59	75,56	77,06	69,84	62,37	53,77	41,76	
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	60,53	61,73	71,11	69,6	73,95	71,86	67,36	60,7	57,93	43,53	

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Bandas de Octava – Torno

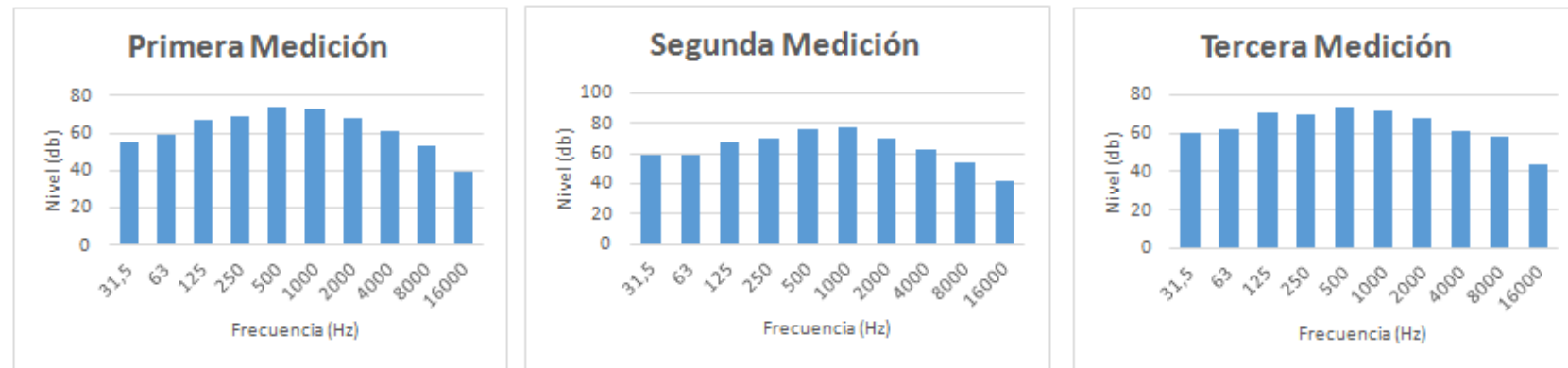


Figura 4.23  
Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Tabla 4.32  
Bandas de Octava – Soldadura

Corrección de frecuencia	-26	--16	-9	-3	0	1	1	-1		
<b>Talleres Mecánica – Soldadura</b>										
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>31,5</b>	<b>63</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1K</b>	<b>2K</b>	<b>4K</b>	<b>8K</b>	<b>16K</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	66,38	67,2	68,16	68,48	69,05	67,36	69,86	69,44	67,45	59,92
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	68,45	69,34	70,32	70	71,78	67	72,89	71,98	69	62,78
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	65	66,9	69,35	67,29	65,9	72,76	68,41	68,09	66,31	61,81

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Bandas de Octava – Soldadura

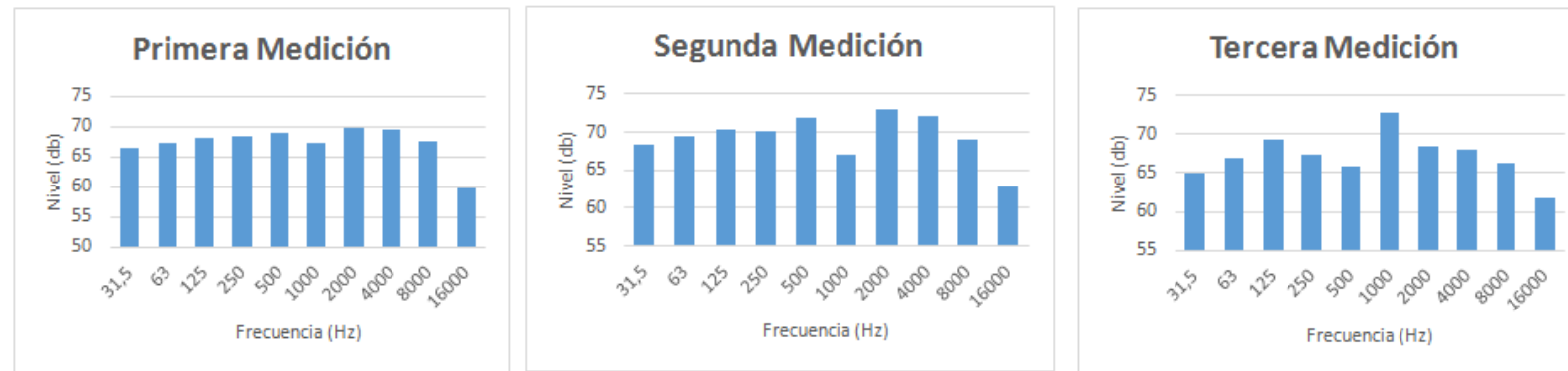


Figura 4.24

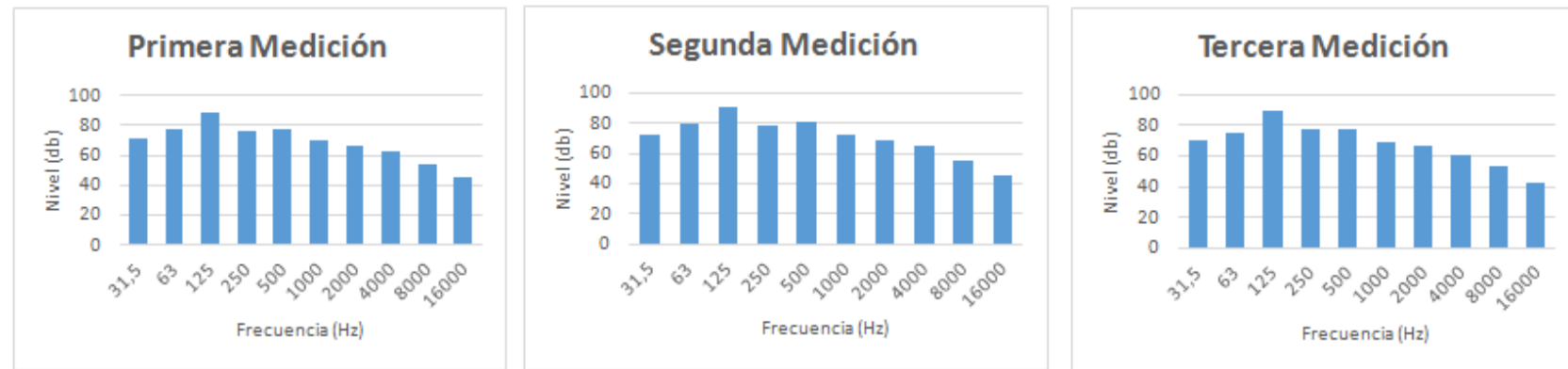
Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Tabla 4.33  
Bandas de Octava – Fundición

Corrección de frecuencia	-26	--16	-9	-3	0	1	1	-1			
<b>Talleres Mecánica – Fundición</b>											
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>31,5</b>	<b>63</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1K</b>	<b>2K</b>	<b>4K</b>	<b>8K</b>	<b>16K</b>	
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	71,51	77,79	88,74	76,01	77,84	70,43	66,61	62,93	54,19	44,96	
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	72,76	79,65	90,76	78,9	80,89	72,85	68,98	64,95	55,87	45,8	
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	69,87	74,98	89,43	77,65	78,09	69,56	66,29	60,4	53,98	42,89	

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Figura 4.25  
Bandas de Octava – Fundición



Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

A continuación se muestra el cuadro resumen donde se especifica las frecuencias en las cuales se encuentran expuestos los trabajadores de las áreas.

Tabla 4.34  
Frecuencias de exposición

Área	Tarea	Frecuencia comprometida (Hz)
Laboratorio de Suelos	Compactación	2000
	Compresión adoquines y cilindros	2000
	Granulado	2000
	Abrasión	2000
	Asfalto	125
Talleres de Mecánica	Fresadora	500
	Torno	500
	Soldadura	2000
	Fundición	125

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica y Laboratorio de Suelos

De los datos obtenidos podemos determinar que los trabajadores del Laboratorio de Suelos y los Talleres de Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, están expuestos a niveles de ruido en los rangos de las frecuencias conversacionales, específicamente entre los 500 y 2K Hz.

#### 4.8. Cálculo del Nivel Efectivo de Ruido

De acuerdo a los valores obtenidos de  $L_{EX,8h} dB$ , que se detallan en la tabla 4.20, podemos determinar que dos de los seis trabajadores del área de Laboratorio de Suelos, debido a las tareas que ejecutan, el nivel de exposición supera al límite permisible.

Los cuatro trabajadores restantes, si bien la exposición no supera el límite permisible se debe prevenir que su salud se vea afectada.

De igual manera en los Talleres de Mecánica de acuerdo a la tabla 4.21, ninguno de los trabajadores que realizan las actividades detalladas se encuentran expuestos a niveles superiores al estándar.

De acuerdo a la ley, se debe actuar en primera instancia sobre la fuente, después sobre el medio y como último recurso sobre el propio trabajador equipándolo de EPP.

Para poder establecer el uso y tipo de protección auditiva, se realizará el proceso de análisis de incidencia del nivel de ruido mediante el uso de este EPP, para lo cual se aplicara el concepto de cálculo del Nivel Efectivo (Nef) de ruido al que estará expuesto el trabajador sin EPP, y mediante el uso de tapones y protectores auditivos.

Primero se deberá definir el tipo de protector que se propone para dicha situación, ello permitirá introducir en el cálculo, el factor de atenuación correspondiente a cada nivel de evaluación para ese equipo (los valores de atenuación son específicos de cada producto, como de cada fabricante), para lo cual se han elegido los siguientes EPP's

Los EPP's seleccionados son tapones auditivos y orejeras, cuyas atenuaciones en bandas de octava se encuentran indicadas en las figuras 4.26 y 4.27.

## EPP 1: Tapones auditivos y Atenuación por Octava de Banda



Modelo	Frec. (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	SNR
Ultrafit	Atenuac. dB	29,2	29,4	29,4	32,2	32,3	36,1	44,3	44,8	32 dB
	Desv. Est. dB	6,0	7,4	6,6	5,3	5,0	3,2	6,0	6,4	

Figura 4.26

## EPP 2: Orejeras y Atenuación por Octava de Banda



INFORMACIÓN DE ATENUACIÓN POR OCTAVA DE BANDA (dB)											ANSI S3.19-1974	
Código de Producto	Descripción	NRR	Frecuencia Hz	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000
H10A	Protector auditivo tipo orejera con banda superior	30	Media	21.0	26.0	36.6	40.6	38.0	41.8	42.7	41.7	41.3
			Desviación Estándar	1.9	2.3	2.3	2.4	2.5	2.7	1.8	2.1	2.5

Figura 4.27

En las tablas siguientes se puede apreciar la atenuación del ruido en Bandas de Octava, de acuerdo al tipo de protector auditivo seleccionado para la tarea.

Tabla 4.35  
Nivel efectivo de Ruido – Compactación

Corrección de frecuencia	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1			
<b>Lab. Suelos – Compactación</b>											
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	Nef
Sin atenuación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sin EPP
Nivel (dB) - 1 medición	69,6	64	72,9	73,6	73,5	69	83	80,3	66,9	57,6	86,15
Nivel (dB) - 2 medición	64,78	65,12	66,36	65,49	71,45	69,44	82,68	79,2	65,82	56,71	85,53
Nivel (dB) - 3 medición	67	64,5	70	69,8	71	70,43	82,98	80	65,49	57,32	85,99
Atenuación de EPP(1)	0	29,2	29,4	29,4	32,2	32,3	36,1	44,3	44,8	0	EPP (1)
Nivel (dB) - 1 medición - EPP (1)	69,6	34,8	43,5	44,2	41,3	36,7	46,9	36	22,1	57,6	49,14
Nivel (dB) - 2 medición - EPP (1)	64,78	35,92	36,96	36,09	39,25	37,14	46,58	34,9	21,02	56,71	48,53
Nivel (dB) - 3 medición - EPP (1)	67	35,3	40,6	40,4	38,8	38,13	46,88	35,7	20,69	57,32	48,93
Atenuación de EPP(2)	0	0	21	26	36,6	40,6	38	42,7	41,3	0	EPP (2)
Nivel (dB) - 1 medición - EPP (2)	69,6	64	51,9	47,6	36,9	28,4	45	37,6	25,6	57,6	48,32
Nivel (dB) - 2 medición - EPP (2)	64,78	65,12	45,36	39,49	34,85	28,84	44,68	36,5	24,52	56,71	47,43
Nivel (dB) - 3 medición - EPP (2)	67	64,5	49	43,8	34,4	29,83	44,98	37,3	24,19	57,32	47,86

Nef  
ATENUADO

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Comparación NEF en Bandas de Octava – Compactación

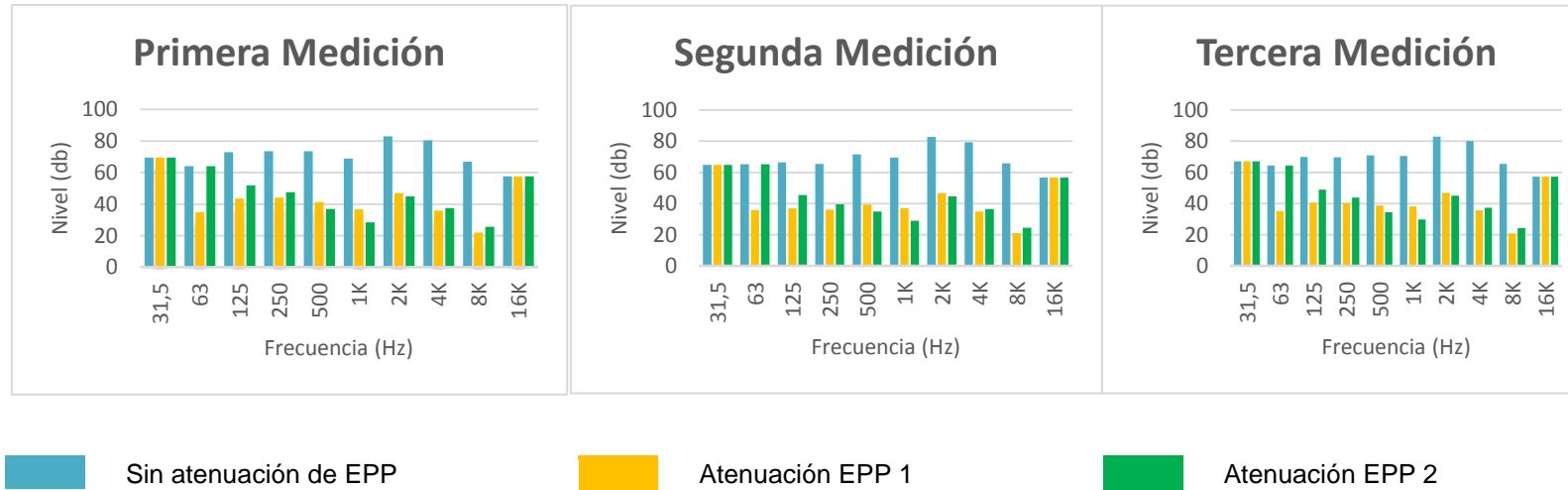


Figura 4.28

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos



Tabla 4.36  
Nivel efectivo de Ruido – Compresión adoquines y cilindros

Corrección de frecuencia	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1			
<b>Lab. Suelos - Compresión adoquines y cilindros</b>											
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	Nef
Sin atenuación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sin EPP
Nivel (dB) - 1 medición	55,5	64,87	66,92	70,37	72,58	79,24	82,07	78,13	66,3	49,94	85,83
Nivel (dB) - 2 medición	52,34	65,25	67,9	69,1	70,56	81,9	83,89	76,12	65,9	51,89	87,20
Nivel (dB) - 3 medición	56,9	66,9	65,13	72,56	73,9	78	80,43	77,61	68,9	48,13	84,71
Atenuación de EPP(1)	0	29,2	29,4	29,4	32,2	32,3	36,1	44,3	44,8	0	EPP (1)
Nivel (dB) - 1 medición - EPP (1)	55,5	35,67	37,52	40,97	40,38	46,94	45,97	33,83	21,5	49,94	50,40
Nivel (dB) - 2 medición - EPP (1)	52,34	36,05	38,5	39,7	38,36	49,6	47,79	31,82	21,1	51,89	52,40
Nivel (dB) - 3 medición - EPP (1)	56,9	37,7	35,73	43,16	41,7	45,7	44,33	33,31	24,1	48,13	49,26
Atenuación de EPP(2)	0	0	21	26	36,6	40,6	38	42,7	41,3	0	EPP (2)
Nivel (dB) - 1 medición - EPP (2)	55,5	64,87	45,92	44,37	35,98	38,64	44,07	35,43	25	49,94	47,65
Nivel (dB) - 2 medición - EPP (2)	52,34	65,25	46,9	43,1	33,96	41,3	45,89	33,42	24,6	51,89	48,97
Nivel (dB) - 3 medición - EPP (2)	56,9	66,9	44,13	46,56	37,3	37,4	42,43	34,91	27,6	48,13	47,26

Nef  
ATENUADO

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Comparación NEF en Bandas de Octava – Compresión de adoquines y cilindros

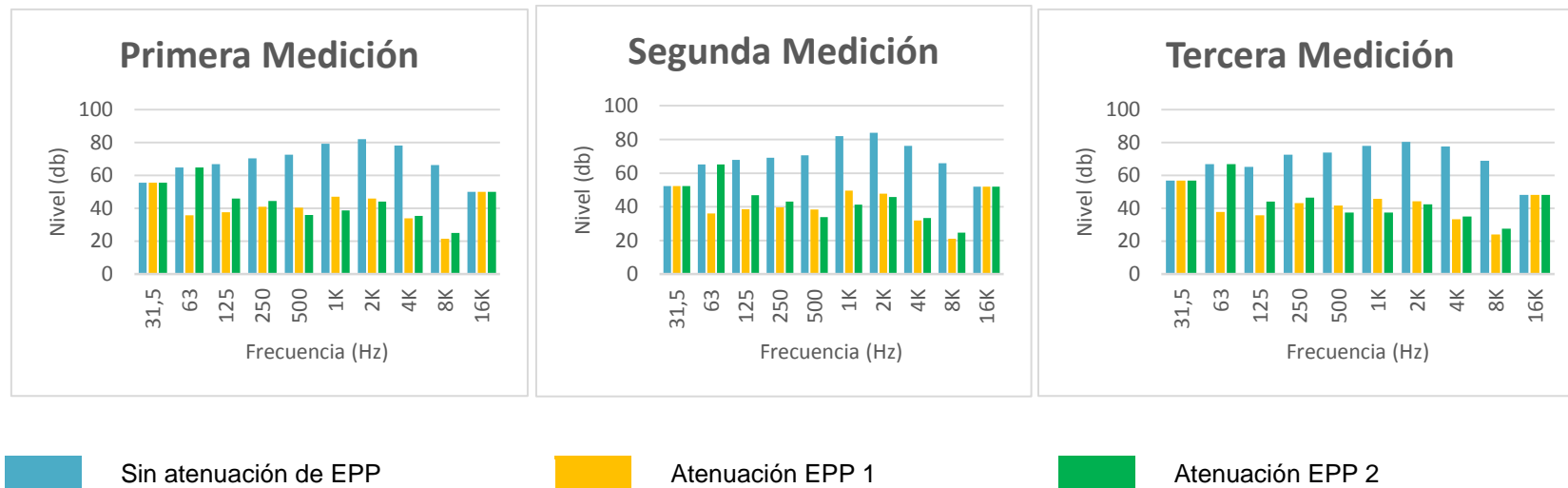


Figura 4.29

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Tabla 4.37  
Nivel efectivo de Ruido – Granulometría

Corrección de frecuencia		-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1		
<b>Lab. Suelos - Granulometría</b>											
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	Nef
<b>Sin atenuación</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Sin EPP</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	66,79	82,43	85,88	89,23	91,02	90,64	91,92	89,14	81,33	70,02	97,00
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	68,56	80,34	87,35	91,89	89,42	92,7	92,89	88,34	83,5	73,98	97,78
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	65,89	83	85,98	88	92,89	89,21	89,32	91,56	79,98	71,45	96,86
<b>Atenuación de EPP(1)</b>	0	29,2	29,4	29,4	32,2	32,3	36,1	44,3	44,8	0	<b>EPP (1)</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (1)</b>	66,79	53,23	56,48	59,83	58,82	58,34	55,82	44,84	36,53	70,02	62,35
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (1)</b>	68,56	51,14	57,95	62,49	57,22	60,4	56,79	44,04	38,7	73,98	63,50
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (1)</b>	65,89	53,8	56,58	58,6	60,69	56,91	53,22	47,26	35,18	71,45	61,81
<b>Atenuación de EPP(2)</b>	0	0	21	26	36,6	40,6	38	42,7	41,3	0	<b>EPP (2)</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (2)</b>	66,79	82,43	64,88	63,23	54,42	50,04	53,92	46,44	40,03	70,02	61,45
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (2)</b>	68,56	80,34	66,35	65,89	52,82	52,1	54,89	45,64	42,2	73,98	61,97
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (2)</b>	65,89	83	64,98	62	56,29	48,61	51,32	48,86	38,68	71,45	61,27
											<b>Nef ATENUADO</b>

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Comparación NEF en Bandas de Octava – Granulometría

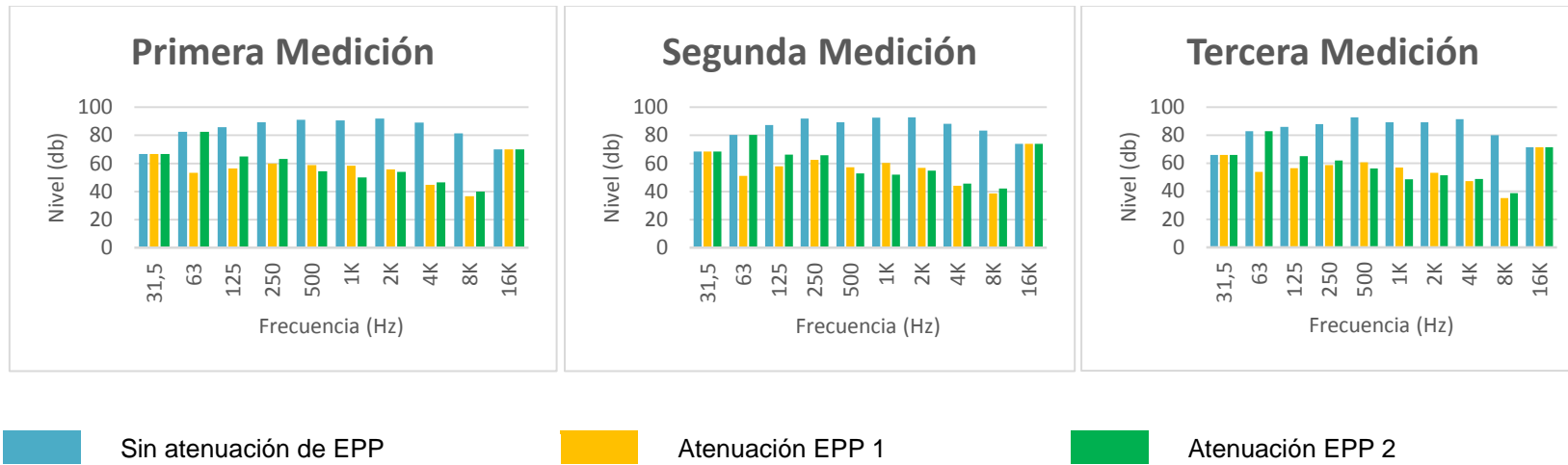


Figura 4.30

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Tabla 4.38  
Nivel efectivo de Ruido – Abrasión

Corrección de frecuencia		-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1		
<b>Lab. de Suelos - Abrasión</b>											
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	Nef
<b>Sin atenuación</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Sin EPP</b>
Nivel (dB) - 1 medición	60,3	74,6	76,8	73,1	78	82,4	84	80,1	70,3	57,7	88,21
Nivel (dB) - 2 medición	61,1	75,2	77	73,8	78,8	81	84,8	79,1	71	57	88,20
Nivel (dB) - 3 medición	60,8	75	76	72,8	78,2	81,7	85	79,7	70,9	58,2	88,51
<b>Atenuación de EPP(1)</b>	<b>0</b>	<b>29,2</b>	<b>29,4</b>	<b>29,4</b>	<b>32,2</b>	<b>32,3</b>	<b>36,1</b>	<b>44,3</b>	<b>44,8</b>	<b>0</b>	<b>EPP (1)</b>
Nivel (dB) - 1 medición - EPP (1)	60,3	45,4	47,4	43,7	45,8	50,1	47,9	35,8	25,5	57,7	53,19
Nivel (dB) - 2 medición - EPP (1)	61,1	46	47,6	44,4	46,6	48,7	48,7	34,8	26,2	57	53,00
Nivel (dB) - 3 medición - EPP (1)	60,8	45,8	46,6	43,4	46	49,4	48,9	35,4	26,1	58,2	53,29
<b>Atenuación de EPP(2)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>36,6</b>	<b>40,6</b>	<b>38</b>	<b>42,7</b>	<b>41,3</b>	<b>0</b>	<b>EPP (2)</b>
Nivel (dB) - 1 medición - EPP (2)	60,3	74,6	55,8	47,1	41,4	41,8	46	37,4	29	57,7	52,26
Nivel (dB) - 2 medición - EPP (2)	61,1	75,2	56	47,8	42,2	40,4	46,8	36,4	29,7	57	52,71
Nivel (dB) - 3 medición - EPP (2)	60,8	75	55	46,8	41,6	41,1	47	37	29,6	58,2	52,64
											<b>Nef ATENUADO</b>

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

## Comparación NEF en Bandas de Octava – Abrasión

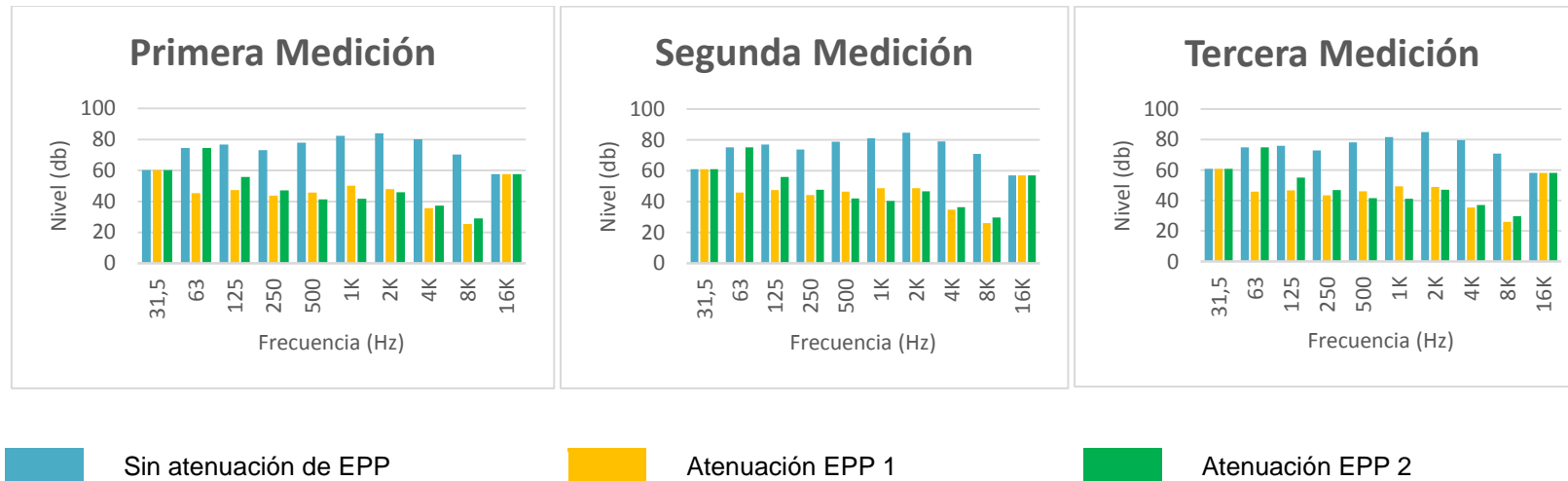


Figura 4.31

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Tabla 4.39  
Nivel efectivo de Ruido – Asfalto

Corrección de frecuencia		-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1		
<b>Lab. Suelos - Asfalto</b>											
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	Nef
<b>Sin atenuación</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Sin EPP</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	58,17	65,8	63,38	66,78	68,21	67,31	66,7	63,65	58,97	49,32	72,74
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	61,56	66,89	65,38	69,45	70,32	68,98	67,98	60,98	60,56	52,9	73,96
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	60,34	63,98	60,35	65,89	69,23	65,09	65,89	64,43	59,23	54,23	72,30
<b>Atenuación de EPP(1)</b>	0	29,2	29,4	29,4	32,2	32,3	36,1	44,3	44,8	0	<b>EPP (1)</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (1)</b>	58,17	36,6	33,98	37,38	36,01	35,01	30,6	19,35	14,17	49,32	38,75
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (1)</b>	61,56	37,69	35,98	40,05	38,12	36,68	31,88	16,68	15,76	52,9	40,54
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (1)</b>	60,34	34,78	30,95	36,49	37,03	32,79	29,79	20,13	14,43	54,23	38,05
<b>Atenuación de EPP(2)</b>	0	0	21	26	36,6	40,6	38	42,7	41,3	0	<b>EPP (2)</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (2)</b>	58,17	65,8	42,38	40,78	31,61	26,71	28,7	20,95	17,67	49,32	41,41
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (2)</b>	61,56	66,89	44,38	43,45	33,72	28,38	29,98	18,28	19,26	52,9	42,79
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (2)</b>	60,34	63,98	39,35	39,89	32,63	24,49	27,89	21,73	17,93	54,23	39,97

**Nef  
ATENUADO**

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

## Comparación NEF en Bandas de Octava – Asfalto

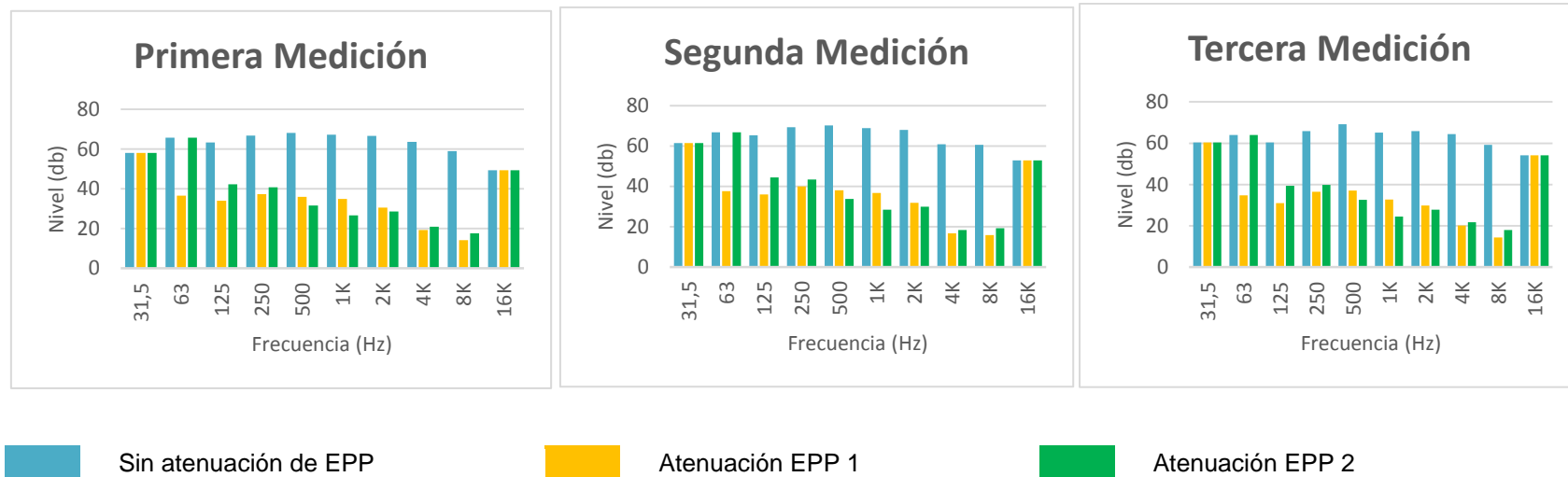


Figura 4.32

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos



Tabla 4.40  
Tabla comparativa del Nivel efectivo de Ruido – Laboratorio de Suelos

	Compactación	Compresión	Granulometría	Abrasión	Asfalto
<b>Sin Atenuación del EPP</b>					
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	86,15	85,83	97,00	88,21	72,74
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	85,53	87,20	97,78	88,20	73,96
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	85,99	84,71	96,86	88,51	72,30
<b>Atenuación de EPP(1)</b>					
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	49,14	50,40	62,35	53,19	38,75
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	48,53	52,40	63,50	53,00	40,54
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	48,93	49,26	61,81	53,29	38,05
<b>Atenuación de EPP(2)</b>					
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	48,32	47,65	61,45	52,26	41,41
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	47,43	48,97	61,97	52,71	42,79
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	47,86	47,26	61,27	52,64	39,97

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

## Talleres de Mecánica

Tabla 4.41  
Nivel efectivo de Ruido – Fresadora

Corrección de frecuencia	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1			
<b>Talleres Mecánica - Fresadora</b>											
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	Nef
<b>Sin atenuación</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sin EPP
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	57,55	59,23	58,5	68,44	69,87	66,9	63,89	58,89	52,61	41,73	71,72
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	58,93	56,12	61,58	69,61	72,65	71,14	66,9	63,51	59	43,8	75,19
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	59,71	55,95	60,97	71,91	73,77	71,07	65,46	58,66	50,69	39,44	75,07
<b>Atenuación de EPP(1)</b>	0	29,2	29,4	29,4	32,2	32,3	36,1	44,3	44,8	0	EPP (1)
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (1)</b>	57,55	30,03	29,1	39,04	37,67	34,6	27,79	14,59	7,81	41,73	38,83
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (1)</b>	58,93	26,92	32,18	40,21	40,45	38,84	30,8	19,21	14,2	43,8	42,10
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (1)</b>	59,71	26,75	31,57	42,51	41,57	38,77	29,36	14,36	5,89	39,44	42,58
<b>Atenuación de EPP(2)</b>	0	0	21	26	36,6	40,6	38	42,7	41,3	0	EPP (2)
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (2)</b>	57,55	59,23	37,5	42,44	33,27	26,3	25,89	16,19	11,31	41,73	38,13
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (2)</b>	58,93	56,12	40,58	43,61	36,05	30,54	28,9	20,81	17,7	43,8	39,31
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (2)</b>	59,71	55,95	39,97	45,91	37,17	30,47	27,46	15,96	9,39	39,44	40,27

Nef  
ATENUADO

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Comparación NEF en Bandas de Octava – Fresadora

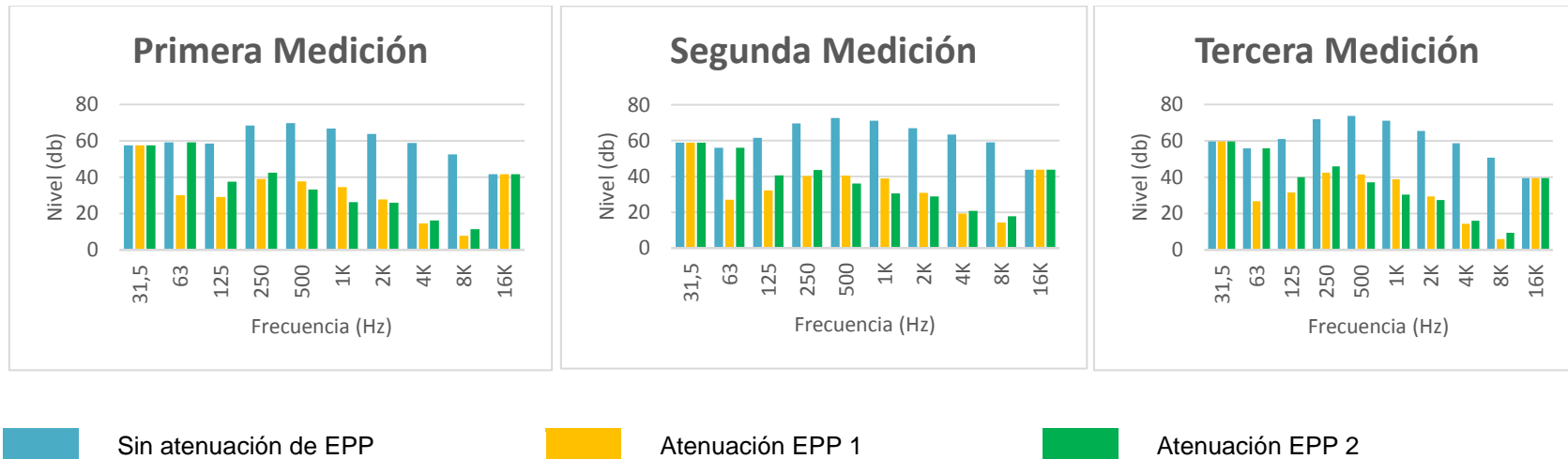


Figura 4.33

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Tabla 4.42  
Nivel efectivo de Ruido – Torno

Corrección de frecuencia		-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1		
<b>Talleres Mecánica - Torno</b>											
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	Nef
<b>Sin atenuación</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sin EPP
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	55,16	58,62	66,89	68,51	74,11	73,36	68,03	61,3	52,76	38,82	76,58
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	59,01	59,51	68,1	69,59	75,56	77,06	69,84	62,37	53,77	41,76	79,28
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	60,53	61,73	71,11	69,6	73,95	71,86	67,36	60,7	57,93	43,53	75,81
<b>Atenuación de EPP(1)</b>	0	29,2	29,4	29,4	32,2	32,3	36,1	44,3	44,8	0	EPP (1)
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (1)</b>	55,16	29,42	37,49	39,11	41,91	41,06	31,93	17	7,96	38,82	43,76
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (1)</b>	59,01	30,31	38,7	40,19	43,36	44,76	33,74	18,07	8,97	41,76	46,57
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (1)</b>	60,53	32,53	41,71	40,2	41,75	39,56	31,26	16,4	13,13	43,53	43,01
<b>Atenuación de EPP(2)</b>	0	0	21	26	36,6	40,6	38	42,7	41,3	0	EPP (2)
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (2)</b>	55,16	58,62	45,89	42,51	37,51	32,76	30,03	18,6	11,46	38,82	40,46
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (2)</b>	59,01	59,51	47,1	43,59	38,96	36,46	31,84	19,67	12,47	41,76	42,26
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (2)</b>	60,53	61,73	50,11	43,6	37,35	31,26	29,36	18	16,63	43,53	41,60

**Nef  
ATENUADO**

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

## Comparación NEF en Bandas de Octava – Torno

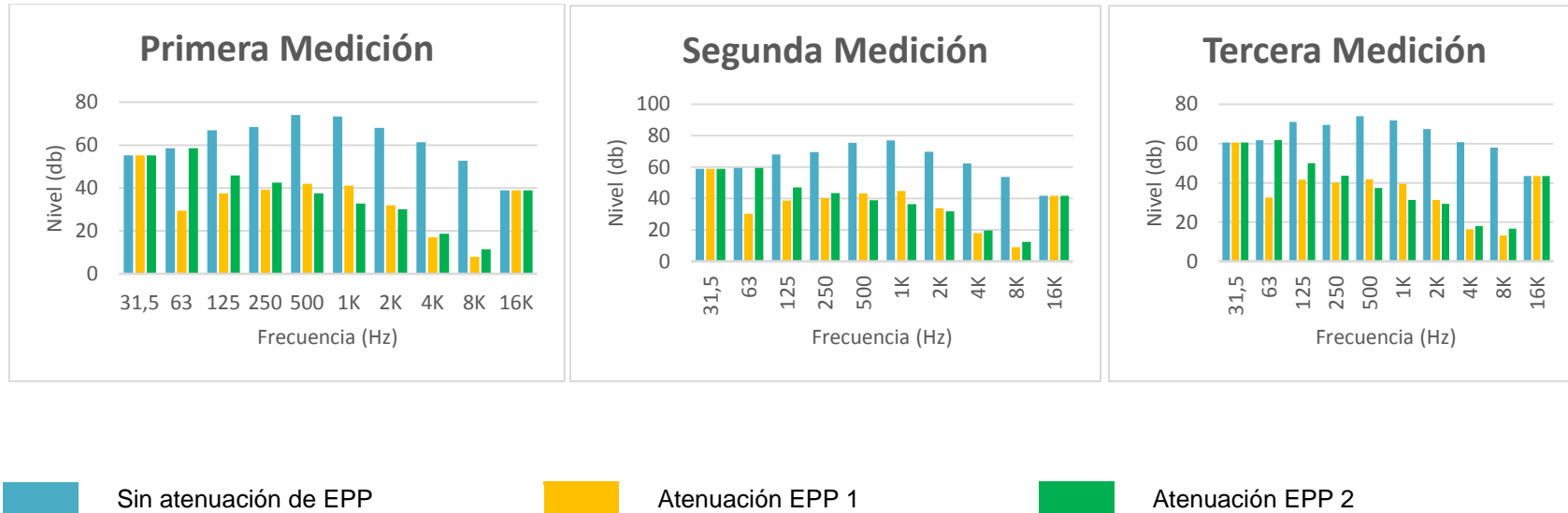


Figura 4.34

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Tabla 4.43  
Nivel efectivo de Ruido – Soldadura

Corrección de frecuencia		-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1		
<b>Talleres Mecánica - Soldadura</b>											
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	Nef
<b>Sin atenuación</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Sin EPP</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	66,38	67,2	68,16	68,48	69,05	67,36	69,86	69,44	67,45	59,92	75,82
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	68,45	69,34	70,32	70	71,78	67	72,89	71,98	69	62,78	78,11
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	65	66,9	69,35	67,29	65,9	72,76	68,41	68,09	66,31	61,81	76,23
<b>Atenuación de EPP(1)</b>	0	29,2	29,4	29,4	32,2	32,3	36,1	44,3	44,8	0	<b>EPP (1)</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (1)</b>	66,38	38	38,76	39,08	36,85	35,06	33,76	25,14	22,65	59,92	40,17
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (1)</b>	68,45	40,14	40,92	40,6	39,58	34,7	36,79	27,68	24,2	62,78	42,11
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (1)</b>	65	37,7	39,95	37,89	33,7	40,46	32,31	23,79	21,51	61,81	42,01
<b>Atenuación de EPP(2)</b>	0	0	21	26	36,6	40,6	38	42,7	41,3	0	<b>EPP (2)</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (2)</b>	66,38	67,2	47,16	42,48	32,45	26,76	31,86	26,74	26,15	59,92	43,21
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (2)</b>	68,45	69,34	49,32	44	35,18	26,4	34,89	29,28	27,7	62,78	45,36
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (2)</b>	65	66,9	48,35	41,29	29,3	32,16	30,41	25,39	25,01	61,81	42,98

**Nef  
ATENUADO**

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

## Comparación NEF en Bandas de Octava – Soldadura

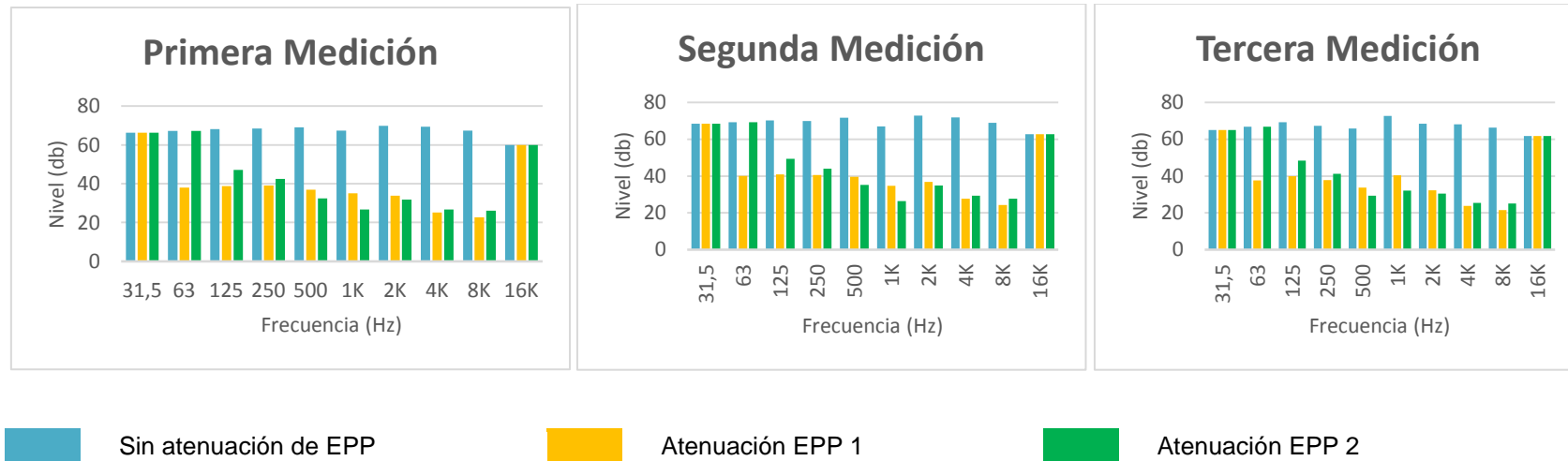


Figura 4.35

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Tabla 4.44  
Nivel efectivo de Ruido – Fundición

Corrección de frecuencia		-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1		
<b>Talleres Mecánica - Fundición</b>											
Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	Nef
<b>Sin atenuación</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Sin EPP</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	71,51	77,79	88,74	76,01	77,84	70,43	66,61	62,93	54,19	44,96	78,69
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	72,76	79,65	90,76	78,9	80,89	72,85	68,98	64,95	55,87	45,8	81,30
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	69,87	74,98	89,43	77,65	78,09	69,56	66,29	60,4	53,98	42,89	78,90
<b>Atenuación de EPP(1)</b>	0	29,2	29,4	29,4	32,2	32,3	36,1	44,3	44,8	0	<b>EPP (1)</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (1)</b>	71,51	48,59	59,34	46,61	45,64	38,13	30,51	18,63	9,39	44,96	47,32
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (1)</b>	72,76	50,45	61,36	49,5	48,69	40,55	32,88	20,65	11,07	45,8	49,86
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (1)</b>	69,87	45,78	60,03	48,25	45,89	37,26	30,19	16,1	9,18	42,89	47,78
<b>Atenuación de EPP(2)</b>	0	0	21	26	36,6	40,6	38	42,7	41,3	0	<b>EPP (2)</b>
<b>Nivel (dB) - 1 medición - EPP (2)</b>	71,51	77,79	67,74	50,01	41,24	29,83	28,61	20,23	12,89	44,96	55,07
<b>Nivel (dB) - 2 medición - EPP (2)</b>	72,76	79,65	69,76	52,9	44,29	32,25	30,98	22,25	14,57	45,8	57,08
<b>Nivel (dB) - 3 medición - EPP (2)</b>	69,87	74,98	68,43	51,65	41,49	28,96	28,29	17,7	12,68	42,89	54,49

**Nef  
ATENUADO**

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica



## Comparación NEF en Bandas de Octava – Fundición

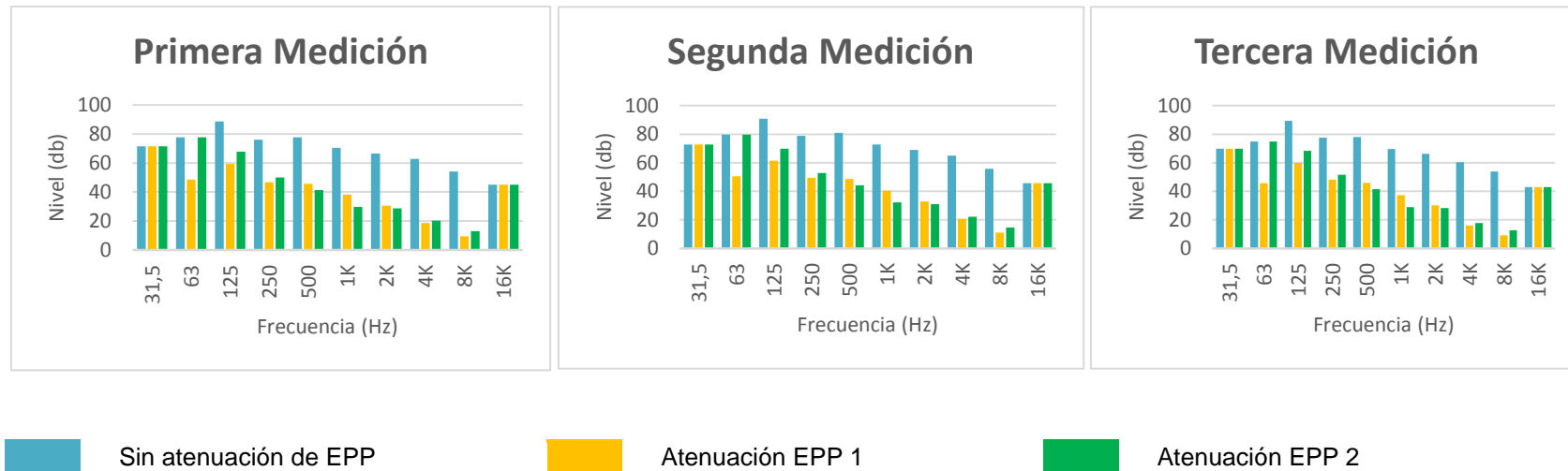


Figura 4.36

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Tabla 4.45  
Tabla comparativa del Nivel efectivo de Ruido – Laboratorio de Suelos

	Fresadora	Soldadura	Torno	Fundición
<b>Sin Atenuación del EPP</b>				
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	71,72	75,82	76,58	78,69
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	75,19	78,11	79,28	81,30
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	75,07	76,23	75,81	78,90
<b>Atenuación de EPP(1)</b>				
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	38,83	40,17	43,76	47,32
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	42,10	42,11	46,57	49,86
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	42,58	42,01	43,01	47,78
<b>Atenuación de EPP(2)</b>				
<b>Nivel (dB) - 1 medición</b>	38,13	43,21	40,46	55,07
<b>Nivel (dB) - 2 medición</b>	39,31	45,36	42,26	57,08
<b>Nivel (dB) - 3 medición</b>	40,27	42,98	41,60	54,49

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

#### 4.9. Cálculo de la Dosis

El D. E. 2393 respecto al cálculo de la dosis indica en su Art. 55 numeral 7:

7. (Reformado por el Art. 34 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Para el caso de ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla:

Tabla 4.46  
Límites permisibles ruido

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

Fuente: D.E. 2393

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

En el caso de exposición intermitente a ruido continuo, debe considerarse el efecto combinado de aquellos niveles sonoros que son iguales o que excedan de 85 dB (A).

Para tal efecto la Dosis de Ruido Diaria (D) se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula y no debe ser mayor de 1:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

Donde:

C = Tiempo total de exposición a un nivel sonoro específico.

T = Tiempo total permitido a ese nivel.

**Dosis > 1** El trabajador se encuentra sobre-expuesto a ruido

**Dosis = 1** El trabajador se encuentra en el umbral

**Dosis < 1** El trabajador no se encuentra sobre-expuesto a ruido, siendo necesario aplicar un seguimiento permanente y los correctivos correspondientes.

### Laboratorio de Suelos

Tabla 4.47  
Dosis colaborador #1

Item	Tareas	Duración de la tarea (h)	Tiempo máximo de exposición (h)
1	Ensayo de abrasión	1,1	6,13
2	Ensayo de granulometría	0,6	1,62
3	Ensayo compresión de cilindros y adoquines	4,8	7,17
4	Administrativas y pausas	1	32,00
		<b>DOSIS</b>	<b>1,28</b>

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Tabla 4.48  
Dosis colaborador #2

Item	Tarea	Duración de la tarea (h)	Tiempo máximo de exposición (h)
1	Ensayo compactación	3,13	7,30
2	Ensayo compresión de cilindros y adoquines	2,63	7,17
3	Ensayo de granulometría	0,29	1,62
4	Administrativas, pausas y otros ensayos	1,95	32,00
		<b>DOSIS</b>	<b>1,03</b>

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Tabla 4.49  
Dosis colaborador #3

Item	Tarea	Duración de la tarea (h)	Tiempo máximo de exposición (h)
1	Ensayo compactación	3,00	7,30
2	Ensayo compresión de cilindros y adoquines	1,25	7,17
3	Administrativas, pausas y otros ensayos	1,83	32,00
		<b>DOSIS</b>	<b>0,64</b>

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Tabla 4.50  
Dosis colaborador # 4 y 5

Item	Tarea	Duración de la tarea (h)	Tiempo máximo de exposición (h)
1	Ensayo asfaltos	4,75	42,17
2	Administrativas, pausas y otros ensayos	1,83	32
		<b>DOSIS</b>	<b>0,17</b>

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

Tabla 4.51  
Dosis colaborador #6

Item	Tarea	Duración de la tarea (h)	Tiempo máximo de exposición (h)
1	Ensayo compactación	1,13	7,30
2	Ensayo compresión de cilindros y adoquines	1,38	7,17
3	Administrativas, pausas y otros ensayos	5,50	32,00
		<b>DOSIS</b>	<b>0,52</b>

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos

### Talleres de Mecánica

Tabla 4.52  
Dosis colaborador # 1

Item	Tarea	Tiempo máximo de exposición (h)
1	Clases fresadora	37,07
2	Clases en aula, administrativo y pausas	32
		<b>DOSIS</b>
		<b>0,23</b>

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Tabla 4.53  
Dosis colaborador # 2 y 3

Item	Tarea	Tiempo máximo de exposición (h)
1	Clases torno	23,95
2	Clases en aula, administrativo y pausas	32,00
		<b>DOSIS</b>
		<b>0,29</b>

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Tabla 4.54  
Dosis colaborador # 4 y 5

Item	Tarea	Tiempo máximo de exposición (h)
1	Clases soldadura	32,18
2	Clases en aula, administrativo y pausas	32,00
<b>DOSIS</b>		<b>0,25</b>

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

Tabla 4.54  
Dosis colaborador # 6

Item	Tarea	Tiempo máximo de exposición (h)
1	Clases fundición	23,59
2	Clases en aula, administrativo y pausas	32,00
<b>DOSIS</b>		<b>0,29</b>

Fuente: Mediciones Talleres de Mecánica

En la tabla 4.54 se muestra la comparación entre la dosis y el nivel de exposición a ruido diario calculado en las tablas 4.22 y 4.23.

Tabla 4.56  
Dosis vs. Exposición a ruido diario

Área	Trabajador	Dosis	Exposición al ruido diario ponderado A
Lab. de Suelos	Colaborador #1	<b>1,28</b>	<b>88,10</b>
	Colaborador #2	<b>1,03</b>	<b>86,42</b>
	Colaborador #3	0,64	83,11
	Colaborador #4	0,17	72,81
	Colaboradores # 5 y 6	0,52	78,66
Talleres de Mecánica	Colaborador # 1	0,23	74,50
	Colaborador # 2 y 3	0,29	76,17
	Colaborador # 4 y 5	0,25	74,98
	Colaborador # 6	0,29	76,24

Fuente: Mediciones Laboratorio de Suelos y Talleres de Mecánica

Si bien en estudios realizados de niveles de exposición a ruido, se ha determinado que las empresas cuya actividad económica se encuentran enmarcadas en los sectores como: madereras, fabricación de muebles, procesamiento de metales, textil y la construcción; son las que mayor prevalencia de ruido tienen, no es menos cierto que existen empresas cuya actividad puede esconder la presencia de ruido, como puede estar ocurriendo en las Instituciones Educativas.

Si bien los datos obtenidos en el presente estudio indican que solo dos colaboradores se encuentran sobre expuestos a ruido; se debe tener en cuenta que las acciones preventivas se deben aplicar a partir de valores de 0,5 de dosis, estas deben ir encaminadas a evitar la aparición de posibles enfermedades ocupacionales.



Se puede tomar como guía para la elaboración de un programa preventivo los diferentes estudios realizados en varias empresas, en donde se detallan los posibles planes de acción a seguir, entre los que se puede nombrar:

- Desarrollar una cultura organizacional en temas referentes a seguridad y salud,
- Planes de mantenimiento a las máquinas,
- Encapsulamiento de máquinas, con los cuales se puede conseguir reducciones entre 10 y 25 dBA y hasta más de 25 dBA, todo depende del tipo revestimiento absorbente.
- Protección auditiva,
- Seguimiento audiométrico,
- El aislamiento de vibraciones
- La absorción acústica en superficies internas; entre otras.

Los estudios también han determinado que los trabajadores expuestos a ruido, cuyo nivel sobrepasa los límites permisibles, han visto afectada su salud por hipoacusia; además se han encontrado manifestaciones extra auditivas como: cefaleas, trastornos gastrointestinales, hipertensión arterial, irritabilidad e insomnio.

Si bien los datos obtenidos no indican niveles de exposición extrema, esto nos alerta para que se tomen las medidas correctivas y así precautelar la salud de los trabajadores.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

1. De los cálculos del nivel de exposición y de la dosis, se determinó que de los puestos en estudio, dos de los colaboradores del Laboratorio de Suelos debido a las tareas que realizan, se encuentran expuestos a niveles de ruido que sobrepasan los límites permisibles. Los otros puestos permanecen dentro del estándar
2. Los cálculos confirman los resultados de las encuestas, donde:
  - a. El 75% de los encuestados manifiesta que el tiempo de exposición a la semana es menos de 8 horas; y el 25 % señala que supera las 8 horas semanales.
  - b. El 67% indica que de acuerdo a su percepción el nivel de ruido presente es media; mientras que el 25% señala es baja y apenas un 8% percibe el ruido con un nivel alto.
3. De las mediciones realizadas se puede indicar también, que la frecuencia de mayor impacto en los trabajadores del Laboratorio de Suelos es la de 2 K Hz, mientras que en los Talleres de Mecánica está en los 125 y 2 KHz.
4. Los cálculos realizados para determinar el EPP que mejor atenúa los niveles del ruido sobre el trabajador, se determina que tanto para los trabajadores del Laboratorio de Suelos como de los Talleres de Mecánica el uso de orejeras o de tapones auditivos, puede llegar atenuar hasta un 57% el nivel de ruido, sobre el trabajador.
5. Los resultados de la encuesta indica, que todos los trabajadores presentan sintomatología por la exposición a ruido, siendo las de mayor prevalencia: cefalea, elevar el volumen de la tv y zumbidos.

6. Con la finalidad de minimizar los efectos del ruido, el 100% de los trabajadores utilizan algún tipo Equipo de Protección Personal, sea este un tapón, una orejera o una combinación de estos; de acuerdo a los resultados de la encuesta.
7. De la inspección realizada se pudo observar:
  - a. En el Laboratorio de Suelos, se tiene un control en el medio de manera parcial, ya que dos de los equipos (De Los Ángeles y Tamizadora) se encuentran ubicados en cuartos, sin embargo las paredes no cumplen su función de aislar el ruido.
  - b. En los Talleres de Mecánica, no se aplica control en el medio, todos los equipos se encuentran dispuestos en un galpón sin separación entre áreas.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

1. Desde el punto de vista de las técnicas preventivas se deben aplicar los correctivos correspondientes desde un valor de dosis de 0.5. Si bien el cálculo de Dosis y de los Niveles de Ruido, indican que más del 50% de los puestos analizados no se encuentran sobre-expuestos a ruido, es necesario la implementación de un programa de vigilancia ambiental y de salud de los trabajadores de las áreas en estudio, con el objetivo de controlar de manera permanente su salud y los niveles de ruido presentes, de tal manera que la exposición ya sea esta mínima no afecte la salud de los colaboradores.
2. Implementar los planes de vigilancia de la salud para el personal expuesto a ruido, con la finalidad de determinar el nivel de audición que presentan, y corroborar con la sintomatología determinada en la encuesta realizada.

3. Revisar la distribución y el diseño del área de trabajo a fin de implementar medidas de control en la fuente o en el medio. Se deberá considerar la instalación de materiales fonoabsorbentes y material aislante, que consiste básicamente en poner barreras para evitar la propagación de los sonidos.
4. Implementar procedimientos de Mantenimiento preventivo de las maquinarias. En el Taller de Mecánica se deberá considerar el uso permanente por parte de los alumnos, quienes por su falta de experiencia no utilizan de manera adecuada los equipos, llevándolos a un deterioro rápidamente.
5. Implementar un programa de vigilancia ambiental a fin de realizar el seguimiento de los niveles de ruido en las áreas, y mantener un control.

## BIBLIOGRAFIA

- Asfahl, R., & Rieske, D. (2010). *Seguridad Industrial y administración de la salud*. Arkansas.
- Butkus, R., Sarlauskas, A., & Visiliauskas, G. (2014). Prognostication of Noise Exposure Risk on Worker's Safety and Health in Lithuania. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 9.
- Comunidad Andina de Naciones. (23 de Septiembre de 2005). Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo - Resolución 957. Lima, Perú.
- Contreras Quevedo, C. A. (Abril de 2013). *Ciencia y Trabajo / Actitudes acerca de la protección auditiva y pérdida de la audición en trabajadores de una planta compresora de gas costa-fuera*. Obtenido de ACTITUDES ACERCA DE LA PROTECCIÓN AUDITIVA Y PÉRDIDA DE LA AUDICIÓN EN TRABAJADORES DE UNA PLANTA COMPRESORA DE GAS COSTA-AFUERA: <http://www.cienciaytrabajo.cl/cyt/Paginas/Actitudes-Acerca-de-la-Proteccion-Auditiva-y-Perdida-de-la-Audicion-en-Trabajadores-de-una-Planta-Compresora-de-Gas-Costa-A.aspx>
- Cortés Díaz, J. M. (2007). *Seguridad e Higiene del Trabajo-Técnicas de prevención de Riesgos Laborales*. Madrid: Tebar.
- Delgado Castro, O. S. (2006). *La seguridad, la higiene industrial y la protección del medio ambiente en la administración empresarial nicaragüense*. Nicaragua .
- Falagán Bojo, M. J. (2008). *Higiene Industrial Manual Práctico* (Vol. Tomo II: Agentes Físicos y Actividades Especiales). España: Fundación Luis Fernández Velasco.
- Falagón Bojo, M. J. (2008). *Higiene Industrial Manual Práctico*. España: Fundación Luis Fernández Velasco.
- Fuentes, E., Rubio, C., & Cardemil, F. (2013). *Pérdida auditiva inducida por ruido en estudiantes de la carrera de odontología*. ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN, Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello 2013; 73: 249-256, Programa de Doctorado en Salud Pública, Escuela de Salud Pública, Universidad de Chile.
- Fundacion MAPFRE. (1996). *Manual de higiene Industrial*. Madrid: MAPFRE, S.A.
- Hernández Diaz, A., & González Méndez, B. (2008). *ALTERACIONES AUDITIVAS EN TRABAJADORES EXPUESTOS AL RUIDO INDUSTRIAL*.

- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (10 de Noviembre de 2011). Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo - Resolución No. C.D. 390. Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (s.f.). *Cuestionarios - Ruido: Evaluación y Acondicionamiento Ergonómico*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Jensen, P. (1973). Control of Environmental Noise. *Journal of de Air Pollution Control Association*, 8.
- Mancera Fernández, M., Mancera Ruíz, M. T., Mancera Ruíz, M. R., & Mancera Ruiz, J. R. (2012). *Seguridad e Higiene Industrial*. Alfaomega.
- MedlinePlus. (Mayo de 2014). *MedlinePlus*. Obtenido de <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003044.htm>
- Ordaz Castillo, E., Maqueda Blasco, J., Asúnsolo Del Barco, A., Silva Mato, A., Gamo González, M. F., Cortés Barragán, R. A., & Bermejo García, E. (2009). *Efecto de la exposición a ruido en entornos laborales sobre la calidad de vida y rendimiento*. Madrid.
- Peralta, J. A. (1998). *El ruido en la ciudad de México*. México.
- República del Ecuador. (Noviembre de 1986). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo - Decreto Ejecutivo 2393. Quito, Ecuador.
- República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito.
- Rojas González, L., Martínez Leal, R., Paz Araviche, V., Chacín Almarza, B., Corzo Alvarez, G., Sanabria Vera, C., & Montiel López, M. (2004). *Niveles de cortisol sérico al inicio y al final de la jornada laboral y manifestaciones extra auditivas en trabajadores expuestos a ruido en una industria cervecera*. Maracaibo.
- Sexto, L. F. (2001). *Seguridad industrial y minera: Aspectos estratégicos para el control pasivo del ruido*. Habana, Cuba.
- Tregenza, T. (2005). Un acercamiento gradual al problema del ruido en el trabajo. (A. E. Trabajo, Ed.) *MAGAZINE*(8), 34. Recuperado el 26 de Julio de 2014, de <https://osha.europa.eu/es/topics/noise>
- Vallejo González, J. L. (Agosto de 2006). *Ergonomía Ocupacional / El ruido en la historia laboral*. Obtenido de El ruido en la historia laboral: <http://www.ergocupacional.com/4910/35895.html>

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**

**Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 9612**





Quito – Ecuador

NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

NTE INEN-ISO 9612  
Primera edición  
2014-01

ACÚSTICA. DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO EN EL  
TRABAJO. MÉTODO DE INGENIERIA (ISO 9612:2009, IDT)

ACOUSTICS. DETERMINATION OF OCCUPATIONAL NOISE EXPOSURE. ENGINEERING  
METHOD (ISO 9612:2009, IDT)

---

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 9612:2009.

---

DESCRIPTORES: Acústica, determinación, exposición al ruido, ingeniería.  
ICS: 13.140

52 Páginas
---------------

## Prólogo nacional

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 9612 es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 9612:2009, "Acoustics. Determination of occupational noise exposure. Engineering method", la fuente de la traducción es la norma adoptada por AENOR. El comité nacional responsable de esta Norma Técnica Ecuatoriana y de su adopción es el Comité Interno del INEN.



## PRÓLOGO

El texto de la Norma EN ISO 9612:2009 ha sido elaborado por el Comité Técnico ISO/TC 43 Acústica en colaboración con el Comité Técnico CEN/TC 211 Acústica, cuya Secretaría desempeña DS.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de octubre de 2009, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de octubre de 2009.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es(son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

## DECLARACIÓN

El texto de la Norma ISO 9612:2009 ha sido aprobado por CEN como Norma EN ISO 9612:2009 sin ninguna modificación.

## ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO .....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	7
2 NORMAS PARA CONSULTA.....	7
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES .....	8
4 SÍMBOLOS .....	10
5 INSTRUMENTACIÓN.....	12
6 METODOLOGÍA – ETAPAS CRONOLÓGICAS.....	13
7 ANÁLISIS DE TRABAJO .....	13
8 SELECCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE MEDICIÓN .....	15
9 ESTRATEGIA 1 – MEDICIÓN BASADA EN LA TAREA .....	15
10 ESTRATEGIA 2 – MEDICIÓN BASADA EN LA FUNCIÓN.....	19
11 ESTRATEGIA 3 – MEDICIÓN DE UNA JORNADA COMPLETA .....	20
12 MEDICIONES.....	22
13 FUENTES DE INCERTIDUMBRE .....	24
14 CÁLCULO DE LAS INCERTIDUMBRES DE MEDICIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS FINALES .....	25
15 INFORMACIÓN A PRESENTAR EN EL INFORME .....	25
ANEXO A (Informativo) EJEMPLO DE UNA LISTA DE CONTROL PARA GARANTIZAR LA DETECCIÓN DE LOS EVENTOS DE RUIDO SIGNIFICATIVOS DURANTE EL ANÁLISIS DEL TRABAJO.....	28
ANEXO B (Informativo) GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MEDICIÓN.....	29
ANEXO C (Normativo) EVALUACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES DE MEDICIÓN.....	32
ANEXO D (Informativo) EJEMPLO DE CÁLCULO DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN AL RUIDO DIARIO UTILIZANDO MEDICIONES BASADAS EN LA TAREA.....	41
ANEXO E (Informativo) EJEMPLO DE CÁLCULO DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN AL RUIDO DIARIO UTILIZANDO LAS MEDICIONES BASADAS EN LA FUNCIÓN.....	45
ANEXO F (Informativo) MUESTRA DE CÁLCULO DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN AL RUIDO DIARIO UTILIZANDO MEDICIONES DE UNA JOR- NADA COMPLETA .....	48
BIBLIOGRAFÍA.....	51

## PRÓLOGO

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

Las normas internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar normas internacionales. Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se envían a los organismos miembros para votación. La publicación como norma internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros que emiten voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente.

La Norma ISO 9612 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 43, Acústica, Subcomité SC 1, Ruido.

Esta segunda edición anula y sustituye a la primera edición (ISO 9612:1997) que ha sido revisada técnicamente.

## INTRODUCCIÓN

Esta norma internacional proporciona un acercamiento por etapas para determinar el nivel de exposición al ruido en el trabajo a partir de las mediciones del nivel de ruido. El método consta de las siguientes etapas principales: análisis del trabajo, selección de una estrategia de medición, mediciones, tratamiento de errores y evaluación de la incertidumbre, cálculos y presentación de resultados. Esta norma internacional especifica tres estrategias de medición distintas: medición basada en la tarea; medición basada en la función; y medición de una jornada de trabajo completa. Esta norma internacional indica las directrices relativas a la elección de la estrategia de medición adecuada para una situación laboral u un objetivo de investigación determinados. Esta norma internacional también proporciona una hoja de cálculo informativa que permite calcular los resultados y las incertidumbres de medición. ISO no es responsable de los errores que puedan surgir u ocurrir haciendo uso de esta hoja de cálculo.

Esta norma internacional reconoce el uso de mediciones con sonómetros así como de exposímetros acústicos individuales. Los métodos descritos optimizan el esfuerzo requerido para la obtención de una precisión dada.

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma internacional especifica un método de ingeniería que permite medir la exposición al ruido de los trabajadores en un entorno de trabajo y calcular el nivel de exposición al ruido. Esta norma internacional trata de los niveles ponderados A, pero también es aplicable a los niveles ponderados C. Se especifican tres estrategias diferentes de medición. El método es útil cuando se requiere la determinación de la exposición al ruido con un grado de ingeniería, por ejemplo, para estudios epidemiológicos relativos a un deterioro de la audición o de otros efectos nocivos.

El proceso de medición requiere la observación y el análisis de las condiciones de exposición al ruido, de manera que se pueda controlar la calidad de las mediciones. Esta norma internacional proporciona métodos que permiten estimar la incertidumbre de los resultados.

Esta norma internacional no está destinada a la evaluación del enmascaramiento de la comunicación oral ni a la evaluación de los efectos de los infrasonidos, de los ultrasonidos o de los efectos no auditivos del ruido. No se aplica a la medición de la exposición al ruido cuando se llevan protectores auditivos.

Los resultados de las mediciones realizadas de acuerdo con esta norma internacional pueden aportar información útil a la hora de definir las prioridades para las medidas de control de ruido.

## 2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

ISO 1999 Acústica Determinación de la exposición al ruido en el trabajo y estimación del daño auditivo inducido por el ruido.

Guía ISO/IEC 98-3 Incertidumbre de medición. Parte 3: Guía para la expresión de la incertidumbre de medición (GUM:1995).

IEC 60942:2003 Electroacústica. Calibradores acústicos.

IEC 61252 Electroacústica. Especificaciones de los exposímetros acústicos individuales.

IEC 61672-1:2002 Electroacústica. Sonómetros. Parte 1: Especificaciones.

### 3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1 nivel de presión sonora ponderado A promediado en el tiempo,  $L_{p,A,T}$ ; nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A,  $L_{p,A,eqT}$ :

Diez veces el logaritmo decimal del cociente del promedio temporal entre el cuadrado de la presión sonora ponderada A,  $p_A$ , durante un intervalo de tiempo indicado de duración T (comenzando en  $t_1$  y finalizando en  $t_2$ ), y el cuadrado de un valor de referencia,  $p_0$ , expresado en decibelios

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

donde el valor de referencia,  $p_0$ , es 20  $\mu\text{Pa}$ .

NOTA Adaptado del Informe Técnico ISO/TR 25417:2007<sup>[9]</sup>.

3.2 nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado a una jornada laboral de 8 h; nivel de exposición diario al ruido,  $L_{EX,8h}$ :

<ruido en el trabajo> Nivel, en decibelios, indicado por la siguiente ecuación:

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

donde (2)

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

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

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

NOTA 1 Si la duración efectiva de la jornada laboral,  $T_e$ , es igual a 8 h, entonces  $L_{EX,8h}$  es igual a  $L_{p,A,eq,8h}$ .

NOTA 2 Si se desea conocer la exposición media o normalizada de varios días, se puede utilizar la ecuación (3):

$$\bar{L}_{EX,8h} = 10 \lg \left[ \frac{1}{X} \sum_{x=1}^X 10^{0,1 \times L_{EX,8h,x}} \right] \text{ dB} \quad (3)$$

El valor de X se escoge en función del objetivo del proceso de promediado. Por ejemplo,  $X = 5$  lleva a un nivel de exposición al ruido diario a una semana nominal de 5 días laborables de 8 h.

NOTA 3 Esta definición difiere de la dada en el Informe Técnico ISO/TR 25417:2007<sup>[9]</sup>.

### 3.3 jornada nominal:

Jornada laboral a lo largo de la cual se decide determinar la exposición al ruido.

NOTA 1 La jornada nominal se determina a partir del análisis del trabajo y depende del objetivo de las mediciones. Por ejemplo, se puede tratar de una jornada tipo que representa el trabajo realizado en varios días o de la jornada con la exposición al ruido más alta. Véase también el apartado 7.3.

NOTA 2 El nivel de exposición al ruido se calcula generalmente sobre una base diaria, pero en determinadas circunstancias, se considera adecuado el uso de períodos de exposición al ruido semanales o más largos.



3.4 nivel de presión sonora de pico ponderado C,  $L_{p,Cpico}$ :

Diez veces el logaritmo decimal del cociente entre el cuadrado de la presión sonora de pico ponderado C,  $p_{Cpico}$ , y el cuadrado de un valor de referencia,  $p_0$ , expresado en decibelios.

$$L_{p,Cpico} = 10 \lg \frac{p_{Cpico}^2}{p_0^2} \text{ dB} \tag{4}$$

donde el valor de referencia,  $p_0$ , es 20  $\mu\text{Pa}$ .

3.5 tarea:

<ruido en el trabajo> Parte determinada de la actividad profesional de un trabajador.

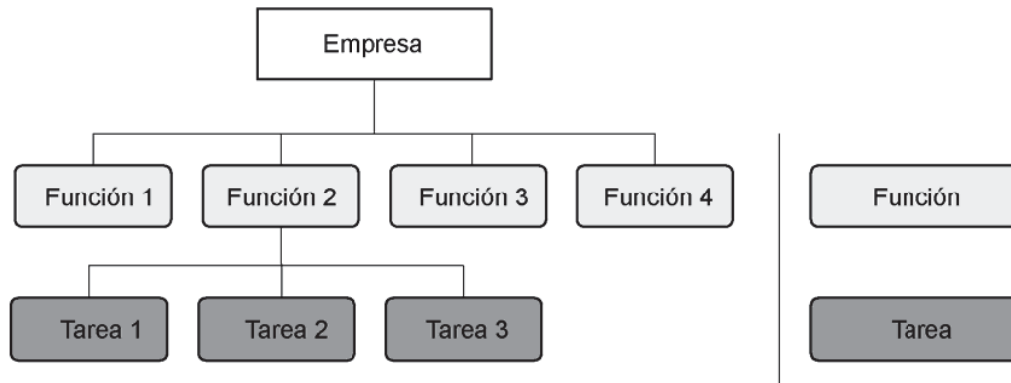
La figura 1 ilustra la jerarquía de las funciones y tareas.

3.6 función

<ruido en el trabajo> Actividad profesional global que desempeña un trabajador, consistente en todas las tareas realizadas por el trabajador durante una jornada laboral completa o un turno de trabajo completo.

NOTA A menudo, un trabajador tiene un puesto de trabajo que describe sus funciones, a veces complementado por una descripción adicional para garantizar una clara identificación, por ejemplo “soldador – cadena de fabricación A”.

La figura 1 ilustra la jerarquía de las funciones y tareas.



Leyenda

- |           |                        |         |               |
|-----------|------------------------|---------|---------------|
| Función 1 | montadores de andamios | Tarea 1 | planificación |
| Función 2 | soldadores             | Tarea 2 | amoladura     |
| Función 3 | pintores               | Tarea 3 | soldadura     |
| Función 4 | vigilantes             |         |               |

Figura 1 – Ejemplo de la jerarquía de funciones y tareas

## 4 SÍMBOLOS

$c_i$	coeficiente de sensibilidad relacionado con cada magnitud de entrada	-
$c_1$	coeficiente de sensibilidad asociado al muestreo del nivel de ruido por función	-
$c_{1a,m}$	coeficiente de sensibilidad asociado al muestreo del nivel de ruido de la tarea m	-
$c_{1b,m}$	coeficiente de sensibilidad asociado a la estimación de la duración de la tarea m	dB h <sup>-1</sup>
$c_2$	coeficiente de sensibilidad asociado a los instrumentos de medición	-
$c_3$	coeficiente de sensibilidad asociado a la posición del micrófono	-
$i$	número de muestra de la tarea	-
$I$	número total de muestras de la tarea	-
$j$	número de observaciones de la duración de la tarea	-
$J$	número total de observaciones de la duración de la tarea	-
$k$	factor de cobertura relacionado con el intervalo de confianza	-
$K_N$	denominador según se indica en el apartado C.3.3, Nota 2	-
$L_{EX,8h}$	nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado a una jornada laboral nominal de 8 h	dB
$L_{EX,8h}$	nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado a una jornada laboral nominal promediada de 8 h	dB
$L_{EX,8h,m}$	nivel de exposición al ruido ponderado A de la tarea m que contribuye al nivel de exposición diaria al ruido	dB
$L_{p,A,eqT,m}^*$	estimación del nivel verdadero de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea m	dB
$L_{p,A,T}=L_{p,A,eqT}$	nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A sobre un período T	dB
$L_{p,A,eqT,m}$	nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea m	dB
$\bar{L}_{p,A,eqT,m}$	media aritmética de un determinado número de muestras de los niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderados A para la tarea m	dB
$L_{p,A,eqT,n}$	nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de la muestra n de la función	dB
$L_{p,A,eqT_e}$	nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral	dB
$L_{p,C,pico}$	nivel de presión sonora de pico ponderado C	dB
$m$	número de la tarea	-
$M$	número total de tareas	-

n	número de muestra de la función	-
N	número total de muestras de la función	-
n <sub>G</sub>	número de trabajadores en un grupo de exposición homogéneo	-
p <sub>0</sub>	valor de referencia; $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa	Pa
p <sub>A</sub>	presión sonora ponderada A	Pa
p <sub>Cpico</sub>	presión sonora de pico ponderada C	Pa
Q <sub>2</sub>	corrección relativa a los instrumentos de medición	dB
Q <sub>3</sub>	corrección relativa a la posición del micrófono	dB
t	duración de la medición según se describe en la figura 2	h
T	período de tiempo sobre el que se calcula un promedio	h
T <sub>0</sub>	duración de referencia; T <sub>0</sub> = 8 h	h
T <sub>e</sub>	duración efectiva de la jornada laboral	h
T <sub>m</sub>	duración de la tarea m	h
T <sub>m,j</sub>	duración de la muestra j de la tarea m	h
T <sub>n</sub>	duración de la muestra de la función n	h
U	incertidumbre expandida	dB
u	incertidumbre típica combinada	dB
u <sub>i</sub>	incertidumbre típica de cada magnitud de entrada	dB
u <sub>1</sub>	incertidumbre típica de la media energética de un número de mediciones del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A	dB
u <sub>1</sub> <sup>*</sup>	incertidumbre típica estimada de un número de mediciones del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A	dB
u <sub>1a,m</sub>	incertidumbre típica debida al muestreo del nivel de ruido de la tarea m	dB
u <sub>1b,m</sub>	incertidumbre típica debida a la estimación de la duración de la tarea m	h
u <sub>2</sub>	incertidumbre típica debida a la instrumentación	dB
u <sub>2,m</sub>	incertidumbre típica debida a la instrumentación en el método de la tarea	dB
u <sub>3</sub>	incertidumbre típica debida a la posición del micrófono	dB
x	número del día	-
X	número total de días	-

## 5 INSTRUMENTACIÓN

### 5.1 Sonómetros y exposímetros sonoros individuales

Las mediciones se pueden realizar utilizando tanto sonómetros integradores-promediadores como exposímetros sonoros individuales.

Los sonómetros, incluyendo el micrófono y los cables asociados, deben cumplir los requisitos relativos a la instrumentación de clase 1 o de clase 2 especificados en la Norma IEC 61672-1:2002. Son preferibles los instrumentos de clase 1, y se deberían utilizar cuando se mide a muy bajas temperaturas o cuando el ruido está compuesto preferentemente por altas frecuencias (véase también la nota 3).

Los exposímetros sonoros personales, incluyendo el micrófono y el cable, deben cumplir los requisitos especificados en la Norma IEC 61252. Se recomienda utilizar los exposímetros sonoros personales que cumplan con los requisitos de clase 1 de la Norma IEC 61672-1:2002, y se deberían utilizar cuando se mide a muy bajas temperaturas o cuando el ruido está compuesto preferentemente por altas frecuencias (véanse también las notas 2 y 4).

NOTA 1 La mayoría de sonómetros que cumplen con los requisitos de la Norma IEC 60651:2001 <sup>[10] 1)</sup> y de la Norma IEC 60804:2000 <sup>[11] 1)</sup> también cumplen con los requisitos de la Norma IEC 61672-1:2002.

NOTA 2 El “exposímetro sonoro personal” se denomina a menudo “dosímetro de ruido”.

NOTA 3 En la Norma IEC 61672-1:2002, para los instrumentos de clase 1, los límites de las tolerancias especificadas se aplican para el rango de temperaturas de -10 °C a +50 °C. Para los instrumentos de clase 2, según la Norma IEC 61672-1:2002, y para los exposímetros sonoros personales de acuerdo con la Norma IEC 61252, la influencia de las variaciones de la temperatura del aire sobre el nivel de la señal medida se especifica sobre el rango de 0 °C a +40 °C. Para conservar la precisión cuando se realizan las mediciones fuera de este rango de temperaturas, puede ser necesario utilizar un instrumento para el que el fabricante haya dado su conformidad para un rango de temperaturas más amplio. De forma alternativa, se puede seleccionar un sonómetro de clase 1 de acuerdo con la Norma IEC 61672-1:2002. En ambientes fríos, el instrumento de medición se puede mantener a una temperatura adecuada, por ejemplo, guardándolo debajo de la ropa, de manera que sólo el micrófono esté expuesto a las bajas temperaturas.

NOTA 4 La elección de la instrumentación influye en la incertidumbre de las mediciones.

NOTA 5 En cuanto a los exposímetros sonoros personales, la Norma IEC 61252 permite tolerancias más amplias en las características de frecuencia por encima de 4 000 Hz, que pueden llevar a una medición incorrecta de los sonidos de altas frecuencias, como los emitidos por los conductos de aire. Para poder reducir la incertidumbre a la hora de medir un ruido dominado por las altas frecuencias, puede ser necesario utilizar un instrumento de medición para el que el fabricante especifique características de alta frecuencia dentro de un estrecho rango de frecuencias. Alternativamente, se puede seleccionar un sonómetro de clase 1, especificado según la Norma IEC 61672-1:2002.

Los exposímetros sonoros personales pueden tener un umbral de corte a aproximadamente 70 dB. Se debería comprobar si este hecho influye en los resultados de las mediciones.

### 5.2 Calibrador

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

### 5.3 Verificación periódica

La calibración del calibrador acústico y la conformidad del sistema de instrumentación con los requisitos de la Norma IEC 61672-1, de la Norma IEC 61252 y de otras normas de interés, se debe verificar a intervalos en un laboratorio que realice calibraciones trazables a las normas adecuadas.

Salvo que los reglamentos nacionales especifiquen lo contrario, se recomienda que el calibrador acústico y el cumplimiento del sistema de instrumentación con los requisitos de la Norma IEC 61672-1 se verifique a intervalos que no excedan los 2 años.

En el informe de medición, se debe registrar e indicar la fecha de la última verificación periódica y el nombre del laboratorio que la realizó.

---

1) Sustituida.

## 6 METODOLOGÍA – ETAPAS CRONOLÓGICAS

### 6.1 Etapa 1: Análisis de trabajo

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

### 6.2 Etapa 2: Selección de la estrategia de medición

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

### 6.3 Etapa 3: Mediciones

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

### 6.4 Etapa 4: Tratamiento de errores e incertidumbres

Las fuentes de errores e incertidumbres que pueden influir en el resultado se deben evaluar de acuerdo con los capítulos 13 y 14.

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

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

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

## 7 ANÁLISIS DE TRABAJO

### 7.1 Introducción

Se requiere un análisis de trabajo en todas las situaciones. Debe proporcionar la información necesaria para:

- a) describir las actividades de la empresa y las funciones de los trabajadores incluidos en el estudio;
- b) definir grupos de exposición al ruido homogéneos (véase 7.2), si procede;
- c) determinar una o varias jornadas nominales para cada trabajador o grupo, si procede;
- d) identificar las tareas que constituyen las funciones, si procede;
- e) identificar los posibles eventos de ruido significativos;
- f) elegir la estrategia de medición;
- g) establecer el plan de medición.

El trabajo se debe analizar haciendo hincapié en la producción, en el proceso, en la organización, en los trabajadores y en las actividades.

Las mediciones se pueden realizar utilizando la estrategia basada en la tarea, en la función o en una jornada completa. Sea cual sea la estrategia utilizada, es esencial identificar todos los eventos importantes con respecto a la exposición al ruido y garantizar que el plan de medición los tiene en cuenta. Véase el anexo A para un ejemplo de lista de control.

NOTA El orden de ejecución de los elementos mencionados anteriormente puede depender de la complejidad de la situación in situ. Los elementos están estrechamente ligados y, por lo tanto, el proceso puede ser iterativo en situaciones complejas, es decir, que un conocimiento más profundo de uno de los elementos puede desembocar en una nueva descripción o en una redefinición de los otros.

### 7.2 Definición de los grupos de exposición al ruido homogéneos

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

NOTA Un grupo de exposición al ruido homogéneo también se denomina grupo de exposición al ruido similar US.

Los grupos de exposición al ruido homogéneos se pueden definir de diversas maneras. Por ejemplo, se puede definir a estos grupos en función del nombre de su puesto, de su función, de su área de trabajo o de su profesión. Alternativamente, los grupos se pueden definir analizando el trabajo según los criterios de producción, de proceso o de actividad profesional.

Independientemente de la manera de definir los grupos, se deberían verificar consultando con los trabajadores y el supervisor y, en última instancia, mediante una evaluación de los resultados de medición (véase 10.4).

### 7.3 Determinación de una jornada nominal

Una jornada nominal, comprendiendo los períodos de trabajo y las pausas, se debe determinar consultando con los trabajadores y con la dirección. El trabajo se debe someter a estudio para obtener una visión de conjunto y una comprensión de todos los factores que pueden influir en la exposición al ruido. Véase el anexo A para más detalles.

Los temas que se deben abordar son los siguientes:

- a) tareas (contenido y duración) y variación dentro de las tareas;
- b) principales fuentes de ruido y puestos de trabajo ruidosos;
- c) pautas de trabajo y cualquier evento de ruido significativo, que tenga como resultado un cambio en el nivel de ruido;
- d) número y duración de las pausas, reuniones, etc., y de si se deberían considerar como parte de la jornada laboral o no.

Las mediciones se deben planificar para garantizar que todos los eventos de ruido significativos están incluidos. Para cada uno de los eventos, se debe registrar, cuando se produzca, su naturaleza, duración y frecuencia diaria. En el anexo A se muestra un ejemplo de lista de control para garantizar que los eventos de ruido significativos se detectan durante el análisis de trabajo.

En algunos casos, el trabajo y por lo tanto la exposición al ruido, varía de un día para otro, de forma y manera que no existe una exposición diaria tipo, por ejemplo, para trabajadores que cada día trabajan en sitios distintos o realizan trabajos distintos. En estos casos, la jornada nominal se puede definir a partir de las situaciones de trabajo durante varios días, por ejemplo, una semana. Véanse asimismo las notas de los apartados 3.2 y 3.3.

Cualquiera de los indicadores que caracterizan el trabajo con respecto al ruido se debe identificar, cuantificar y registrar. Ejemplos de estos indicadores son: el tipo de producción en proceso; los materiales; las cantidades; el espesor de la pieza trabajada; el ajuste; la velocidad; y el número de trabajadores implicados.

Si el objetivo de las mediciones es estimar el riesgo a largo plazo de la pérdida de audición de los trabajadores, entonces la jornada nominal escogida debe ser representativa de la exposición media sobre el período considerado, de acuerdo con la Norma ISO 1999.

## 8 SELECCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE MEDICIÓN

### 8.1 Generalidades

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

### 8.2 Estrategias de medición

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

- a) medición basada en la tarea: se analiza el trabajo realizado durante la jornada y se divide en un cierto número de tareas representativas y, para cada tarea, se hacen mediciones por separado del nivel de presión sonora (véase el capítulo 9);
- b) medición basada en la función: se toma un cierto número de muestras aleatorias del nivel de presión sonora durante la realización de funciones particulares (véase el capítulo 10);
- c) medición de una jornada completa: se mide el nivel de presión sonora de forma continua a lo largo de jornadas laborales completas (véase el capítulo 11).

El anexo B proporciona una guía detallada para la elección de la estrategia de medición.

## 9 ESTRATEGIA 1 – MEDICIÓN BASADA EN LA TAREA

### 9.1 División de la jornada nominal en tareas

Para los trabajadores o los grupos de exposición al ruido homogéneos sometidos a evaluación, la jornada nominal se debe dividir en tareas. Cada tarea se debe definir de tal manera que  $L_{p,A,eqT}$  sea, con probabilidad, repetible. Es necesario garantizar que todas las contribuciones al ruido relevantes estén incluidas. La información detallada con respecto a la duración de las tareas es especialmente importante para aquellas fuentes de ruido con niveles de ruido elevados.

Para obtener una correcta determinación de  $L_{p,A,eqT}$  y de  $L_{p,Cpico}$  es importante la identificación de las fuentes de ruido y de las tareas que dan los niveles de pico más elevados

### 9.2 Duración de las tareas

Se deben determinar las duraciones de las tareas,  $T_m$ . Esto se puede realizar mediante:

- a) entrevistas con los trabajadores y el supervisor;
- b) la observación y la medición de las duraciones durante las mediciones de ruido;
- c) la recopilación de información con respecto al funcionamiento de las fuentes de ruido típicas (por ejemplo, los procesos de trabajo, las máquinas, las actividades en el lugar de trabajo y en su entorno).

Opcionalmente, la duración de una tarea se puede considerar como variable. Para determinar posibles variaciones en la duración, se puede observar la tarea y registrar su duración por ejemplo tres veces. También es posible preguntar a varios trabajadores y supervisores y que indiquen el rango de duración más razonable.

Si están disponibles las observaciones  $J$  de la duración de la tarea  $T_{m,j}$ , el valor aritmético medio de la duración de la tarea,  $\bar{T}_m$ , se calcula mediante la ecuación (5):

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j} \quad (5)$$

La suma de las duraciones individuales de las tareas,  $T_m$ , que componen la jornada nominal, debe corresponder a la duración efectiva de la jornada laboral. La duración efectiva de la jornada laboral,  $T_e$ , viene dada por:

$$T_e = \sum_{m=1}^M \bar{T}_m \quad (6)$$

donde

$\bar{T}_m$  es la duración aritmética media de la tarea  $m$ ;

$m$  es el número de tarea;

$M$  es el número total de tareas.

NOTA Las mediciones basadas en la tarea se pueden combinar, por ejemplo, con las mediciones de una jornada completa para verificar que todas las fuentes importantes están incluidas.

### 9.3 Medición de $L_{p,A,eqT,m}$ de las tareas

Para cada tarea, el valor de  $L_{p,A,eqT,m}$  representativo de la exposición al ruido del trabajador se debe medir de acuerdo con el capítulo 12. Las mediciones deben cubrir las variaciones del nivel de ruido en el seno de cada tarea, en el tiempo, en el espacio y en las condiciones laborales.

El técnico encargado de la medición debe garantizar que la situación de trabajo es representativa. A ser posible, el trabajador implicado debe ser observado durante las mediciones. Si las condiciones de operación o de trabajo se desvían de la situación normal, ello se debe registrar y notificar en el informe.

Cuando el técnico responsable de las mediciones tenga dificultades a la hora de seguir las actividades del trabajador sin interferir en su trabajo, las actividades durante las mediciones se deben registrar con otros medios, por ejemplo, mediante entrevistas o mediante la revisión de los registros de trabajo, y se deben plasmar en el informe.

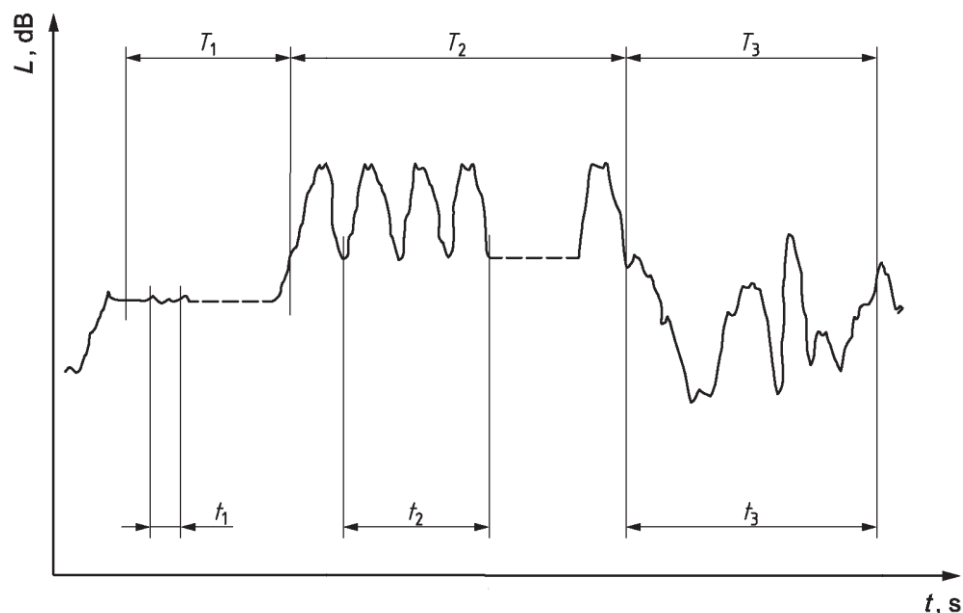
La duración de cada medición debe ser lo suficientemente larga como para representar el nivel de presión sonora continuo equivalente medio para la tarea real. Si la duración de la tarea es inferior a 5 min, la duración de cada medición debe ser igual a la duración de la tarea. Para tareas más largas, la duración de cada medición debe ser de al menos 5 min. Sin embargo, la duración de cada medición se puede reducir si el nivel es constante o repetitivo, o si el ruido producido por la tarea se considera como un contribuyente menor a la exposición total al ruido. Véase la figura 2, tarea 1.

Si el ruido durante la tarea es cíclico, cada medición debe cubrir la duración de al menos tres ciclos bien definidos. Si la duración de tres ciclos es inferior a 5 min, cada medición debe ser de al menos 5 min. La duración de cada medición debe corresponder siempre a la duración de un número de ciclos enteros. Véase la figura 2, tarea 2.

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante una tarea, la duración de cada medición debe ser lo suficientemente larga para garantizar que el valor medido de  $L_{p,A,eqT,m}$  es representativo del conjunto de la tarea. Véase la figura 2, tarea 3.

Para cada tarea, se deben realizar al menos tres mediciones. Para cubrir la variación real del nivel de ruido, se recomienda realizar las mediciones en diferentes momentos durante la tarea o en diferentes trabajadores de un mismo grupo.





Leyenda

$L$	nivel de ruido en función del tiempo	$t$	tiempo
$T_1$	duración de la tarea 1	$t_1$	duración de la medición 1: ruido más o menos constante
$T_2$	duración de la tarea 2	$t_2$	duración de la medición 2: ruido fluctuando de manera cíclica
$T_3$	duración de la tarea 3	$t_3$	duración de la medición 3: ruido fluctuando de manera aleatoria

Figura 2 – Ejemplo de tres períodos con situaciones de ruido diferentes y duración real de cada medición

Si los resultados de las tres mediciones de una tarea difieren en 3 dB o más:

- realícense al menos tres mediciones adicionales de la tarea; o
- subdivídase la tarea en otras tareas, y repítanse los apartados 9.2 y 9.3; o
- repítase este apartado con una duración más larga para cada medición.

NOTA Las mediciones adicionales no reducen el rango de los valores medidos, pero pueden reducir la incertidumbre parcial.

Para la tarea  $m$ , calcúlese el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A a partir de  $I$  mediciones separadas,  $L_{p,A,eqT,m,i}$  como sigue:

$$L_{p,A,eqT,m} = 10 \lg \left( \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m,i}} \right) \text{dB} \quad (7)$$

donde

$L_{p,A,eqT,m,i}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A durante una tarea de duración  $T_m$ ;

$i$  es el número de una muestra de la tarea  $m$ ;

$I$  es el número total de muestras de la tarea  $m$ .

Calcúlese la incertidumbre de acuerdo con el capítulo C.2.

#### 9.4 Cálculo de la contribución de cada tarea al nivel de exposición al ruido diario

El cálculo especificado en este apartado es opcional y se puede realizar si se requiere un valor para la contribución relativa de cada tarea al nivel de exposición al ruido diario. En caso contrario, procédase según el apartado 9.5.

La contribución al ruido de la tarea  $m$  al nivel de exposición al ruido diario ponderado A,  $L_{EX,8h,m}$ , se puede calcular como sigue:

$$L_{EX,8h,m} = L_{p,A,eqT,m} + 10 \lg \left( \frac{\bar{T}_m}{T_0} \right) \text{dB} \quad (8)$$

donde

$L_{p,A,eqT,m}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea  $m$  según indica la ecuación (7);

$\bar{T}_m$  es la media aritmética de la duración de la tarea  $m$ , según indica la ecuación (5);

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

#### 9.5 Determinación del nivel de exposición al ruido diario

Calcúlese el nivel de exposición al ruido diario ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , a partir de la ecuación (9) o de la ecuación (10).

La ecuación (9) permite el cálculo del nivel de exposición al ruido diario ponderado A a partir de  $L_{p,A,eqT,m}$  y la duración de cada una de las tareas. Utiliza el nivel calculado por la ecuación (7) y la duración de acuerdo con el apartado 9.2.

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left( \sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m}} \right) \text{dB} \quad (9)$$

donde

$L_{p,A,eqT,m}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea  $m$  según indica la ecuación (7);

$\bar{T}_m$  es la duración aritmética media de la tarea  $m$ , según indica la ecuación (5);

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

$m$  es el número de la tarea;

$M$  es el número total de tareas  $m$  que contribuyen al nivel de exposición al ruido diario.

La ecuación (10) permite el cálculo del nivel de exposición al ruido ponderado A a partir de la contribución al ruido de cada una de las tareas. Se puede utilizar si la contribución relativa de cada tarea  $m$  se ha calculado de acuerdo con el apartado 9.4, utilizando la ecuación (8):

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left( \sum_{m=1}^M 10^{0,1 \times L_{EX,8h,m}} \right) \text{dB} \quad (10)$$

donde

$L_{EX,8h,m}$  es el nivel de exposición sonora ponderado A de la tarea  $m$  que contribuye al nivel de exposición al ruido diario;

$m$  es el número de la tarea;

$M$  es el número total de tareas que contribuyen al nivel de exposición al ruido diario.

## 10 ESTRATEGIA 2 – MEDICIÓN BASADA EN LA FUNCIÓN

### 10.1 Generalidades

El principio de esta estrategia de medición es el de tomar muestras aleatorias de la exposición al ruido midiendo  $L_{p,A,eqT}$  durante la realización de las funciones identificadas durante el análisis de trabajo.

### 10.2 Plan de medición – Número, duración y distribución de las mediciones

El plan de medición se debe establecer como sigue. A partir de las funciones identificadas, se deben establecer grupos de exposición al ruido homogéneos (véase también 7.2). Para cada grupo de exposición al ruido homogéneo:

- determinarse, con ayuda de la tabla 1, la duración de medición mínima acumulativa para el número de trabajadores,  $n_G$ , del grupo de exposición homogéneo;
- escóljase una duración de muestra y un número de muestras, al menos cinco, de tal manera que la duración acumulativa sea superior o igual a la duración mínima determinada en el paso anterior;
- planifíquese la toma de muestras distribuidas de forma aleatoria entre los miembros del grupo y a lo largo de la duración de la jornada laboral.

NOTA Los resultados del análisis del trabajo, del juicio profesional y la viabilidad de las mediciones pueden orientar la elección de algunas muestras para garantizar que se incluyen los eventos de ruido específicos. El hecho de aumentar el número de muestras reduce la incertidumbre.

Tabla 1 – Especificaciones para la duración mínima total de medición a aplicar a un grupo de exposición homogéneo de tamaño  $n_G$

Número de trabajadores en el grupo de exposición homogéneo $n_G$	Duración mínima acumulativa de medición a repartir entre el grupo de exposición homogéneo
$n_G \leq 5$	5 h
$5 < n_G \leq 15$	$5 \text{ h} + (n_G - 5) \times 0,5 \text{ h}$
$15 < n_G \leq 40$	$10 \text{ h} + (n_G - 15) \times 0,25 \text{ h}$
$n_G > 40$	17 h o fraccionar el grupo

EJEMPLO Se tuvo que establecer un plan de medición para un grupo de exposición homogéneo de seis trabajadores. El plan de medición fue el siguiente:

- la duración de medición mínima acumulativa de las muestras fue de 5,5 h (de acuerdo con la tabla 1);
- el número de muestras escogidas fue de 10, con una duración de 33 min para cada una;
- se escogieron tres trabajadores de manera aleatoria de entre los seis trabajadores;
- la primera muestra escogida comenzaba justo al principio de la jornada laboral y la última englobaba el fin de la jornada laboral, porque el análisis de trabajo mostró que estos períodos contribuían de forma significativa a la exposición al ruido;
- las otras ocho muestras se repartieron de forma aleatoria sobre el resto de la jornada laboral.

### 10.3 Mediciones

Las mediciones se deben realizar de acuerdo con el capítulo 12.

10.4 Determinación de los niveles de exposición al ruido diarios para trabajadores de un grupo de exposición homogéneo

Calcúlese el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A,  $L_{p,A,eqT_e}$ , para la duración efectiva de la jornada laboral,  $T_e$ , mediante la ecuación (11):

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{dB} \quad (11)$$

donde

$L_{p,A,eqT,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de la muestra n;

n es el número de la muestra de la función;

N es el número total de muestras de la función.

Calcúlese el nivel de exposición al ruido diario ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , de los trabajadores en un grupo de exposición homogéneo, mediante la ecuación (12):

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{dB} \quad (12) \quad (12)$$

donde

$L_{p,A,eqT_e}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral;

$T_e$  es la duración efectiva de la jornada laboral;

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

Calcúlese la incertidumbre de acuerdo con el capítulo C.3.

Si la contribución a la incertidumbre  $c_{1u_1}$  debido al muestreo (como se ha obtenido de la tabla C.4) es mayor a 3,5 dB, se deben realizar modificaciones al grupo de exposición homogéneo o se debería aumentar el número de mediciones para reducir la incertidumbre.

## 11 ESTRATEGIA 3 – MEDICIÓN DE UNA JORNADA COMPLETA

### 11.1 Generalidades

La medición de una jornada completa debe cubrir todas las contribuciones al ruido y los períodos tranquilos relacionadas con el trabajo durante la jornada laboral. Es práctico realizar estas mediciones de largo plazo utilizando exposímetros sonoros personales o instrumentos similares.

Cuando se utiliza esta estrategia de medición, se debe garantizar que los días escogidos son representativos de lo que se define como la situación de trabajo significativa.

Por razones prácticas, puede no ser posible realizar las mediciones durante la jornada laboral completa. En estos casos, las mediciones se deberían realizar durante una parte del día lo más larga posible, cubriendo todos los períodos significativos de la exposición al ruido.

NOTA Dado que esta estrategia de medición reúne todas las contribuciones, también tiene el mayor riesgo de incluir contribuciones falsas (véase el capítulo 13). Este riesgo se puede reducir observando detenidamente a los trabajadores durante las mediciones, realizando mediciones puntuales y/o preguntando a los trabajadores al final del período acerca de las tareas que él/ella ha realizado o los lugares donde él/ella ha trabajado.

### 11.2 Observación de las actividades de trabajo y mediciones de control

Se debería observar a los trabajadores durante las mediciones. Si esto no es posible, se debería comprobar la validez de las mediciones mediante una o más de las siguientes acciones:

- a) entrevistas con los supervisores y trabajadores;
- b) realización de mediciones puntuales para verificar los niveles medidos utilizando exposímetros sonoros personales;
- c) evaluación de la exposición de los trabajadores seleccionados utilizando las mediciones basadas en la tarea según se especifica en el capítulo 9;
- d) un examen, por parte del trabajador y del técnico encargado de la medición, del registro diario (histórico) del exposímetro sonoro personal al final del período de trabajo, para identificar las diferentes tareas y eventos. Por este motivo, el uso de exposímetros sonoros personales registradores es altamente recomendable.

### 11.3 Mediciones

Las mediciones se deben realizar de acuerdo con el capítulo 12. Inicialmente, se deben realizar tres mediciones de una jornada completa  $L_{p,AeqT}$ , para representar la exposición al ruido de los trabajadores.

Si los resultados de las tres mediciones difieren en menos de 3 dB, calcúlese el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A durante la jornada nominal para obtener la media energética de las tres mediciones. Para los cálculos, véase la ecuación (11).

Si los resultados de las mediciones difieren en más de 3 dB, efectúense al menos dos mediciones adicionales de la jornada completa, y calcúlese el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A durante la jornada nominal para obtener la media energética de todas las mediciones.

### 11.4 Determinación del nivel de exposición al ruido diario

Calcúlese el nivel de exposición al ruido diario ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , a partir de la ecuación (13):

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (13)$$

donde

$L_{p,AeqT_e}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A calculado de acuerdo con el apartado 11.3;

$T_e$  es la duración efectiva de la jornada laboral;

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

Calcúlese la incertidumbre de acuerdo con el capítulo C.4.

## 12 MEDICIONES

### 12.1 Selección de instrumentos

Las mediciones se deben realizar utilizando los siguientes tipos de instrumentos (véase también 5.1):

- a) exposímetro sonoro personal que lleva el trabajador cuya exposición al ruido se está determinando;
- b) sonómetro integrador-promediador colocado en posiciones discretas, o sostenido en la mano para seguir a un trabajador que se mueve.

Los exposímetros sonoros personales se pueden utilizar para las mediciones en todos los tipos de situaciones de trabajo. Es el método preferido para realizar mediciones de larga duración para un trabajador con movilidad, implicado en tareas complejas o imprevisibles o realizando un gran número de tareas discretas.

Para las mediciones de tareas únicas o múltiples en puestos de trabajo fijos, se pueden utilizar sonómetros portátiles o fijos.

### 12.2 Calibración de campo

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

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

### 12.3 Instrumento llevado por el trabajador

El micrófono se debe colocar en la parte superior del hombro, a una distancia de al menos 0,1 m de la entrada del canal auditivo externo, del lado del oído más expuesto y debería estar aproximadamente 0,04 m por encima del hombro. El micrófono y el cable se deben sujetar de tal manera que la influencia mecánica o de la ropa que lo cubre no lleven a falsos resultados.

Se debe prestar atención en no perturbar la realización del trabajo y, sobre todo, no crear riesgos para la seguridad. Asimismo, se deben tratar de evitar las falsas contribuciones a la medición. Véase también el apartado 13.2.

NOTA 1 Cuando se utilizan instrumentos de medición llevados por el trabajador o en otros casos en los que el micrófono se coloca muy cerca del cuerpo de un trabajador, el resultado de medición se ve afectado por los efectos de pantalla y las reflexiones en el cuerpo. Este hecho es especialmente válido para el ruido de alta frecuencia y para las pequeñas fuentes de ruido a una distancia corta del oído. En estos casos, las mediciones se deberían realizar con micrófonos colocados a ambos lados de la cabeza para establecer la exposición del oído más expuesto.

NOTA 2 La ventaja de utilizar exposímetros sonoros personales es que a los trabajadores monitorizados no hay que seguirles de cerca y que varios trabajadores pueden ser sometidos a ensayo simultáneamente.

El trabajador que está siendo monitorizado debe estar informado del objetivo de la medición. Se debe aconsejar a los trabajadores no quitarse el instrumento de medición durante todo el período de medición y realizar su trabajo de la manera habitual.

El exposímetro sonoro personal se debe reiniciar e iniciar de nuevo según las instrucciones del fabricante. Esta operación se debe hacer tras la realización de la calibración, la fijación del instrumento de medición y la correcta instalación del micrófono a fin de garantizar que no se ha introducido ningún ruido parásito durante la fijación del exposímetro sonoro personal. Se debe anotar la hora de inicio de la medición. Una vez finalizadas las mediciones, se debe apagar la instrumentación de acuerdo con las instrucciones del fabricante antes de retirar el instrumento y el micrófono. Se debe anotar la hora de finalización de la medición.

Cualquier nivel sonoro de pico elevado registrado por el instrumento que no se haya validado por observación se debe investigar y comentar en el informe.

#### 12.4 Sonómetro integrador-promediador

Los niveles medidos deben ser representativos del nivel de ruido en el oído del trabajador. Si el campo sonoro es uniforme, la posición de medición precisa es menos crítica.

Las mediciones se deberían realizar colocando el micrófono al nivel de las posiciones que ocupa la cabeza del trabajador durante la realización habitual de la función o de la tarea. Preferiblemente, el micrófono se debe colocar en el plano central de la cabeza del trabajador, en línea con los ojos, con sus ejes paralelos a la línea de visión del trabajador, y sin estar el trabajador presente. Se deben tener en cuenta varias posiciones de interés en el espacio de la cabeza del trabajador. El nivel de presión sonora medio en el puesto de trabajo también se puede determinar moviendo el sonómetro alrededor (mediante barrido) de la zona de interés. El barrido se puede realizar moviendo el micrófono a una velocidad constante a lo largo de una trayectoria con la forma del símbolo de infinito: '∞'.

Cuando el/la trabajador/a tiene que estar presente en su puesto de trabajo, el micrófono se debe colocar o sostener a una distancia entre 0,1 m y 0,4 m de la entrada del canal auditivo externo y en el lado del oído más expuesto.

Si la actividad del trabajador o la configuración del puesto de trabajo hace imposible guardar una distancia dentro de los 0,4 m, se recomienda el uso de un instrumento llevado por el trabajador.

Si la ubicación del trabajador está muy próxima a las fuentes de ruido, el campo sonoro se debería estudiar detenidamente y la posición y la dirección del micrófono escogidas se deben indicar de forma precisa en el informe de ensayo.

Si la posición de la cabeza en el puesto de trabajo no está bien definida, se pueden utilizar las siguientes alturas de micrófono (véanse las Normas ISO 11200<sup>[2]</sup>, ISO 11201<sup>[3]</sup>, ISO 11202<sup>[4]</sup>, ISO 11203<sup>[5]</sup> e ISO 11205<sup>[6]</sup>):

- a) Trabajador de pie: 1,55 m ± 0,075 m por encima del suelo sobre el que el trabajador está de pie;
- b) Trabajador sentado: 0,80 m ± 0,05 m por encima de la mitad del plano de la silla, con la silla ajustada a o lo más cerca posible al punto medio de su ajuste horizontal o vertical.

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

Cerca de la fuente sonora, incluso los pequeños cambios en la posición del micrófono pueden traducirse en variaciones significativas del nivel de presión sonora. Si los tonos puros son claramente audibles en el puesto de trabajo, se pueden producir ondas sonoras estacionarias. Para determinar la variación local del nivel de presión sonora, se debería mover el micrófono a través de la zona de ocupación de interés próxima a la fuente. Las variaciones del nivel de presión sonora observadas durante el movimiento del micrófono son tratadas como niveles variables en el tiempo y promediadas en consecuencia. Si se utiliza un barrido para estudiar las variaciones en una zona, el nivel de ruido en función del tiempo,  $L(t)$ , se debería medir con una resolución temporal adecuada. Entonces, los datos de ruido necesarios para las evaluaciones de la incertidumbre se pueden obtener dividiendo el conjunto de la medición en tres, o preferiblemente en seis períodos con la misma duración, y utilizando el nivel para cada uno de estos cálculos. Las mediciones suplementarias realizadas con un instrumento fijado al trabajador de acuerdo con el apartado 12.3 reducen la incertidumbre asociada con la exposición al ruido debido a esta fuente.

Se requieren procedimientos de medición especiales para la medición de la exposición al ruido con auriculares (por ejemplo, para secretarías, telefonistas, pilotos, controladores aéreos) o bajo cascos (por ejemplo, cascos para pilotos o motoristas). Para fuentes de ruido próximas al oído, las mediciones en el canal auditivo se pueden realizar de acuerdo con la Norma ISO 11904-1<sup>[7]</sup> o la Norma ISO 11904-2<sup>[8]</sup>.

## 13 FUENTES DE INCERTIDUMBRE

### 13.1 Generalidades

Algunas fuentes de incertidumbre requieren una atención específica para poder reducir su influencia todo lo posible. Las incertidumbres pueden estar causadas tanto por errores como por la variación natural de la situación de trabajo.

Las principales fuentes de incertidumbre en el resultado son:

- a) las variaciones en el trabajo diario, las condiciones de funcionamiento, la incertidumbre en el muestreo, etc.;
- b) los instrumentos y la calibración;
- c) la posición del micrófono;
- d) las falsas contribuciones, por ejemplo, del viento, de las corrientes de aire o los impactos en el micrófono o el roce del micrófono sobre la ropa;
- e) un análisis del trabajo mal hecho o no realizado;
- f) las contribuciones de las fuentes de ruido atípicas, la palabra, la música (radio), las señales de alarma y los comportamientos atípicos.

El elemento a) depende de la complejidad de la situación de trabajo. Se considera que estas variaciones son las más elevadas para un trabajador móvil entre fuentes de ruido no constantes. El elemento b) depende de la ubicación donde se ha fijado el micrófono y de la clase de instrumento y calibrador que se ha utilizado. Los elementos c), d) y e) se deberían reducir si se hace una buena práctica según se especifica en esta norma internacional. En cuanto al elemento f) este tipo de fuentes eventuales de incertidumbre se deben identificar durante el análisis de trabajo y se debe decidir si se deben incluir o no.

Las contribuciones importantes al ruido se deben identificar durante el análisis de trabajo y durante las mediciones. Si se detecta una contribución significativa de las fuentes de error, las mediciones se deben rechazar o corregir.

El nivel de exposición al ruido medido y la incertidumbre asociada al resultado depende del método de medición utilizado. Un exposímetro sonoro personal puede incluir las contribuciones de la palabra, de la radio, etc., lo que puede aumentar el nivel de exposición al ruido medido. El uso de un sonómetro portátil garantiza la exclusión de este tipo de fuentes, por ejemplo, interrumpiendo la medición. Las mediciones realizadas en posiciones fijas pueden llevar a una sub-estimación de la exposición al ruido del trabajador, debido a la dificultad en tratar las contribuciones al ruido de fuentes sonoras próximas al oído, como las herramientas de mano.

### 13.2 Impactos mecánicos sobre el micrófono

Los errores debidos a los impactos mecánicos sobre el micrófono se deben evitar asegurándose de que el micrófono o la pantalla anti-viento no toquen ni golpeen contra nada. Este efecto puede ser más difícil de observar cuando se utiliza un exposímetro sonoro personal. Muchos instrumentos de medición registran altos niveles de presión sonora si el micrófono y/o los dispositivos de conexión se tocan, se frotan o entran en contacto con otros objetos.

Las mediciones se deben verificar para esta incertidumbre, comparando el resultado de medición registrado (diario), si está disponible, con las observaciones realizadas a lo largo de las mediciones (por ejemplo, las notas escritas a mano en un diario). Si se producen niveles de pico inexplicables, se debe verificar la influencia en el resultado y la medición se debe repetir si el resultado se ve alterado de manera significativa. En los casos donde se utilicen instrumentos no registradores y se produzcan niveles de pico elevados inexplicables en el resultado final, se debe repetir la medición.



### 13.3 Viento y corrientes de aire

Las mediciones en las corrientes de aire de gran velocidad, por ejemplo, el viento, se deben evitar. Si esto no es posible, se debe intentar minimizar al máximo el ruido inducido por las corrientes de aire. A ser posible, conviene evaluar la contribución al ruido de las corrientes de aire realizando mediciones en situaciones de trabajo similares sin corrientes de aire. En caso contrario, el ruido inducido por las corrientes de aire se puede evaluar realizando las mediciones en lugares sin el ruido ocupacional, pero con flujo de aire similar.

El ruido inducido por las corrientes de aire se debe reducir dotando al micrófono de una pantalla antiviento. En el caso de los exposímetros sonoros personales, el tamaño de la pantalla antiviento es generalmente limitado. Al utilizar un sonómetro portátil con una pantalla antiviento de grandes dimensiones, se puede controlar el efecto potencial del ruido inducido por las corrientes de aire.

Los sonómetros portátiles deberían estar dotados de pantallas antiviento de un diámetro mínimo de 60 mm para reducir el efecto de la corriente de aire o viento.

NOTA Las contribuciones del viento y de las corrientes de aire dependen de la velocidad del viento y del tamaño de la pantalla antiviento. Los niveles de presión sonora ponderados A del orden de los 80 dB, no están generalmente muy influenciados por las velocidades del aire de hasta 10 m/s, siempre y cuando la pantalla antiviento tenga un diámetro de 60 mm o superior.

### 13.4 Importancia de las contribuciones sonoras

Se debe prestar especial atención a la hora de definir los sonidos de interés para la exposición al ruido. El ruido procedente de fuentes como las radios, la palabra y las señales de alarma se deben considerar como importantes si el análisis de trabajo ha mostrado que forman parte de la condición de trabajo normal. Sin embargo, si la persona que realiza las mediciones tiene razones de peso para considerar que una contribución de estas características es irrelevante, él/ella podrá excluirla de los datos medidos, siempre y cuando se indique en el informe.

Si se observa un comportamiento atípico en el lugar de trabajo durante las mediciones, se debe hacer una evaluación de las posibles influencias en el resultado de medición. Si la influencia se considera significativa, se deben realizar nuevas mediciones.

## 14 CÁLCULO DE LAS INCERTIDUMBRES DE MEDICIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS FINALES

Las incertidumbres asociadas a la medición de la exposición al ruido se deben determinar de acuerdo con el anexo C.

El resultado final se debe indicar tanto como valor medido como valor de la incertidumbre.

La incertidumbre de medición expandida, junto con el correspondiente factor de cobertura, se debe indicar para un intervalo de confianza unilateral del 95%.

## 15 INFORMACIÓN A PRESENTAR EN EL INFORME

El informe de las mediciones de la exposición al ruido realizadas de acuerdo con esta norma internacional debe proporcionar la información siguiente:

#### a) información general:

- 1) nombre del cliente (empresa, departamento, etc.) que ha solicitado el estudio,
- 2) identificación del/de los trabajador/es o grupo/s de trabajadores (como el nombre o número identificador del trabajador) cuya exposición se ha determinado,
- 3) nombre de la/s persona/s y empresa o institución que realizó las mediciones y los cálculos,
- 4) objetivo de la determinación,
- 5) referencia a esta norma internacional y la estrategia aplicada;

## b) análisis de trabajo:

- 1) descripción de las actividades laborales sometidas a investigación,
- 2) tamaño y composición de los grupos de exposición al ruido homogéneos, si procede,
- 3) descripción del/de los día/s sometido/s a estudio, incluyendo las tareas que constituyen la jornada nominal cuando se han realizado las mediciones basadas en la tarea,
- 4) estrategia/s de medición utilizada/s, junto con una referencia al método estadístico utilizado;

## c) instrumentación:

- 1) identificación y clase de instrumento utilizado (fabricante, modelo, número de serie),
- 2) configuración del sistema, por ejemplo, pantalla antiviento, cable de prolongación, etc.,
- 3) trazabilidad de la calibración (fecha y resultado de la verificación más reciente de los componentes del sistema de medición),
- 4) documentación de las verificaciones de la calibración realizadas antes y después de cada medición;

## d) mediciones:

- 1) identificación del/de los trabajador/es cuya exposición al ruido se ha medido,
- 2) fecha y hora de las mediciones,
- 3) instrumentación utilizada para cada medición (si se han utilizado varios instrumentos),
- 4) descripción del trabajo realizado por el trabajador durante el transcurso de las mediciones, incluyendo la duración de la actividad y, si procede, la duración de los eventos cíclicos contenidos en la actividad profesional,
- 5) informe de cualquier desviación con respecto a las condiciones normales de trabajo o al comportamiento normal de trabajo durante el transcurso de las mediciones,
- 6) indicadores de producción relacionados con el trabajo realizado, si procede,
- 7) descripción de las fuentes de ruido que contribuyen a la exposición al ruido,
- 8) descripción de cualquier sonido irrelevante incluido o suprimido de los resultados medidos,
- 9) descripción de cualquier evento observado que puede haber influido en las mediciones (por ejemplo, corrientes de aire, impactos en el micrófono, ruido impulsivo),
- 10) información relevante sobre las condiciones meteorológicas (por ejemplo, viento, lluvia, temperatura),
- 11) posición y orientación del/de los micrófonos,
- 12) número de mediciones en cada posición,
- 13) duración de cada medición,

- 14) duración de cada tarea durante la jornada nominal, y la incertidumbre asociada, cuando se utiliza el método basado en la tarea,
  - 15) resultados de cada medición, a incluir al menos el valor de  $L_{p,A,eqT}$  y, opcionalmente, los valores de  $L_{p,Cpico}$  más elevados;
- e) resultados y conclusiones:
- 1) nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A,  $L_{p,A,eqT}$  y, opcionalmente, el nivel de presión sonora de pico ponderado C,  $L_{p,Cpico}$  para cada tarea/función,
  - 2) cuando se utiliza la medición basada en la tarea, los valores de  $L_{EX,8h,m}$  para cada tarea, si procede,
  - 3) nivel de exposición al ruido ponderado A  $L_{EX,8h}$  para la/las jornada/s nominal/es, y el nivel de presión sonora de pico ponderado C más elevado,  $L_{p,Cpico}$ , si se mide durante todas las tareas, redondeado al primer decimal,
  - 4) incertidumbre asociada a  $L_{EX,8h}$  y  $L_{p,Cpico}$ , si está disponible, para la/las jornada/s nominal/es, redondeadas al primer decimal (la exposición al ruido y la incertidumbre de medición se deben presentar como valores separados).

## ANEXO A (Informativo)

## EJEMPLO DE UNA LISTA DE CONTROL PARA GARANTIZAR LA DETECCIÓN DE LOS EVENTOS DE RUIDO SIGNIFICATIVOS DURANTE EL ANÁLISIS DEL TRABAJO

	Sí	No
¿Se presentan alguna de estas situaciones?		
• uso de chorros de aire comprimido	^	^
• emisiones de aire comprimido	^	^
• martilleo	^	^
• choques intensos	^	^
• uso ocasional de máquinas y herramientas muy ruidosas	^	^
• paso de vehículos ruidosos	^	^
¿Se producen operaciones muy ruidosas durante determinadas fases?		
• al principio del turno	^	^
• al final del turno	^	^
• durante la fase de ajuste o de suministro	^	^
• durante las actividades de arranque o paro en la producción	^	^
• durante la fase de limpieza	^	^
• otros		
¿Se producen actividades muy ruidosas en los puestos de trabajo vecinos?	^	^
• tipo: _____		
• puestos de trabajo expuesto: _____		

Véase también el apartado 7.3.

## ANEXO B (Informativo)

## GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

## B.1 Generalidades

Este anexo proporciona los detalles de las estrategias básicas de medición y una guía para la selección de la estrategia más adecuada (véase el capítulo 8).

## B.2 Estrategia 1 – Medición basada en la tarea

Esta estrategia está enfocada a las tareas que producen una importante exposición al ruido y a la reducción de la duración de medición requerida para una incertidumbre especificada. La medición basada en la tarea es especialmente útil cuando el trabajo se puede dividir en tareas bien definidas con condiciones de ruido claramente definibles durante las cuales se pueden realizar las mediciones. Sin embargo, conviene garantizar que todas las contribuciones al ruido importantes están incluidas en el período de medición, lo que requiere un conocimiento de todos los eventos acústicos de corta duración y de fuerte intensidad durante la jornada laboral.

La estrategia se basa en un análisis del trabajo detallado para comprender todas las tareas. Además, requiere de una validación constante de las mediciones. Esto permite realizar un número menor de mediciones para las tareas que producen una pequeña variación en el nivel de ruido.

Las mediciones basadas en la tarea proporcionan informaciones sobre las contribuciones de las diferentes tareas a la exposición diaria al ruido. Esto es ventajoso si el objetivo de las mediciones es el de determinar las prioridades para un programa de control de ruido. También ofrece la posibilidad de calcular la exposición al ruido para jornadas laborales diferentes de la jornada de medición en lo referente a la distribución y duración de las tareas. Puede reducir el esfuerzo de medición, comparado con otros métodos.

El uso de esta estrategia permite acortar los tiempos de medición cuando grupos importantes de trabajadores están realizando actividades similares en entornos acústicos similares. Las mediciones se pueden controlar también más fácilmente.

Si la situación de trabajo es compleja, el análisis del trabajo puede llevar bastante tiempo.

## B.3 Estrategia 2 – Medición basada en la función

Las mediciones basadas en la función son muy útiles cuando el contenido del trabajo y las tareas típicas son difíciles de describir o cuando no se quiere o no es práctico realizar un análisis del trabajo detallado. No se recomienda utilizar este método si una función consta de un pequeño número de tareas muy ruidosas.

Las mediciones basadas en la función pueden reducir el esfuerzo requerido para el análisis del trabajo. Se debe prestar especial atención a la hora de definir las funciones para garantizar que la exposición al ruido de cualquier trabajador con una función dada sea representativa. Esta estrategia puede llevar mucho tiempo debido al tiempo requerido para las mediciones, pero produce una incertidumbre menor en el resultado obtenido.

Como en el caso de las mediciones basadas en la tarea, se debería prestar atención en garantizar que las principales contribuciones al ruido están incluidas en el período de medición. Las mediciones basadas en la función no proporcionan necesariamente toda la información acerca de la contribución relativa a la exposición diaria al ruido de las diferentes tareas que constituyen una función, dado que no tienen en cuenta las tareas realizadas en el seno de la función definida.

Si la situación de trabajo es simple, esta estrategia puede requerir una duración de medición más larga que la estrategia basada en la tarea.

## B.4 Diferencias y similitudes entre la medición basada en la tarea y la medición basada en la función

### B.4.1 Generalidades

Estas dos estrategias no son mutuamente exclusivas. La medición basada en la tarea y la medición basada en la función se basan las dos en el muestreo de los niveles de ruido. En muchos casos, una situación de trabajo dada se puede tratar utilizando una estrategia o la otra con la misma calidad de resultado.

Las principales diferencias entre estas estrategias se describen en los apartados B.4.2 a B.4.4.

### B.4.2 Grupos de exposición al ruido homogéneos diferentes

Para las mediciones basadas en la función, los grupos homogéneos de exposición al ruido pueden tener una composición diferente que para las mediciones basadas en la tarea. Dado que una función es un grupo de tareas realizadas por un trabajador, la medición basada en la función no requiere una descomposición detallada de la actividad profesional en las tareas. Por lo tanto, determinar grupos homogéneos de exposición al ruido requiere menos tiempo que en el caso de las mediciones basadas en la tarea. Las mediciones basadas en la tarea también requieren un mejor conocimiento de la situación de trabajo que las otras estrategias, para que todas las tareas que contribuyen al nivel de ruido se clarifiquen, junto con sus respectivas duraciones.

### B.4.3 Planes de medición diferentes

Para las mediciones basadas en la función, el plan de la medición es generalmente más fácil de llevar a cabo que para las mediciones basadas en la tarea, porque no se necesita aislar cada tarea que se tiene que medir durante la jornada laboral.

### B.4.4 Duraciones de medición diferentes

La medición basada en la función requiere períodos de medición más largos que la medición basada en la tarea.

## B.5 Estrategia 3 – Medición de una jornada completa

Como la medición basada en la función, la medición de una jornada completa es más útil cuando el tipo de trabajo y las tareas típicas son difíciles de describir. Sin embargo, requiere incluso menos esfuerzo a la hora de analizar el trabajo. Por otra parte, si la situación de trabajo es sencilla, esta estrategia puede requerir una duración de medición más larga que cualquiera de las otras.

Se recomienda la medición de una jornada completa cuando el modelo de exposición al ruido de los trabajadores se desconoce, es impredecible o demasiado complejo. También es posible utilizar esta estrategia para cualquier modelo de exposición al ruido, especialmente donde no sea necesario o no se desee realizar un análisis de trabajo detallado.

La medición de la jornada completa también puede ser útil para verificar que todas las principales contribuciones están incluidas. Para estos fines de verificación, el nivel de exposición al ruido diario se puede determinar directamente sin cálculos adicionales.

Al utilizar un instrumento registrador, se puede obtener información sobre las fluctuaciones en el nivel de ruido durante la jornada laboral, y se pueden determinar las contribuciones de las diferentes tareas. También ofrece la posibilidad de eliminar las contribuciones sonoras irrelevantes de los resultados de las mediciones. Es por eso que es altamente recomendable utilizar un instrumento registrador cuando se realizan mediciones de jornadas completas.

Las mediciones de larga duración se realizarán probablemente con un exposímetro sonoro personal o con un instrumento similar llevado por el trabajador cuya exposición al ruido se está midiendo. En estos casos, es muy probable que las mediciones contengan algunos eventos no relacionados con la exposición al ruido típica del trabajador, por ejemplo impactos sobre el micrófono (accidentales o deliberados), o interferencias deliberadas, como los gritos de los compañeros de trabajo o las tentativas deliberadas de trabajar de manera ruidosa. Por estas razones, se recomienda encarecidamente que las mediciones se observen directamente por los técnicos de las mediciones, o que se utilicen otros medios igualmente efectivos para identificar y tener en cuenta estos eventos. Las mediciones realizadas sin supervisión tienen una fuerte predisposición a que dichos eventos de medición las afecten, en cuyo caso la mejor práctica puede consistir en realizar las mediciones en varios días, para que el proceso de medición pierda su carácter de “novedoso”.

#### B.6 Uso de varias estrategias de medición

En determinadas circunstancias, es necesario o deseable utilizar más de una estrategia de medición. Por ejemplo, si la jornada nominal tiende a ser compleja, la exposición al ruido calculada a partir de las mediciones basadas en la tarea se puede comprobar realizando mediciones de jornada completa a trabajadores escogidos.

Pueden existir situaciones durante la jornada completa o durante las mediciones basadas en la tarea donde no se realicen algunas tareas, a pesar de formar parte de la jornada nominal. En esos casos, serán necesarias mediciones adicionales de estas tareas.

Por poner otro ejemplo, algunos trabajadores pueden realizar diferentes actividades durante una jornada. Esto puede requerir el uso de una medición basada en la función para el trabajo realizado por la mañana, y una medición basada en la tarea para el trabajo realizado por la tarde.

#### B.7 Selección de la estrategia de medición para diferentes pautas de trabajo

La tabla B.1 proporciona una guía para la selección de la estrategia de medición básica dependiendo del tipo de trabajo.

Tabla B.1 – Selección de la estrategia de medición básica

Tipo o pauta de trabajo	Estrategia de medición		
	Estrategia 1 Medición basada en la tarea	Estrategia 2 Medición basada en la función	Estrategia 3 Medición de la jornada completa
Puesto de trabajo fijo – Tarea simple o única	√*	-	-
Puesto de trabajo fijo – Tareas complejas o múltiples	√*	√	√
Trabajador móvil – Pauta previsible – Pequeño número de tareas	√*	√	√
Trabajador móvil – Trabajo previsible – Gran número de tareas o situaciones de trabajo complejas	√	√	√*
Trabajador móvil – Pauta de trabajo imprevisible	-	√	√*
Trabajador fijo o móvil – Tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	-	√*	√
Trabajador fijo o móvil – Sin tareas asignadas	-	√*	√
√ La estrategia se puede utilizar. * Estrategia recomendada.			

## ANEXO C (Normativo)

## EVALUACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES DE MEDICIÓN

## C.1 Generalidades

Este anexo especifica el procedimiento para determinar la incertidumbre expandida del nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado a una jornada laboral de 8 h,  $L_{EX,8h}$  o, alternativamente, del valor medido del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A,  $L_{p,A,eqT}$ .

El procedimiento es conforme a la Guía ISO/IEC 98-3. Las incertidumbres se pueden calcular utilizando la hoja de cálculo proporcionada con esta norma internacional.

El estricto cumplimiento de los requisitos de esta norma internacional, en concreto los relacionados con la prevención de las contribuciones erróneas al nivel de exposición al ruido medido (véase el capítulo 13), garantiza la ausencia en el resultado final de errores sistemáticos producidos por estas contribuciones erróneas.

Las fuentes de incertidumbre contempladas en este anexo se indican en la tabla C.1.

La incertidumbre debida a la selección de la/s jornada/s de medición no está incluida en la tabla C.1, dado que, en muchos casos, solo se puede determinar mediante mediciones reiteradas sobre períodos más largos. Sin embargo, el estricto cumplimiento de los requisitos de esta norma internacional, en concreto en lo referente al análisis de trabajo, mantiene esta incertidumbre bajo control.

Tabla C.1 – Fuentes de incertidumbre consideradas al determinar la incertidumbre expandida de los niveles de presión sonora continua equivalente ponderados A o de los niveles de exposición al ruido normalizados a una jornada laboral de 8 h

Fuente de incertidumbre	Aplicación	Subíndice <sup>a</sup>	Capítulo
Muestreo de los niveles de ruido por tareas	Medición basada en la tarea	1a	C.2
Estimación de la duración de tareas	Medición basada en la tarea	1b	C.2
Muestreo de los niveles de ruido por función	Medición basada en la función	1	C.3
Instrumentos	Todas las estrategias	2	C.5
Posición del micrófono	Todas las estrategias	3	C.6
NOTA La tabla C.1 cubre las incertidumbres listadas en los párrafos a), b) y c) del apartado 13.1. Cuando las mediciones se realizan según esta norma internacional, se supone que la incertidumbre debida a los errores listados en el apartado 13.1, párrafos d), e) y f), se reduce hasta ser insignificante y/o incluida en el muestreo del nivel de ruido.			
<sup>a</sup> Utilizado en los símbolos para las incertidumbre parciales y los coeficientes de sensibilidad.			

En los casos donde exista evidencia de que una fuente de incertidumbre no contemplada en este anexo desempeña un papel más importante, su contribución se puede incluir en el cálculo de la incertidumbre típica combinada añadiendo filas a las tablas C.2 o C.3.

NOTA 1 La incertidumbre para los niveles de presión sonora de pico ponderados C no se puede indicar debido a los datos de base insuficientes. En la mayoría de los casos, se puede esperar que la incertidumbre para el nivel de presión sonora de pico sea mayor que la incertidumbre para el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A.



Las contribuciones a la incertidumbre típica combinada,  $u$ , asociada al valor del nivel de exposición al ruido, depende de la desviación típica,  $u_i$ , de cada magnitud de entrada y de los coeficientes de sensibilidad,  $c_i$ . Los coeficientes de sensibilidad son una medida de cómo se ve afectado el nivel de exposición al ruido por los cambios en los valores de las respectivas magnitudes de entrada. Matemáticamente, son iguales a las derivadas parciales de la relación funcional [véanse las ecuaciones (C.2) o (C.8) y la Guía ISO/IEC 98-3] con respecto a la magnitud de entrada de interés. Las contribuciones de las respectivas magnitudes de entrada vienen dadas por los productos de las incertidumbres típicas y sus coeficientes de sensibilidad asociados. La incertidumbre típica combinada,  $u$ , se obtiene a partir de las contribuciones a la incertidumbre individuales,  $c_i u_i$ , utilizando la ecuación (C.1)

$$u^2 = \sum c_i^2 u_i^2 \quad (\text{C.1})$$

La incertidumbre expandida,  $U$ , viene dada por  $U = ku$ , donde  $k$  es un factor de cobertura que es una función del intervalo de confianza. Para el objetivo de esta norma internacional, se contempla el intervalo de confianza unilateral del 95%, dando como resultado que  $k = 1,65$ . Esto significa que el 95% de los valores está por debajo del límite superior,  $[L_{EX,8h} + U]$ .

Esta norma internacional permite el uso de métodos estadísticos para el cálculo de la incertidumbre distintos de los métodos especificados en este anexo, por ejemplo, métodos basados en la evaluación científica (conocimiento en profundidad sobre las incertidumbres) o las simulaciones de Monte Carlo. Si se utilizan este tipo de métodos, deben estar en total conformidad con la Guía ISO/IEC 98-3. También se debe poder demostrar que no subestima la incertidumbre. El método utilizado se debe incluir en el informe de ensayo.

NOTA 2 En la referencia [14] se da una explicación de las bases estadísticas de los métodos descritos en este anexo.

## C.2 Determinación de la incertidumbre expandida para una medición basada en la tarea

### C.2.1 Relación funcional para una medición basada en la tarea

La expresión general para la determinación del nivel de exposición al ruido ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , utilizando la medición basada en la tarea, es:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left[ \sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m}^*} \right] \text{dB} \quad (\text{C.2})$$

donde

$\bar{T}_m$  es la media aritmética de las duraciones de la tarea  $m$ ;

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

$m$  es el número de tarea;

$M$  es el número total de tareas;

$L_{p,A,eqT,m}^*$  es la estimación del nivel verdadero de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea  $m$ ,  $L_{p,A,eqT,m}$  [véase la ecuación (7)];

$$L_{p,A,eqT,m}^* = L_{p,A,eqT,m} + Q_2 + Q_3$$

donde

$Q_2$  es la corrección para el instrumento de medición utilizado para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A;

$Q_3$  es la corrección para la posición del micrófono utilizado para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A.

NOTA Como las estimaciones de  $Q_2$  y  $Q_3$  son aproximadamente 0,  $L_{p,A,eqT,m}^* \approx L_{p,A,eqT,m}$ . En estas condiciones, la ecuación (C.2) es idéntica a la ecuación (9).

### C.2.2 Cálculo de la incertidumbre típica combinada, $u$ , y de la incertidumbre expandida, $U$

Dado que las magnitudes implicadas no están correlacionadas, la incertidumbre típica combinada para el nivel de exposición al ruido ponderado A  $L_{EX,8h}$ ,  $u(L_{EX,8h})$  se debe calcular, de acuerdo con la Guía ISO/IEC 98-3, a partir de los valores numéricos de las contribuciones a la incertidumbre,  $c_j u_j$ , como sigue:

$$u^2(L_{EX,8h}) = \left( \sum_{m=1}^M \left[ c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right) \quad (C.3)$$

donde

$u_{1a,m}$  es la incertidumbre típica debida al muestreo del nivel de ruido de la tarea  $m$ , véase el apartado C.2.3;

$u_{1b,m}$  es la incertidumbre típica debida a la estimación de la duración de la tarea  $m$ , véase el apartado C.2.3;

$u_{2,m}$  es la incertidumbre típica debida a los instrumentos utilizados para la tarea  $m$ ;

$u_3$  es la incertidumbre típica debida a la posición del micrófono;

$c_{1a,m}$  y  $c_{1b,m}$  son los coeficientes de sensibilidad correspondientes para la tarea  $m$ ;

$m$  es el número de tarea;

$M$  es el número total de tareas.

La incertidumbre expandida es  $U = 1,65 \times u$ .

NOTA 1 Debido a la relación lineal entre el nivel de ruido medido y la estimación para el nivel de ruido, los coeficientes de sensibilidad relativos a la instrumentación,  $c_{2,m}$ , a la posición del micrófono,  $c_{3,m}$ , y al muestreo del nivel de ruido,  $c_{1a,m}$ , tienen los mismos valores, es decir,  $c_{2,m} = c_{3,m} = c_{1a,m}$ . Por lo tanto, los coeficientes  $c_{2,m}$  y  $c_{3,m}$  se sustituyen por  $c_{1a,m}$  en la ecuación (C.3).

NOTA 2 La ecuación (C.3) es estrictamente válida para el caso donde  $M$  niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados A se determinan utilizando instrumentos diferentes para cada medición. Sin embargo, dado que las principales contribuciones a la incertidumbre de la instrumentación, como la influencia del nivel de linealidad, la respuesta en frecuencia del micrófono, el ángulo de incidencia de la señal sonora y la ponderación espectral, son diferentes para diferentes posiciones para la misma instrumentación, se supone que la ecuación (C.3) es la más adecuada.

El balance de incertidumbre correspondiente se muestra en la tabla C.2.

Tabla C.2 – Balance de incertidumbre para determinar los niveles de exposición al ruido para una medición basada en la tarea

Magnitud	Estimación	Incertidumbre típica $u_i$	Ley de probabilidad	Coefficiente de sensibilidad $c_i$	Contribución a la incertidumbre $c_i u_i$ dB
$L_{p,A,eqT,m}$	Media energética de $L_{p,A,eqT,m}$ medida para la tarea m	$u_{1a,m}$ para cada tarea, a determinar utilizando la ecuación (C.6)	Normal	$c_{1a,m}$ para cada tarea, a determinar utilizando la ecuación (C.4)	$c_{1a,m} u_{1a,m}$ 1 valor por tarea
$T_m$	Valor estimado de la duración $T_m$ para la tarea m	$u_{1b,m}$ para cada tarea, a determinar utilizando la ecuación (C.7)	Normal	$c_{1b,m}$ para cada tarea, a determinar utilizando la ecuación (C.5)	$c_{1b,m} u_{1b,m}$ 1 valor por tarea
$Q_2$	0	$u_{2,m}$ como se indica en la tabla C.5	Normal	$c_{2,m} = c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_{2,m}$
$Q_3^a$	0	$u_3$ como se indica en el capítulo C.6	Normal	$c_{3,m} = c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_3$

<sup>a</sup> Se espera que  $Q_3$  se sitúe en el rango de -1,0 dB a 0,5 dB. Para simplificar, el valor medio aritmético estimado de  $Q_3$  se considera igual a cero. Se supone que la incertidumbre típica,  $u_3$ , asociada a las posiciones del micrófono debe cubrir esta incertidumbre extra.

C.2.3 Contribuciones a la incertidumbre de medición y al balance de incertidumbre

Para una medición basada en la tarea, los coeficientes de sensibilidad son los siguientes:

$$c_{1a,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial L_{p,A,eqT,m}^*} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \times (L_{p,A,eqT,m}^* - L_{EX,8h})} \tag{C.4}$$

$$c_{1b,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial T_m} = 4,34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m} \tag{C.5}$$

La incertidumbre típica,  $u_{1a,m}$ , del nivel de ruido debida al muestreo para la tarea m viene dada por:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[ \sum_{i=1}^I (L_{p,A,eqT,mi} - \bar{L}_{p,A,eqT,m})^2 \right]} \tag{C.6}$$

donde

$\bar{L}_{p,A,eqT,m}$  es la media aritmética de I niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderados A para la tarea m,

es decir, 
$$\bar{L}_{p,A,eqT,m} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I L_{p,A,eqT,mi} ;$$

- i es el número de muestra de la tarea;
- I es el número total de muestras de la tarea.

La incertidumbre típica,  $u_{1b,m}$ , debida a la duración de la tarea  $m$ , se puede calcular a partir de las duraciones medidas de las mediciones independientes, como sigue:

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[ \sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]} \quad (\text{C.7})$$

donde

$J$  es el número total de observaciones de la duración de la tarea.

NOTA Si el análisis de trabajo proporciona un rango de tiempo, una estimación es,  $u_{1b,m} = 0,5 \times (T_{\text{máx.}} - T_{\text{mín.}})$ .

### C.3 Determinación de la incertidumbre expandida para una medición basada en la función

#### C.3.1 Relación funcional para una medición basada en la función

La expresión general para la determinación del nivel de presión sonora diario ponderado A,  $L_{\text{EX,8h}}$ , utilizando la medición basada en la función, es la siguiente:

$$L_{\text{EX,8h}} = 10 \lg \frac{T_e}{T_0} \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}^*} \right] \text{dB} \quad (\text{C.8})$$

donde

$T_e$  es la duración efectiva de la jornada laboral;

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

$n$  es el número de muestras de la función;

$N$  es el número total de muestras de la función;

$L_{p,A,eqT,n}^*$  es la estimación del nivel verdadero de presión sonora continuo equivalente ponderado A asociado a la muestra  $n$  de la función,  $L_{p,A,eqT,n}$

$$L_{p,A,eqT,n}^* = L_{p,A,eqT,n} + Q_2 + Q_3$$

donde

$Q_2$  es la corrección para los instrumentos de medición utilizados para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A;

$Q_3$  es la corrección para la posición del micrófono utilizado para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A.

NOTA Como las estimaciones de  $Q_2$  y  $Q_3$  son aproximadamente 0,  $L_{p,A,eqT,n}^* \approx L_{p,A,eqT,n}$ . En estas condiciones, la ecuación (C.8) da el mismo resultado que las ecuaciones (11) y (12).

### C.3.2 Cálculo de la incertidumbre típica combinada, $u$ , y de la incertidumbre expandida, $U$

La incertidumbre típica combinada para el nivel de exposición al ruido ponderado A  $L_{EX,8h}$ ,  $u(L_{EX,8h})$  se debe calcular, de acuerdo con la Guía ISO/IEC 98-3, a partir de los valores numéricos de todas las contribuciones a la incertidumbre,  $c_i u_i$ , tomado de la tabla C.3 como sigue:

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad (C.9)$$

La incertidumbre expandida es  $U = 1,65 \times u$ .

NOTA La ecuación (C.9) es estrictamente válida para el caso donde  $N$  niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados A se determinan utilizando instrumentos diferentes para cada medición. Sin embargo, dado que las principales contribuciones a la incertidumbre de la instrumentación, como la influencia del nivel de linealidad, la respuesta en frecuencia del micrófono, el ángulo de incidencia de la señal sonora y la ponderación espectral, son diferentes para diferentes posiciones para la misma instrumentación, se supone que la ecuación (C.9) es la más adecuada.

### C.3.3 Contribuciones a la incertidumbre de medición y al balance de incertidumbre

Para una medición basada en la función:

- La contribución a la incertidumbre,  $c_1 u_1$ , del muestreo de los niveles de ruido por función, se indica en la tabla C.4, en función del número,  $N$ , de muestras de niveles de ruido de la función y de la incertidumbre típica,  $u_1$ , de los valores medidos  $L_{p,A,eqT,n}$ ;
- Los coeficientes de sensibilidad,  $c_2$  y  $c_3$ , para la incertidumbre debida a la instrumentación y a la incertidumbre debida a la selección imperfecta de la posición de medición, respectivamente, son los siguientes:

$$c_2 = 1 \quad (C.10)$$

$$c_3 = 1 \quad (C.11)$$

Tabla C.3 – Balance de incertidumbre para la determinación de los niveles de exposición al ruido para una medición basada en la función

Magnitud	Estimación	Incertidumbre típica $u_i$	Ley de probabilidad	Coefficiente de sensibilidad $c_i$	Contribución a la incertidumbre $c_i u_i$ dB
$L_{p,A,eqT}$	$L_{p,A,eqT}$ media energética de la $L_{p,A,eqT,n}$ medida	$u_1$ a determinar utilizando la ecuación (C.12)	Normal	$c_1$	$c_1 u_1$ según indica la tabla C.4
$Q_2$	0	$u_2$ según indica la tabla C.5	Normal	$c_2 = 1$	$u_2$
$Q_3^a$	0	$u_3$ según indica el capítulo C.6	Normal	$c_3 = 1$	$u_3$

<sup>a</sup> Se espera que  $Q_3$  se sitúe en el rango de -1,0 dB a 0,5 dB. Para simplificar, el valor medio aritmético estimado de  $Q_3$  se considera igual a cero. La incertidumbre típica,  $u_3$ , asociada a las posiciones del micrófono, se supone que debe cubrir esta incertidumbre extra.

La contribución a la incertidumbre,  $c_1u_1$ , del muestreo del nivel de ruido, se obtiene directamente de la media energética de los valores medidos de las muestras del nivel de ruido de la función,  $L_{p,A,eqT,n}$ , y de la incertidumbre típica,  $u_1$ , de estos valores, utilizando la tabla C.4.

La incertidumbre típica,  $u_1$ , viene dada por la ecuación (C.12):

$$u_1^2 = \frac{1}{(N-1)} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT})^2 \right] \tag{C.12}$$

donde

$L_{p,A,eqT,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la muestra n del nivel de ruido de la función;

$\bar{L}_{p,A,eqT}$  es la media aritmética de N muestras de la función del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, es decir,  $\bar{L}_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n}$  ;

N es el número total de muestras de la función.

NOTA La ecuación (C.12) se utiliza para calcular  $u_1$ , el primer valor de la tabla C.4. El valor de  $u_1$  resultante se denomina aquí como incertidumbre típica para mantener una terminología similar para todos los términos de  $u_1$ , pero generalmente se denomina desviación típica.

Tabla C.4 – Contribución a la incertidumbre,  $c_1u_1$ , del muestreo del nivel de ruido de una función y de una jornada completa, en decibelios, aplicable a un conjunto de N valores medidos,  $L_{p,A,eqT,n}$ , de la incertidumbre típica  $u_1$

N	Contribución a la incertidumbre $c_1u_1$ de los valores medidos $L_{p,A,eqT,n}$ dB											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Cuando  $c_1u_1$ , tal y como se obtiene de la tabla C.4, es superior a 3,5 dB (valores indicados en negrita en la tabla C.4), se recomienda revisar o modificar el plan de medición para reducir  $u_1$  (véase 10.4).

NOTA 1 Los valores para  $N=3$  y  $N=4$  se dan únicamente para su uso con las mediciones de jornada completa (véase el capítulo 4).

NOTA 2 En situaciones de campo, donde hay que evaluar si son necesarias más mediciones, se puede hacer una estimación más simple de  $u_1$ . La incertidumbre típica estimada,  $u_1^*$ , se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$u_1^* = \frac{L_{p,A,eqT,n(\text{máx.})} - L_{p,A,eqT,n(\text{mín.})}}{K_N}$$

donde

$$K_N = 2,2 \text{ si } N < 6$$

$$K_N = 2,5 \text{ si } N \in [6, 15]$$

$$K_N = 3,0 \text{ si } N \in [16, 30]$$

#### C.4 Cálculo de la incertidumbre para una medición de una jornada completa

El procedimiento para el cálculo de la incertidumbre para la medición de una jornada completa es el mismo que para el método basado en la función. Por lo tanto, la incertidumbre para la medición de una jornada completa se calcula a partir del balance de incertidumbre de la tabla C.3 y utilizando la ecuación (C.9) con  $c_1u_1$  sacado de la tabla C.4, y  $u_2$  y  $u_3$  calculados a partir de los capítulos C.5 y C.6.

#### C.5 Incertidumbre típica, $u_2$ , para los instrumentos utilizados

La incertidumbre típica,  $u_2$  (o  $u_{2,m}$  para la tarea m) de los instrumentos se indica en la tabla C.5.

Tabla C.5 – Incertidumbre típica,  $u_2$ , de los instrumentos

Tipo de instrumento	Desviación típica $u_2$ (o $u_{2,m}$ ) dB
Sonómetro de clase 1, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	0,7
Exposímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61252	1,5
Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	1,5

NOTA 1 La incertidumbre típica indicada en la tabla C.5 es únicamente válida para  $L_{p,A,eqT}$ . La incertidumbre para  $L_{p,C,pico}$  puede ser considerablemente superior.

NOTA 2 Las incertidumbres típicas,  $u_2$  (o  $u_{2,m}$ ), indicadas en la tabla C.5 se basan en datos empíricos. La experiencia demuestra que estos valores de incertidumbre típica para los instrumentos son representativos para la mayoría de situaciones relevantes.

La incertidumbre de la instrumentación utilizada depende de las características de la exposición al ruido y de las condiciones medioambientales. Estos valores no se pueden derivar directamente de los límites de tolerancia indicados en las Normas IEC 61672-1 y IEC 61252 relativas a los instrumentos, que incluyen las incertidumbres expandidas del laboratorio de ensayo. Si la incertidumbre de la instrumentación utilizada se basó en los límites de tolerancia indicados en las normas sobre instrumentos, entonces darán como resultado del cálculo incertidumbres combinadas relativamente grandes.

#### C.6 Incertidumbre típica, $u_3$ , debida a la posición de medición

La desviación típica,  $u_3$ , debida a la posición de medición es de 1,0 dB.

NOTA El valor indicado para la desviación típica se basa en datos empíricos. En los casos donde el micrófono es llevado por el trabajador y donde el micrófono se coloca cerca del cuerpo del trabajador, la incertidumbre es debida a los efectos de apantallamiento y a las reflexiones del cuerpo. En los casos donde las mediciones se realizan estando el trabajador ausente, la incertidumbre es debida a que la/s posición/es del micrófono no está siendo totalmente representativa de la/s verdadera/s posición/es de la cabeza del trabajador. Véanse también los apartados 12.3 y 12.4 para lo que se refiere a la posición del micrófono.



## ANEXO D (Informativo)

EJEMPLO DE CÁLCULO DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN AL RUIDO DIARIO  
UTILIZANDO MEDICIONES BASADAS EN LA TAREA

## D.1 Etapa 1: Análisis de trabajo

En este ejemplo, el nivel de exposición al ruido de los soldadores que trabajan en un taller mecánico se determina utilizando las mediciones basadas en la tarea. La jornada laboral consta de la siguiente secuencia de tareas:

- a) planificación del trabajo (silenciosa);
- b) dos períodos de corte, pulido y soldadura de planchas de acero;
- c) almuerzo (en este caso, el almuerzo se considera parte de la jornada laboral);
- d) planificación del trabajo (silenciosa);
- e) períodos de corte, pulido y soldadura de planchas de acero.

Todos los soldadores realizan el mismo trabajo y por lo tanto se les puede considerar como un grupo homogéneo de exposición al ruido.

De acuerdo con la información aportada por el supervisor, el trabajo se puede dividir en tres tareas distintas: soldadura, corte y pulido y operaciones silenciosas (pausas y planificación).

Los soldadores dicen que pasan entre 1 h y 2 h al día cortando y puliendo, y entre 4 h y 6 h al día soldando. El resto de la jornada la pasan planificando y en las pausas. La incertidumbre se estima en 0,5 h para cortar y pulir y 1 h para soldar.

Basándose en esta información, la jornada nominal se define en la tabla D.1.

Tabla D.1 – Jornada nominal de un soldador

Tarea	Duración h
Planificación del trabajo, pausas (silenciosas)	1,5
Corte y pulido	1,5
Soldadura	5,0
Total	8,0
NOTA El tiempo empleado en cada tarea se calcula utilizando la media del rango de valores indicado por el soldador y su supervisor/a.	

## D.2 Etapa 2: Selección de una estrategia

Dado que el número de tareas está limitado y bien definido, la situación es adecuada para realizar las mediciones basadas en la tarea.

### D.3 Etapa 3: Mediciones

La contribución al ruido de la planificación del trabajo y de las pausas no tiene importancia con respecto al nivel global de exposición al ruido. Por lo tanto, basta con realizar unas simples mediciones de ruido con un sonómetro, simplemente para garantizar que el nivel de presión sonora en estos períodos de trabajo (tarea) no tiene una influencia significativa. En este ejemplo,  $L_{p,A,eqT} = 70$  dB se define como una estimación razonable para esos períodos, siempre y cuando la verificación muestre que los niveles son aproximadamente iguales o inferiores a este nivel.

Dado que la contribución al ruido tanto del pulido como de la soldadura dependen mucho de la posición de los oídos del trabajador con respecto a la herramienta ruidosa, se tomó la decisión de realizar la medición durante estas tareas utilizando un exposímetro sonoro personal.

El período de medición debería cubrir al menos tres ciclos de trabajo. Las observaciones han demostrado que la duración de la medición del ruido del pulido debería ser de al menos 7 min. Igualmente, la duración de la medición para el ruido de la soldadura debería ser al menos de 4 min. Sin embargo, de acuerdo con el apartado 9.3, la duración de la medición debería ser al menos de 5 min. Por lo tanto, la duración de la medición para la soldadura se establece en 5 min.

Dado que el rango de los valores medidos sobrepasa los 3 dB, se realizan tres mediciones adicionales para cada tarea. Sin embargo, dado que el ruido procedente de las actividades silenciosas es insignificante, sólo se realizan breves muestras del nivel de ruido durante estas tareas.

Las primeras mediciones dieron como resultado los siguientes valores:

Nivel de ruido durante la planificación y las pausas  $L_{p,A,eqT,11} < 70$  dB

Niveles de ruido de la soldadura  $L_{p,A,eqT,21} = 80,1$  dB  $L_{p,A,eqT,22} = 82,2$  dB  $L_{p,A,eqT,23} = 79,6$  dB

Niveles de ruido del corte y del pulido  $L_{p,A,eqT,31} = 86,5$  dB  $L_{p,A,eqT,32} = 92,4$  dB  $L_{p,A,eqT,33} = 89,3$  dB

Dado que la diferencia entre los niveles de ruido medidos para el corte y el pulido sobrepasa los 3 dB, se realizan al menos tres mediciones suplementarias con los siguientes resultados:

Niveles de ruido suplementarios del corte y pulido  $L_{p,A,eqT,34} = 93,2$  dB  $L_{p,A,eqT,35} = 87,8$  dB  $L_{p,A,eqT,36} = 86,2$  dB

### D.4 Etapa 4: Tratamiento de errores

En este ejemplo, las observaciones durante las mediciones mostraron que no existía un riesgo significativo de cometer errores de medición.

### D.5 Etapa 5: Cálculo y presentación de los resultados incluyendo la incertidumbre

#### D.5.1 Cálculo del nivel de exposición al ruido diario ponderado A

El nivel de ruido de cada tarea se calcula utilizando la ecuación (7). El nivel de ruido de la soldadura es entonces la siguiente:

$$L_{p,A,eqT,2} = 10 \lg \left[ \frac{1}{3} \times \left( 10^{0,1 \times 80,1} + 10^{0,1 \times 82,2} + 10^{0,1 \times 79,6} \right) \right] \text{ dB} = 80,8 \text{ dB} \quad \circ \text{ dB} = 80,8 \text{ dB}$$

De forma similar, el nivel de ruido del corte y del pulido es de 90,1 dB.

El nivel de ruido durante la planificación y las pausas se definió inicialmente en 70 dB.

La contribución al nivel de exposición al ruido diario ponderado A se calcula para cada actividad de acuerdo con la ecuación (8). Las contribuciones de las tareas a la exposición al ruido diario son entonces:

a) planificación y pausas -

$$L_{EX,8h,1} = 70 \text{ dB} + 10 \lg\left(\frac{1,5}{8}\right) \text{ dB} = 62,7 \text{ dB}$$

b) soldadura -

$$L_{EX,8h,2} = 80,8 \text{ dB} + 10 \lg\left(\frac{5}{8}\right) \text{ dB} = 78,8 \text{ dB}$$

c) corte y pulido -

$$L_{EX,8h,3} = 90,1 \text{ dB} + 10 \lg\left(\frac{1,5}{8}\right) \text{ dB} = 82,8 \text{ dB}$$

El nivel de exposición al ruido diario ponderado A se puede calcular ahora a partir de la ecuación (10):

$$L_{EX,8h} = 10 \lg\left(10^{0,1 \times 62,7} + 10^{0,1 \times 78,8} + 10^{0,1 \times 82,8}\right) \text{ dB} = 84,3 \text{ dB}$$

#### D.5.2 Cálculo de la incertidumbre

La incertidumbre típica,  $u_{1a,2}$ , debido al muestreo de los niveles de ruido de la soldadura se calcula a partir de la ecuación (C.6).

$$u_{1a,2} = \sqrt{\frac{1}{2 \times 3} \left[ (-0,5)^2 + (1,6)^2 + (-1,0)^2 \right]} \text{ dB} = 0,8 \text{ dB}$$

De igual manera, la desviación típica debida al muestreo del nivel de ruido del corte y del pulido es  $u_{1a,3} = 1,2 \text{ dB}$ . La desviación típica debida a la planificación y a las pausas se puede establecer en 0 dB, dado que estas tareas no contribuyen a la desviación típica combinada,  $u$ .

Se ha utilizado un exposímetro sonoro personal según se especifica en la Norma IEC 61252. Por lo tanto, de acuerdo con la tabla C.5, la desviación típica debida a la instrumentación es  $u_{2,m} = 1,5 \text{ dB}$ .

De acuerdo con el capítulo C.6, la desviación típica debida a la posición del micrófono es  $u_3 = 1,0 \text{ dB}$ .

Los coeficientes de sensibilidad asociados a la incertidumbre debido a muestreo del nivel de ruido, a la instrumentación y a la posición de medición se calculan mediante la ecuación (C.4).

Para la planificación y las pausas, con  $L_{p,A,eqT,11} \approx 70 \text{ dB}$ , el coeficiente de sensibilidad es:

$$c_{1a,1} \leq \frac{1,5}{8} \times 10^{(70,0 - 84,3)/10} = 0,007 \approx 0,0$$

Para la soldadura, el coeficiente de sensibilidad es:

$$c_{1a,2} = \frac{5}{8} \times 10^{(80,8 - 84,3)/10} = 0,28$$

Para el corte y el pulido, el coeficiente de sensibilidad es:

$$c_{1a,3} = 0,71$$

- a) Cuando la incertidumbre en la duración se excluye, la incertidumbre típica combinada se calcula a partir de la ecuación (C.3), omitiendo la última parte entre paréntesis.

$$u^2(L_{EX,8h}) = 0,28^2 \times (0,8^2 + 1,5^2 + 1,0^2) + 0,71^2 \times (1,2^2 + 1,5^2 + 1,0^2) = 2,67$$

De acuerdo con el apartado C.2.2, la incertidumbre expandida,  $U(L_{EX,8h})$ , es:

$$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \times u = 1,65 \times \sqrt{2,67} = 2,7 \text{ dB}$$

- b) Cuando la incertidumbre en la duración se incluye, la incertidumbre típica,  $u_{1b,2}$ , debida a la duración de la tarea, viene dada por la ecuación (C.7). Para la soldadura, la incertidumbre típica, en horas, debida a la duración es:

$$u_{1b,2} = \sqrt{\frac{1}{2} \times 1^2 + 1^2 \times \frac{1}{4}} = 1,0$$

El coeficiente de sensibilidad asociado a la incertidumbre debido a la duración se calcula utilizando la ecuación (C.5). Para la soldadura, el coeficiente de sensibilidad, expresado en decibelios partido por hora es:

$$c_{1b,2} = 4,34 \times \frac{0,28}{5} = 0,24$$

La incertidumbre típica debida a la duración del corte y del pulido es  $u_{1b,3} = 0,5 \text{ h}$ .

El coeficiente de sensibilidad, en decibelios por hora, para el corte y el pulido es:

$$c_{1b,3} = 2,1$$

La incertidumbre típica combinada,  $u(L_{EX,8h})$ , se puede calcular ahora utilizando la ecuación (C.3):

$$u^2(L_{EX,8h}) = 0,28^2 \times (0,8^2 + 1,5^2 + 1,0^2) + 0,71^2 \times (1,2^2 + 1,5^2 + 1,0^2) + (0,24 \times 1,0)^2 + (2,1 \times 0,5)^2 = 3,83$$

De acuerdo con el apartado C.2.2, la incertidumbre expandida,  $U(L_{EX,8h})$ , es:

$$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \times u = 1,65 \times \sqrt{3,83} \text{ dB} = 3,2 \text{ dB}$$

### D.5.3 Conclusiones

Los soldadores están sometidos a un nivel de exposición al ruido diario ponderado A de 84,3 dB, con una incertidumbre expandida asociada de 2,7 dB, para una probabilidad de cobertura unilateral del 95 % ( $k = 1,65$ ), si la incertidumbre en la duración se omite, o de 3,2 dB si esta incertidumbre está incluida.

## ANEXO E (Informativo)

EJEMPLO DE CÁLCULO DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN AL RUIDO DIARIO  
UTILIZANDO LAS MEDICIONES BASADAS EN LA FUNCIÓN

## E.1 Generalidades

En este ejemplo, el nivel de exposición al ruido para trabajadores de una cadena de fabricación se determina a partir de las mediciones basadas en la función. Varias cadenas de fabricación automatizadas sin grandes diferencias técnicas funcionan en la planta de fabricación.

## E.2 Etapa 1: Análisis de trabajo

Los trabajadores de la cadena de fabricación realizan el mismo trabajo: hacer funcionar y controlar una cadena de fabricación e intervenir en caso de un incidente de producción. Su trabajo incluye muchas tareas (por ejemplo, el suministro de materiales, el control de la producción, la retirada del producto, los ajustes). Sin embargo, no se han encontrado distinciones entre las tareas realizadas durante el análisis de trabajo por las siguientes razones: las condiciones de exposición al ruido de los trabajadores son similares de una tarea a la otra y la duración diaria de cada tarea no se puede determinar a partir de las descripciones del trabajo. Los trabajadores expuestos al ruido constituyen un grupo de exposición homogéneo al ruido que consta de 18 operarios. La duración efectiva de la jornada laboral para este grupo de exposición homogéneo al ruido es de 7,5 h.

## E.3 Etapa 2: Selección de la estrategia

Del análisis de trabajo para este grupo de exposición homogéneo al ruido de 18 trabajadores, se desprende que no es práctico ni deseable realizar un análisis detallado de las tareas. Por lo tanto, se utiliza la estrategia de las mediciones basadas en la función.

## E.4 Etapa 3: Mediciones

La elección de un plan de medición se guía por las siguientes especificaciones:

- la duración total mínima de las mediciones indicadas en la tabla 1: para un grupo de 18 personas, es de 10,75 h;
- se requieren un mínimo de cinco muestras de nivel de ruido de la misma duración.

Por ello, se decide realizar seis mediciones y fijar la duración de la medición en 2 h.

La distribución de las seis mediciones se realiza entre los trabajadores de este grupo de exposición homogéneo al ruido y durante el tiempo de trabajo, sabiendo que:

- a) se dispone de dos exposímetros sonoros personales,
- b) los períodos de trabajo del grupo son de 05:00 a 13:00 y de 13:00 a 21:00.

Se escoge a seis trabajadores de manera aleatoria de entre los 18 miembros del grupo de exposición homogéneo al ruido. La distribución escogida de las mediciones es la siguiente:

Día 1: Equipo de mañana, 2 trabajadores; períodos de medición: 10:00 a 12:00 y de 10:30 a 12:30.

Día 2: Equipo de mañana, 2 operarios distintos; períodos de medición: 08:00 a 10:00 y de 08:30 a 10:30.

Día 2: Equipo de tarde, 2 operarios distintos; períodos de medición: 14:00 a 16:00 y de 18:00 a 20:00.

Las seis mediciones dan los siguiente valores de  $L_{p,A,eqT,n}$ :

88,1 dB      86,1 dB      89,7 dB      86,5 dB      91,1 dB      86,7 dB

El nivel de presión sonora de pico ponderado C más alto es de 137 dB.

#### E.5 Etapa 4: Tratamiento de errores

No se detecta ninguna fuente potencial de errores.

#### E.6 Etapa 5: Cálculo y presentación de los resultados y de la incertidumbre

##### E.6.1 Cálculo del nivel de exposición al ruido diario ponderado A y de la incertidumbre

El promedio energético de los valores medidos,  $L_{p,A,eqT_e}$ , se calcula a partir de la ecuación (11), como sigue:

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{dB} = 88,4 \text{ dB}$$

La incertidumbre típica de los valores medidos es

$$u_1 = 2,0 \text{ dB}$$

Véase la ecuación (C.12).

La contribución a la incertidumbre debida al muestreo del nivel de ruido (valor tomado de la tabla C.4 para  $N = 6$  y  $u_1 = 2,0 \text{ dB}$ ):

$$c_1 u_1 = 1,4 \text{ dB}$$

Los coeficientes de sensibilidad son

$$c_2 = c_3 = 1$$

La incertidumbre típica,  $u_2$ , debida a la instrumentación, se obtiene de la tabla C.5 (el instrumento utilizado fue un exposímetro sonoro personal):

$$u_2 = 1,5 \text{ dB}$$

La incertidumbre típica debida a la posición del micrófono (según el apartado C.6) es:

$$u_3 = 1,0 \text{ dB}$$

La incertidumbre típica combinada,  $u$ , del resultado, se deriva de la ecuación (C.9):

$$u^2(L_{EX,8h}) = 1,4^2 + 1,5^2 + 1,0^2 = 5,21$$

$$u(L_{EX,8h}) = 2,3 \text{ dB}$$

La incertidumbre expandida,  $U(L_{EX,8h})$  es (véase C.3.2):

$$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \times u = 3,8 \text{ dB}$$

### E.6.2 Resultado final

Para una duración efectiva de la jornada laboral  $T_e = 7,5$  h y para un nivel de ruido medio  $L_{p,A,eqT} = 88,4$  dB, el nivel de exposición al ruido diario ponderado A de este grupo de exposición homogéneo al ruido se calcula a partir de la ecuación (13):

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \frac{T_e}{T_0} \text{ dB} = 88,1 \text{ dB}$$

La incertidumbre expandida,  $U(L_{EX,8h})$  es

$$U(L_{EX,8h}) = 3,8 \text{ dB}$$

### E.6.3 Conclusiones

Los 18 miembros del grupo de exposición homogéneo al ruido reciben un nivel de exposición al ruido diario ponderado A de 88,1 dB, con una incertidumbre expandida asociada de 3,8 dB, para una probabilidad de cobertura unilateral del 95% ( $k = 1,65$ ).

## ANEXO F (Informativo)

MUESTRA DE CÁLCULO DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN AL RUIDO DIARIO  
UTILIZANDO MEDICIONES DE UNA JORNADA COMPLETA

## F.1 Generalidades

Este anexo contiene un ejemplo de uso de la estrategia de medición de la jornada completa especificada en el capítulo 11 en la determinación del nivel de exposición al ruido diario.

El ejemplo muestra la aplicación de la estrategia para determinar la exposición al ruido de conductores de carretillas elevadoras que trabajan en una empresa de fabricación y almacenamiento de cables.

## F.2 Etapa 1: Análisis de trabajo

El trabajo de los conductores de carretillas elevadoras implica el transporte de las materias primas y del producto acabado dentro y entre las zonas de producción, almacenamiento y expedición del lugar de trabajo. El trabajo de los conductores puede variar dependiendo de las instrucciones de sus supervisores. Las carretillas se pueden conducir sobre una variedad de superficies, no cargadas, parcialmente cargadas o completamente cargadas. Los conductores pasan una gran parte del día dentro de las cabinas de las carretillas, pero deben abandonar las cabinas periódicamente para ayudar en la carga y descarga, para hablar sobre el trabajo con los compañeros y los supervisores, etc. Las carretillas están equipadas con alarmas sonoras de marcha atrás, cuyo uso es obligatorio.

Hay tres conductores de carretillas elevadoras. Trabajan en turnos de 10 h, que incluye tres pausas de 20 min, 45 min y 20 min, respectivamente. Las dos pausas más cortas se hacen en cualquier lugar adecuado dentro del lugar de trabajo en el momento que el conductor desee. La pausa más larga se realiza a una hora fija en el comedor habilitado para el personal. La duración efectiva de la jornada laboral es por lo tanto de 9,25 h.

Una descripción de las actividades profesionales se realizó mediante la observación y se confirmó por medio de conversaciones con los conductores y sus supervisores. Se consideró que los tres conductores de carretillas elevadoras formaban un grupo de exposición homogéneo al ruido (véase 7.2).

## F.3 Etapa 2: Selección de una estrategia

Debido a la relativa complejidad e imprevisibilidad de las pautas de trabajo, se consideró la estrategia de la medición de la jornada completa como la más adecuada.

## F.4 Etapa 3: Mediciones

## F.4.1 Plan de medición

Inicialmente, se realizó una medición de una jornada completa a cada uno de los conductores.

Se instalaron exposímetros sonoros personales correctamente calibrados a cada uno de los conductores al inicio del turno de trabajo. Se informó a los conductores del funcionamiento del instrumento de medición y se les pidió trabajar normalmente, de no tocar o interferir con el micrófono o el instrumento de medición y de intentar evitar cualquier contacto involuntario con el micrófono e intentar evitar cualquier conversación innecesaria o gritos durante el turno de trabajo.

Los exposímetros sonoros personales se dejaron activos durante las dos pausas cortas. En este caso, la exposición al ruido durante la pausa del almuerzo se consideró como irrelevante, y el técnico responsable de las mediciones puso los exposímetros en modo "pause".



Al final del turno de trabajo se retiraron los exposímetros sonoros personales y se realizaron los procedimientos de calibración adecuados.

Debido a la necesidad de disponer de tiempo al principio y al final de los turnos de trabajo para la instalación y la retirada del instrumento y de instruir a los conductores, la duración de medición fue ligeramente inferior a la duración del turno de trabajo completo. Sin embargo, las mediciones tuvieron la duración suficiente para cubrir todos los períodos significativos de la exposición al ruido.

Al final de las tres mediciones iniciales de la jornada completa, se halló que los tres resultados diferían en más de 3 dB. Por ello, se realizaron tres mediciones adicionales de jornada completa, utilizando las mismas técnicas descritas anteriormente. En total se realizaron seis mediciones de jornada completa.

#### F.4.2 Observación de las actividades de trabajo y mediciones de control

Para evaluar cualquier fuente de incertidumbre que pudiese influir en los resultados, el técnico responsable de las mediciones observó periódicamente a cada uno de los conductores durante el curso de las mediciones y tomó las notas adecuadas sobre sus actividades.

Además, al final del turno de trabajo, se retiraron los exposímetros sonoros personales y el técnico se entrevistó con cada uno de los conductores para establecer si la jornada laboral era representativa y para descubrir si se realizaron tareas atípicas o si algún incidente podría haber influido en los resultados.

#### F.5 Etapa 4: Tratamiento de errores

No se detecta ninguna fuente potencial de errores.

#### F.6 Etapa 5: Cálculo y presentación de los resultados y de la incertidumbre

##### F.6.1 Resultados de las mediciones

Los resultados de las seis mediciones se muestran en la tabla F.1.

Tabla F.1 – Resultados de las mediciones

Conductor/Día	Nivel de presión sonora continuo equivalente $L_{p,A,eqT,n}$ dB	Duración de medición t
1/1	88,0	8 h 15 min
2/1	91,9	8 h 10 min
3/1	87,6	8 h 15 min
1/2	90,4	8 h 00 min
2/2	89,0	8 h 05 min
3/2	88,4	8 h 10 min

##### F.6.2 Cálculo del nivel de exposición al ruido diario ponderado A

El nivel de exposición al ruido diario ponderado A del grupo de exposición homogéneo de los conductores de carretillas elevadoras se deriva del promedio energético de los seis valores medidos de  $L_{p,A,eqT,n}$ , utilizando la ecuación (11).

Si se utilizan los valores de la tabla F.1, el resultado es  $L_{p,A,eqT_e} = 89,5$  dB.

El nivel de exposición al ruido diario ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , se deriva de la ecuación (13). La duración efectiva de la jornada laboral,  $T_e = 9,25$  h y la duración de referencia es de 8 h.

Por lo tanto

$$L_{EX,8h} = 89,5 \text{ dB} + 10 \lg\left(\frac{9,25}{8}\right) \text{ dB} = 90,1 \text{ dB}$$

### F.6.3 Cálculo de la incertidumbre

Para la estrategia de medición de la jornada completa, la incertidumbre expandida,  $U$ , se determina siguiendo los procedimientos especificados en el capítulo C.3.

La incertidumbre típica,  $u_1$ , del valor de la energía promediada  $L_{p,A,eqT}$ , se deriva de la ecuación (C.12), es decir,

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{5} \left[ (-1,2)^2 + 2,7^2 + (-1,6)^2 + 1,2^2 + (-0,2)^2 + (-0,8)^2 \right]} \text{ dB} = 1,65 \text{ dB}$$

La contribución a la incertidumbre,  $c_1 u_1$ , de la tabla C.4 para  $N = 6$  y  $u_1 = 1,65$  dB es  $c_1 u_1 = 1,0$  dB.

La incertidumbre típica debida a la instrumentación,  $u_{2,m}$ , se toma de la tabla C.5, donde, dado que el instrumento utilizado fue un exposímetro sonoro personal:

$$u_2 = 1,5 \text{ dB}$$

La incertidumbre típica debida a la posición del micrófono,  $u_3$ , se toma del capítulo C.6:

$$u_3 = 1,0 \text{ dB}$$

Los coeficientes de sensibilidad,  $c_2$  y  $c_3$ , se derivan de la tabla C.3:

$$c_2 = c_3 = 1$$

La incertidumbre típica combinada,  $u(L_{EX,8h})$ , del resultado se deriva de la ecuación (C.9):

$$u^2(L_{EX,8h}) = \left( 1,0^2 + 1,5^2 + 1,0^2 \right) = 4,25$$

Por lo tanto, la incertidumbre típica combinada,  $u(L_{EX,8h}) = 2,06$  dB.

La incertidumbre expandida,  $U(L_{EX,8h})$ , es:

$$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \times u = 3,4 \text{ dB}$$

### F.6.4 Conclusiones

Los tres conductores de las carretillas elevadoras están sometidos a un nivel de exposición al ruido diario ponderado A de 90,1 dB, con la incertidumbre expandida asociada de 3,4 dB para una probabilidad de cobertura unilateral del 95% ( $k = 1,65$ ).

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO 4869-2, Acoustics. Hearing protectors. Part 2: Estimation of effective A-weighted sound pressure levels when hearing protectors are worn.
- [2] ISO 11200, Acoustics. Noise emitted by machinery and equipment. Guidelines for the use of basic standards for the determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions.
- [3] ISO 11201, Acoustics. Noise emitted by machinery and equipment. Measurement of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions in an essentially free field over a reflecting plane with negligible environmental corrections.
- [4] ISO 11202, Acoustics. Noise emitted by machinery and equipment. Measurement of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions applying approximate environmental corrections.
- [5] ISO 11203, Acoustics. Noise emitted by machinery and equipment. Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions from the sound power level.
- [6] ISO 11205, Acoustics. Noise emitted by machinery and equipment. Engineering method for the determination of emission sound pressure levels in situ at the work station and at other specified positions using sound intensity.
- [7] ISO 11904-1, Acoustics. Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear. Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique).
- [8] ISO 11904-2, Acoustics. Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear. Part 2: Technique using a manikin.
- [9] ISO/TR 25417:2007, Acoustics. Definitions of basic quantities and terms.
- [10] IEC 60651:2001 <sup>2)</sup>, Sound level meters.
- [11] IEC 60804:2000 <sup>2)</sup>, Integrating-averaging sound level meters.
- [12] EN 458:2004, Hearing protectors. Recommendations for selection, use, care and maintenance. Guidance document.
- [13] GRZEBYK, M., THIÉRY, L. Confidence intervals for the mean of sound exposure levels. Am. Indust. Hyg. Assoc. J. 2003, 64, pp 640-645.
- [14] THIÉRY, L., OGNEDAL, T. Note about the statistical background of the methods used in ISO/DIS 9612 to estimate the uncertainty of occupational noise exposure measurements. Acta Acust. Acust. 2008, 94, pp 331-334.

---

2) Sustituida por IEC 61672 (todas las partes).

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN-ISO 9612	TÍTULO: ACÚSTICA. DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO EN EL TRABAJO. MÉTODO DE INGENIERIA (ISO 9612:2009, IDT)	Código: ICS 13.140
------------------------------------	--	-----------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2013-11-25	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No.  Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: 2013-11-27 al 2013-12-12

Comité Interno del INEN:

Fecha de iniciación: 2013-12-13

Fecha de aprobación: 2013-12-13

Integrantes del Comité Interno:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Eco. Agustín Ortiz (Presidente)

Ing. José Luis Pérez

Ing. Paola Castillo

Ing. Tatiana Briones

Ing. Laura González

Ing. Bolívar Cano

Ing. Gonzalo Arteaga (Secretaría Técnica)

DIRECCION EJECUTIVA

COORDINACIÓN GENERAL TÉCNICO

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y

CERTIFICACIÓN

DIRECCIÓN DE METROLOGÍA

DIRECCION DE REGLAMENTACIÓN

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Compromiso Presidencial N° 20549 del 08 de junio del 2013, para el fortalecimiento de normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 13530 de 2013-12-20

Registro Oficial Suplemento No. 155 de 2014-01-06

---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección Ejecutiva: E-Mail: [direccion@inen.gob.ec](mailto:direccion@inen.gob.ec) Dirección de  
Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gob.ec](mailto:normalizacion@inen.gob.ec) Regional  
Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gob.ec](mailto:inenguayas@inen.gob.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gob.ec](mailto:inencuenca@inen.gob.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gob.ec](mailto:inenriobamba@inen.gob.ec)  
[URL:www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec)

## **ANEXO 2**

### **Identificación del Proceso**

**IDENTIFICACION DEL PROCESO**

<b>Nombre del colaborador:</b>	
<b>Fecha del levantamiento de la información:</b>	
<b>Área:</b>	
<b>Cargo actual:</b>	
<b>Horario de trabajo:</b>	





**ANEXO 3**

**Encuesta**

## CUESTIONARIO PARA EVALUACIÓN DE RUIDO PERSONAL DOCENTE Y ADMINISTRATIVO

El presente cuestionario tiene como finalidad tener información respecto al ruido al cual usted se encuentra expuesto en su área de trabajo, por lo que solicitamos llenarlo con la mayor sinceridad y objetividad.

### 1. DATOS GENERALES: Indique su respuesta colocando una "x" en el casillero

#### 1.1. Género

Masculino

Femenino

#### 1.2. Edad

20-30

31-40

41-50

51-60

más de 61

### 2. CONDICIONES DE TRABAJO: Indique su respuesta colocando una "x" en el casillero

Las siguientes preguntas nos permitirán tener algunos datos sobre las condiciones de trabajo que usted tiene en la Institución.

#### 2.1. En qué área realiza sus actividades laborales?

Carrera de Mecánica

Lab. de Suelos

#### 2.2. Qué cargo desempeña usted en el área?

Docente

Auxiliar de Laboratorio

Administrador Técnico

#### 2.3. Respecto a la jornada laboral, por favor indique el **número de horas semanales** que usted dedica a las siguientes actividades:

Cargo	Administrativas	Ensayo de materiales	Docencia en aula	Docencia en talleres	Horas extras administrativas	Horas extras en talleres
Docente						
Auxiliar de Laboratorio						
Administrador Técnico						

2.4. A continuación por favor indique los años que usted lleva en el área de trabajo.

Menos a 5 años                       5 a 10 años   
10 a 15 años                       Más de 15 años

2.5. Indique el número **de horas semanales** a las cuales usted se encuentra expuesto a ruido.

Menos de 2 horas                       2 a 4 horas   
4 a 6 horas                       6 a 8 horas   
Más de 8 horas

2.6. Qué tipo de Equipo de Protección Personal utiliza durante el tiempo de exposición a ruido?

Tapones auditivos                       Protectores auditivos (Orejas)   
Combinación de los dos anteriores                       Ninguna

2.7. Las actividades que implican exposición a ruido están acompañadas de pausas (tomar café, reuniones, descansos voluntarios)

Si                       No

2.8. Si su respuesta en el numeral 2.7, fue "SI", favor indique el tiempo de duración diaria de estas pausas.

5 min                       10 min                       15 min                       mas de 15 min

**3. CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO: Indique su respuesta colocando una "x" en el casillero**

3.1. Tipo de Ruido.- Existen algunos tipos de ruido, a continuación le pedimos que de acuerdo a su percepción, nos indique el tipo de ruido al cual cree usted está expuesto en el área de trabajo donde desarrolla sus actividades.

Si el ruido, es una combinación de algunos tipos de este, marque las que usted cree que están presentes en el área de trabajo.

El tipo de ruido es constante y continuo en el tiempo  
(motor eléctrico, ventiladores)

El tipo de ruido es fluctuante, sufre grandes variaciones a lo  
largo del tiempo de exposición

El tipo de ruido es intermitente, el nivel de ruido aumenta y  
disminuye rápidamente (talleres mixtos: motores eléctricos  
mas herramientas e instrumentos manuales)

El tipo de ruido es de impactos (golpes)  
(martillo, disparo de armas de fuego)

3.2. Según su percepción, cómo usted considera el nivel de ruido?

Alta  Media  Baja

**4. INFORMACION ADICIONAL: Indique su respuesta colocando una "x" en el casillero**

4.1. Realiza usted otra actividad laboral a parte de la que efectúa en la Universidad?

SI  NO

4.2. Si su respuesta en el numeral 4.1, fue "SI", por favor indique si en ésta actividad usted está  
expuesto a ruido.

SI  NO

4.3. Si su respuesta en el numeral 4.2, fue "SI", cómo usted considera el nivel de ruido?

Alta  Media  Baja

4.4. Indique si ha tenido alguna de las siguientes sintomatologías, si usted cree que las mismas son reacción directa a la exposición al ruido.

	SI	NO
Cefalea. (Dolor de cabeza)		
Dificultad para la comunicación oral		
Tendencia a elevar el volumen de TV o la radio		
Perturbación del sueño y descanso		
Fatiga		
Zumbidos		
Irritabilidad		

**ANEXO 4**

**Certificados de Calibración**

# Certificate of Calibration



## Equipment Details

Instrument Manufacturer Cirrus Research plc  
Instrument Type CR:514  
Description Acoustic Calibrator  
Serial Number 70140

## Calibration Procedure

The acoustic calibrator detailed above has been calibrated to the published data as described in the operating manual. The procedures and techniques used to follow the recommendations of the IEC standard Electroacoustics – Sound Calibrators IEC 60942:2003, IEC 60942:1997, BS EN 60942:1998 and BS EN 60942:2003 where applicable. The calibrator's main output is 94.00 dB (1 Pa) and this was set within the 0.01 dB resolution of the test system, i.e. one hundredth of a decibel. Numbers in { parenthesis } refer to the paragraph in IEC 60942.

## Calibration Traceability

The calibrator above was calibrated against the calibration laboratory standards held by Cirrus Research plc. These are traceable to International Standards {A.0.6}. The standards are:

Microphone Type	B&K4180	Serial Number	1893453	Calibration Ref.	S 6009
Pistonphone Type	B&K4220	Serial Number	613843	Calibration Ref.	S 5964

## Calibration Climate Conditions

The climatic test conditions were all maintained within the permitted limits of IEC 60942:1997.

Temperature	{B.3.2}	Permitted band	15°C to 25°C
Humidity	{B.3.2}	Permitted band	30% to 90% RH
Static Pressure	{B.3.2}	Permitted band	85 kPa to 105 kPa
Ambient Noise Level	{B.3.3.6}	Max permitted level	64 dB(Z)

## Measurement Results

The figures below are the Calibration Laboratory test limits for this model calibrator and have a smaller tolerance than those permitted in IEC 60942.

94 dB Output	94 dB	Permitted band	93.95 to 94.05dB
104 dB Output	dB	Permitted band	103.80 to 104.30dB
Frequency	1000 Hz	Permitted band	990 to 1010Hz

## Uncertainty

With an uncertainty coefficient of  $k=2$ , i.e. a 95% confidence level, the uncertainty of each measure is

94 dB Output	$\pm 0.13$ dB	104 dB Output	$\pm 0.14$ dB
Frequency	$\pm 0.1$ Hz	Level Stability	$\pm 0.04$ dB

Calibrated by

Calibration Date

28 March 2014

Calibration Certificate Number

216527

This Calibration Certificate is valid for 24 months from the date above.

# Certificate of Calibration



---

## Equipment Details

Instrument Manufacturer Cirrus Research plc  
Instrument Type CR:172A  
Description Sound Level Meter  
Serial Number G068263

---

## Calibration Procedure

The instrument detailed above has been calibrated to the publish test and calibration data as detailed in the instrument hand book, using the techniques recommended in the latest revisions of the International Standards IEC 61672-1:2002, IEC 60651:1979, IEC 60804:2001, IEC 61260:1995, IEC 60942:1997, IEC 61252:1993, ANSI S1.4-1983, ANSI S1.11-1986 and ANSI S1.43-1997 where applicable.

Sound Level Meters: All Calibration procedures were carried out by substituting the microphone capsule with a suitable electrical signal, apart from the final acoustic calibration.

---

## Calibration Traceability

The equipment detailed above was calibrated against the calibration laboratory standards held by Cirrus Research plc. These are traceable to International Standards {A.0.6}. The standards are:

Microphone Type	B&K4180	Serial Number	1893453	Calibration Ref.	S 6009
Pistonphone Type	B&K4220	Serial Number	613843	Calibration Ref.	S 5964

---

Calibrated by

Calibration Date

28 March 2014

Calibration Certificate Number

216526

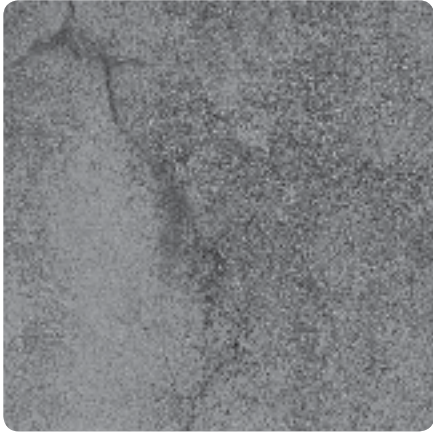
This Calibration Certificate is valid for 24 months from the date above.

Cirrus Research plc, Acoustic House, Bridlington Road, Hunmanby, North Yorkshire, YO14 0PH  
Telephone: +44 (0) 1723 891655 Fax: +44 (0) 1723 891742  
Email: sales@cirrusresearch.co.uk



## **ANEXO 5**

### **Hojas Técnicas de Equipos de las Áreas**



IF IT'S WORTH BUILDING, IT'S WORTH TESTING

# Concrete Testing Compression machines

## ADR Touch 1500, 2000 and 3000 kN Compression Machines

The ADR Touch range of 1500, 2000 and 3000kN capacity compression machines have been designed to meet the need for reliable and consistent testing.

The load frame is a welded steel fabrication carrying the ball-seated upper platen. Positively located on the loading ram which is protected from debris by a flexible cover, the lower platen is marked for the centring of cube and cylinder specimens. Self-centring lower platens for cube location are supplied as standard on EN machines and are available as an optional extra on the standard machine.

## Standard Compression Testing Machines

36-0720/01

- 1560 kN/350 000 lbf capacity
- Calibration accuracy to BS EN ISO 7500-1; ASTM E4
- Efficient hydraulic power packs
- Economic machines ideal for site use

The 1500 range of compression machines has been designed to meet the need for a simple, economic and reliable means of testing concrete.

## Specimen Capacity

The dimensions of the frame allow the testing of cylinders up to 320mm long x 160mm diameter, and cubes 150 or 100mm square. Kerbs and flagstones may also be tested on the ADR machine as well as 150mm and 100mm square section beams to ASTM C78, using the optional 100kN flexural frames which are connected to the power pack.

## Load Indication

The ADR Touch digital readout is a microprocessor controlled instrument, which is fitted as standard to all digital machines in the range. Load can be displayed in kN, lbf or kgf as selected by the operator.

- 36-3090/01
- 2000 kN/450 000 lbf capacity
- Tests 150 and 100mm concrete cubes or cylinders up to 320 x 160mm diameter
- Supplied with Windows® download software as standard

Incorporating the ADR Touch digital readout, the machines are designed to test cubes and cylinders in accordance with most International Standards. Supplied fitted for cylinder testing with safety gates. When used for cube testing appropriate distance pieces according to the size of specimen to be tested are required and must be ordered separately.

## Ordering Information

**EL36-0720/01** ADR Touch 1500 Compression Machine with Digital Readout. For 220-240 V AC 50-60 Hz 1ph.

**EL36-3090/01** ADR Touch 2000 Standard Compression Machine with Digital Readout. For 220-240 V AC 50-60 Hz 1ph.

Machines are supplied ready for testing cylinders 300 x 150mm diameter. Distance pieces for testing other sizes of samples are available as optional accessories; contact ELE for further information.



# Concrete Testing

## Compression machines



### ADR Touch 2000 and 3000 BS/EN Compression Machines

- ▶ Machines to meet the requirements of EN 12390-3, -4, -5, 12504-1, 1354, 1521, 3161, 1338, 772-6, 13286-41 BS 3892-3, 187, 6717
- ▶ Alpha-numeric keypad for data entry
- ▶ Calibration accuracy to BS EN ISO 7500-1; ASTM E4
- ▶ Automatic loading cycle
- ▶ 2 gigabyte on-board memory for test results
- ▶ Wide range of accessories

ELE International has a policy of continuous product review to ensure compliance to the relevant testing standards.

The latest product information can be found on the ELE e-commerce system at [www.ele.com](http://www.ele.com).

The ADR Touch range of 2000 kN and 3000 kN capacity compression machines has been designed to meet the need for reliable and consistent testing. The load frame is a welded steel fabrication carrying the ball-seated upper platen. Positively located on the loading ram, which is protected from debris by a flexible cover, the lower platen is marked for the centring of cube and cylinder specimens. Self-centring lower platens for cube location are supplied as standard on EN machines and are available as an optional extra on the standard machine. The two machines for cube testing to EN standards are assembled and aligned using a special compression frame stability tester.

The dimensions of the frame allow the testing of concrete cylinders up to 320mm long x 160mm diameter, 150 and 100mm square cubes, and on EN/BS machines, 200 mm square cubes. Kerbs and flagstones may also be tested on ADR machines as well as 150mm and 100mm square section beams to ASTM C78 using the optional 100kN flexural frames which are connected to the power pack.

### Ordering Information

**EL36-3280/01** ADR Touch 2000 BS EN Compression Machine with Digital Readout and Self Centring Platens. For 220-240 VAC 50-60 Hz 1ph.

**EL36-3321/01** ADR Touch 3000 BS EN Compression Machine with Digital Readout and Self Centring Platens. For 220-240 VAC 50-60 Hz 1ph.

A wide range of optional accessories are available for this series of machines, contact ELE for further information.



We recommend that you take a few minutes to register for access to this fully integrated and advanced facility for:

- ▶ Placing and tracking orders anytime 24/7
- ▶ Receiving mailings on special offers and new products
- ▶ Expanded product specifications
- ▶ Downloading available product datasheets

# Concrete Testing

## Compression machines

### The ADR-Auto V2.0 Range

Whilst delivering all of the features and reputation of the established ADR-Auto V2.0 range with its 20 year design history, the new and improved user interface provides a high quality platform for testing that will enhance the performance of our compression machines. New, sophisticated electronics further the benefits of a closed-loop operation in testing concrete and cement/ mortar samples, satisfying the requirements of Quality Control Managers, Lab Managers and Technicians alike. ADR-Auto V2.0 2000 Standard is supplied complete with safety gates ready for testing 300 x 150 mm diameter cylinders.



### ADR-Auto V2.0 2000 Standard

- Meets requirements of AS 1012:Part 9
- Tests 150 and 100mm cubes and cylinders up to 320 x 160mm diameter
- Options to test mortar cubes and concrete beams to ASTM C109 and C78
- Supplied with Windows download software as standard

The ADR-Auto V2.0 2000 Standard is supplied complete with safety gates ready for testing 300 x 150mm diameter cylinders. When used for cube testing distance pieces of the appropriate size must be ordered separately.

### Ordering Information

**EL36-4125** series ADR-Auto 2000 Standard Compression Machine.

**EL36-4125/01** for 220 – 240 V AC, 50 Hz, 1 ph.

**EL36-4125/02** for 110 – 120 V AC, 60 Hz, 1 ph.

### ADR-Auto V2.0 2000 and 3000 EN

- EN 12390-3, -4, -5, 12504-1, 1354, 1521, 13161, 1338, 772-1, -6, 13286-41
- Tests 200, 150 and 100mm cubes and cylinders up to 320 x 160mm diameter

The ADR-Auto V2.0 2000 BS EN is supplied complete with self-centring lower platen and safety gates fitted with interlock switches ready for testing 300 x 150mm diameter cylinders. When used for cube testing distance pieces (EN) of the appropriate size must be ordered separately.

### Ordering Information

**EL36-4150/01** ADR-Auto V2.0 2000 BS Compression Machine. For 220 – 240V AC, 50Hz, 1ph.

**EL36-4165/01** ADR-Auto V2.0 3000 BS EN Compression Machine. For 220 – 240V AC, 50Hz, 1ph.

# Aggregate Testing

## Abrasion



### Los Angeles Abrasion Machine

EN 1097-2 ASTM C131, C535

- European and ASTM methods
- Revolution counter
- Safety cut-out
- Full width cover

The Los Angeles Machine comprises a heavy steel cylinder, rotated about its horizontal axis.

The cylinder incorporates a removable internal shelf. Two alternative shelf positions are provided, one for ASTM and one for the EN test method.

The ELE Los Angeles Machine's heavy duty steel cylinder is manufactured from structural steel plate conforming to S275 of EN 10025:1993.

The filling aperture is provided with a cover and a safety stop button is prominently positioned. The machine is fitted with a revolution counter and steel tray for specimen unloading. Supplied without abrasive charges, which should be ordered separately.

### Ordering Information

**EL42-5305/01** Los Angeles Abrasion Machine as specified.  
For 220 – 240V AC, 50Hz, 1ph.

**EL42-5310/01** Los Angeles Abrasion Machine with CE Safety Cabinet fitted with microswitches. Less charges.  
For 220 – 240V AC, 50Hz, 1ph.

### Accessories

**EL42-5300/10** Set of Abrasive Charges (ASTM).

**EL42-5305/10** Set of Abrasive Charges (EN).

## **ANEXO 6**

### **Informes Sonómetro**



## Informe de Medición

Nombre	Lab. Suelos - Fernando Yucailla - Astolfo	Resumen		Exposición proyectada		Exposición proyectada	
		LAeq	72,4 dB	30 Mins	60,4 dB	5 Horas	70,4 dB
Fecha	15/01/2015 11:01:13	LCPeak	108,0 dB	1 Hora	63,4 dB	6 Horas	71,2 dB
Duración	00:46:02	C-A	1,9 dB	2 Horas	66,4 dB	7 Horas	71,8 dB
Instrumento	G068263, CR:172A	LEPd	62,2 dB	3 Horas	68,1 dB	8 Horas	72,4 dB
		LAFMax	92,0 dB	4 Horas	69,4 dB	10 Horas	73,4 dB
						12 Horas	74,2 dB

### Información de calibración

15/01/2015 10:49:34 -0,14 dB  
 17/01/2015 9:51:53 0,05 dB

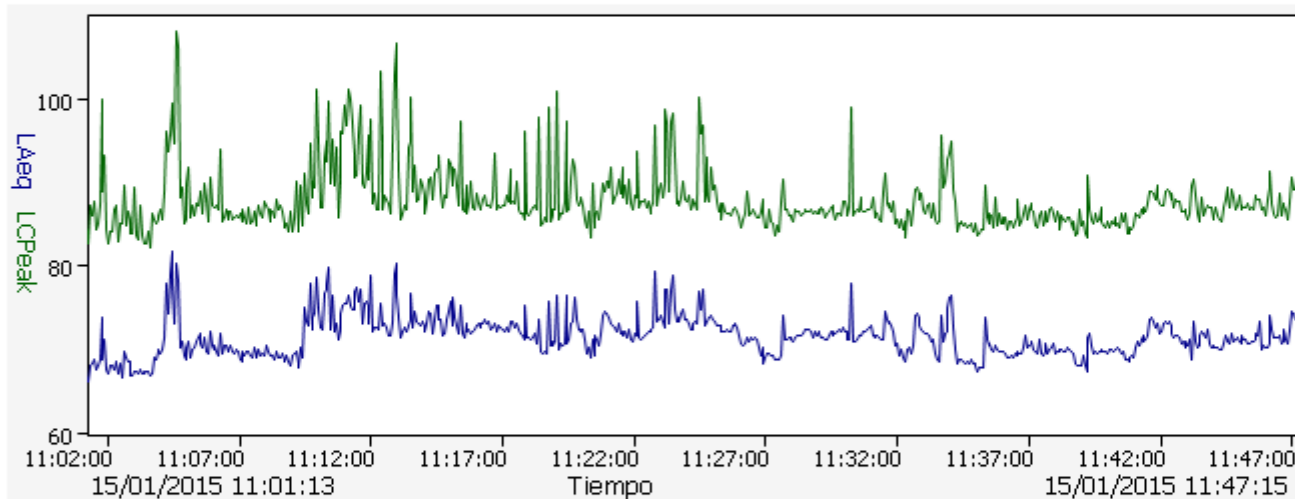
### Lugar

Casa

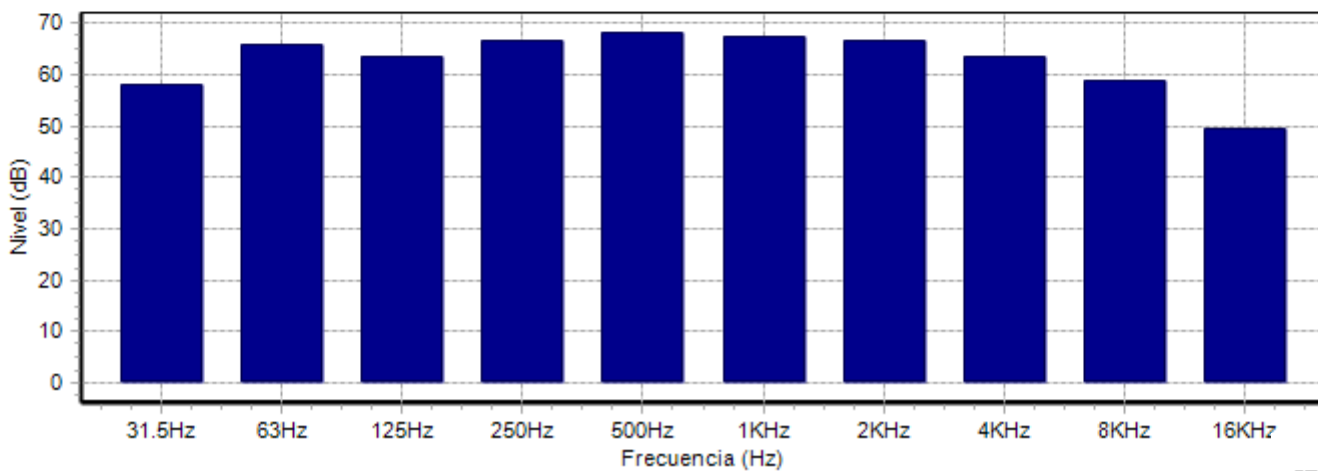
### Proyecto

Universidad Politécnica S...

### Historial



### Bandas de Frecuencia



ID del inform







## Informe de Medición

Nombre	Lab. Suelos - Luis Suárez - Compactación	Resumen		Exposición proyectada		Exposición proyectada	
		LAeq	LCPeak	30 Mins	5 Horas	6 Horas	8 Horas
Fecha	14/01/2015 10:08:47	85,7 dB	112,6 dB	73,6 dB	83,6 dB	84,4 dB	85,1 dB
Duración	00:06:38	-0,4 dB	67,1 dB	76,6 dB	79,6 dB	81,4 dB	85,7 dB
Instrumento	G068263, CR:172A	97,7 dB		82,6 dB	86,6 dB	87,4 dB	

### Información de calibración

14/01/2015 10:01:25 -0,42 dB  
 14/01/2015 10:46:45 -0,22 dB

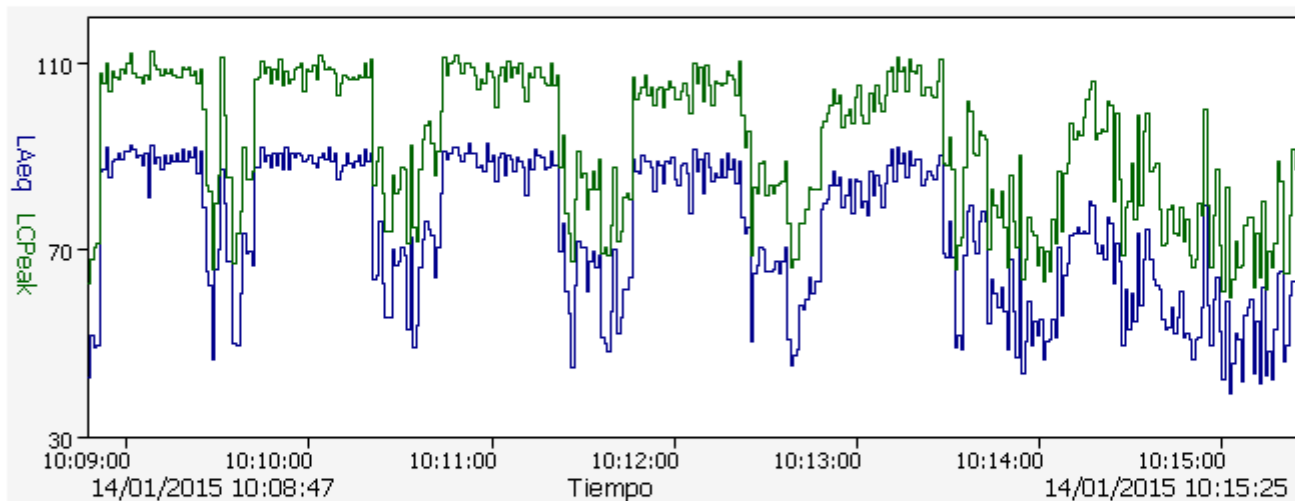
### Lugar

Casa

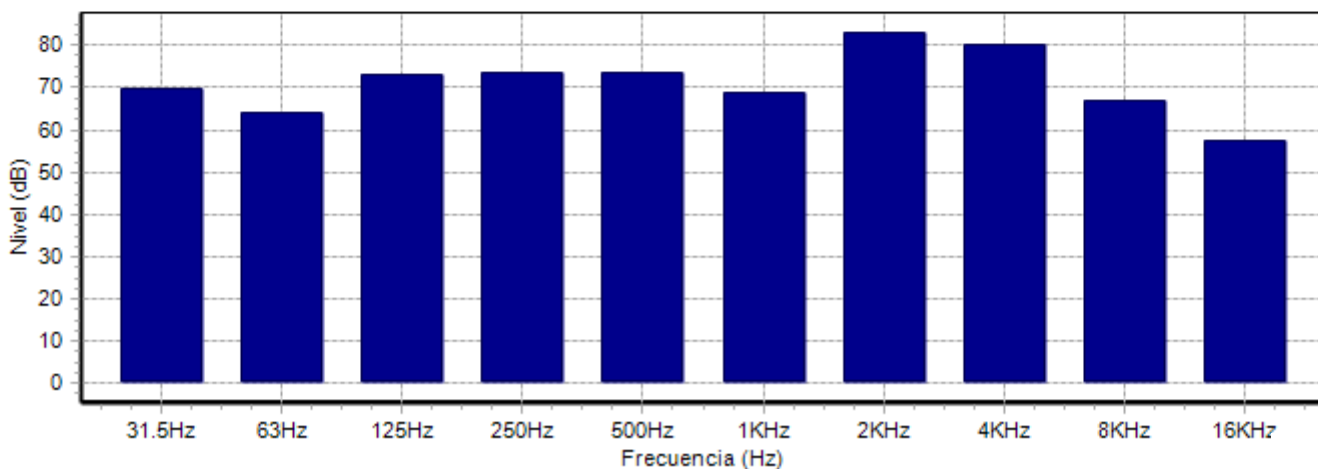
### Proyecto

Universidad Politécnica S...

### Historial



### Bandas de Frecuencia



Lab. Suelos - Luis Suárez - Compactación

ID del inform





## Informe de Medición

Nombre	Talleres Mecánica - Milton Jarrín - Función	Resumen		Exposición proyectada		Exposición proyectada	
		LAeq	77,9 dB	30 Mins	65,9 dB	5 Horas	75,9 dB
Fecha	24/01/2015 10:56:11	LCPeak	104,7 dB	1 Hora	68,9 dB	6 Horas	76,7 dB
Duración	01:05:08	C-A	11,2 dB	2 Horas	71,9 dB	7 Horas	77,3 dB
Instrumento	G068263, CR:172A	LEPd	69,2 dB	3 Horas	73,7 dB	8 Horas	77,9 dB
		LAFMax	88,8 dB	4 Horas	74,9 dB	10 Horas	78,9 dB
						12 Horas	79,7 dB

### Información de calibración

24/01/2015 10:52:43 -0,16 dB  
 24/01/2015 12:11:22 -0,40 dB

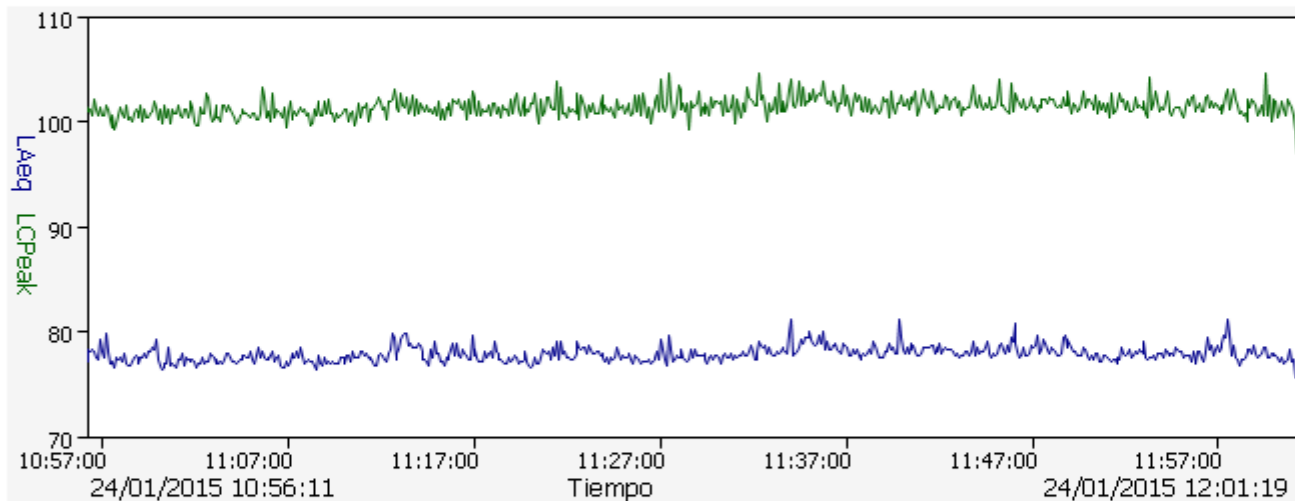
### Lugar

Casa

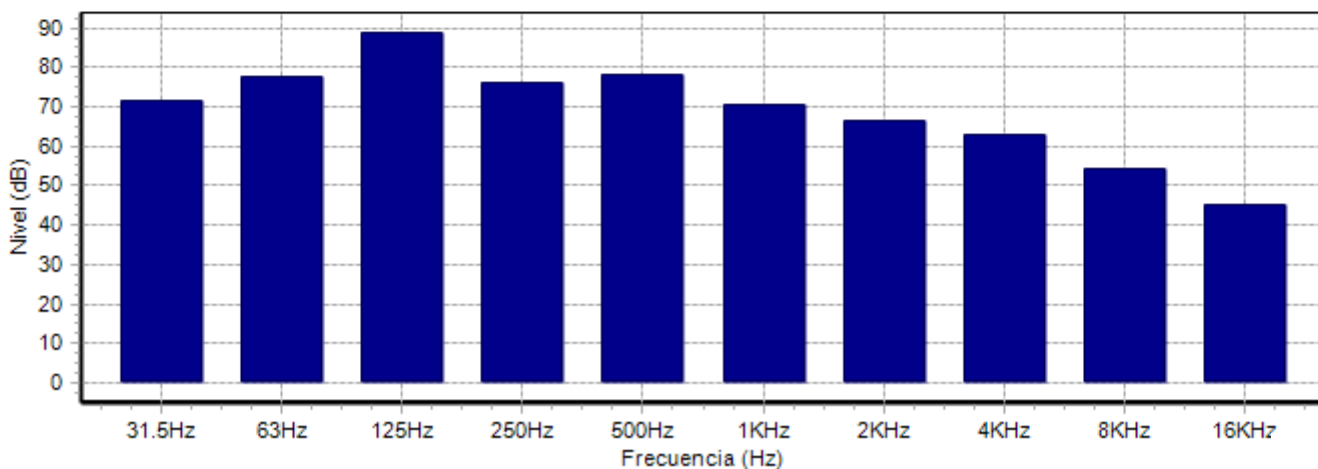
### Proyecto

Universidad Politécnica S...

### Historial



### Bandas de Frecuencia



ID del inform





## Informe de Medición

Nombre	Talleres Mecánica - Patricio Quiroz Fresadora m1	Resumen	Exposición proyectada	Exposición proyectada
Fecha	14/01/2015 19:40:21	LAeq 71,3 dB	30 Mins 59,3 dB	5 Horas 69,3 dB
Duración	00:21:20	LCPeak 98,7 dB	1 Hora 62,3 dB	6 Horas 70,1 dB
Instrumento	G068263, CR:172A	C-A 2,5 dB	2 Horas 65,3 dB	7 Horas 70,8 dB
		LEPd 57,8 dB	3 Horas 67,1 dB	8 Horas 71,3 dB
		LAFMax 87,2 dB	4 Horas 68,3 dB	10 Horas 72,3 dB
				12 Horas 73,1 dB

### Información de calibración

14/01/2015 19:27:40 -0,34 dB  
 15/01/2015 10:49:34 -0,14 dB

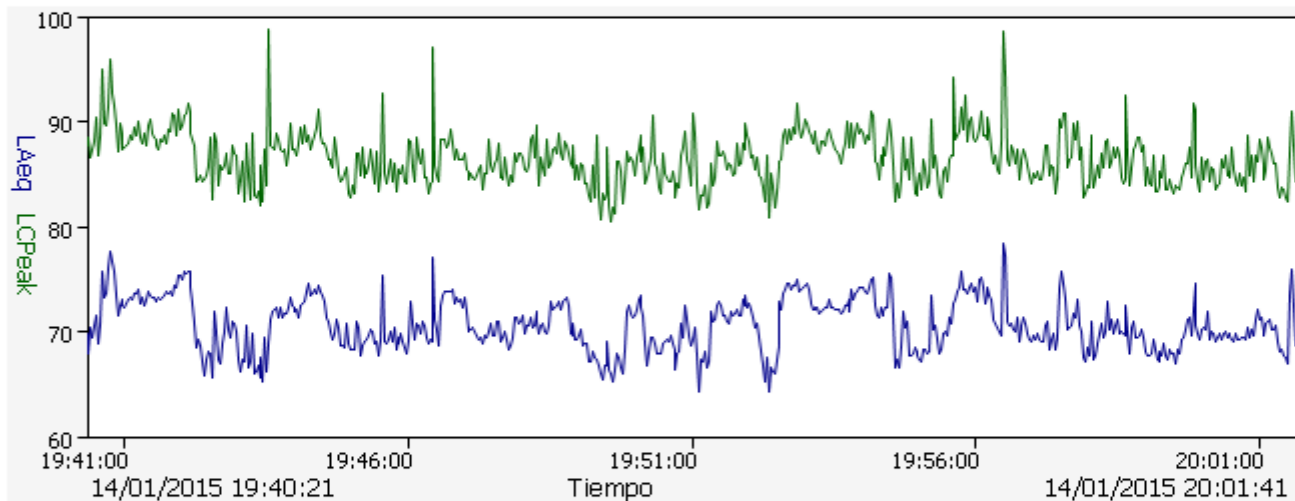
### Lugar

Casa

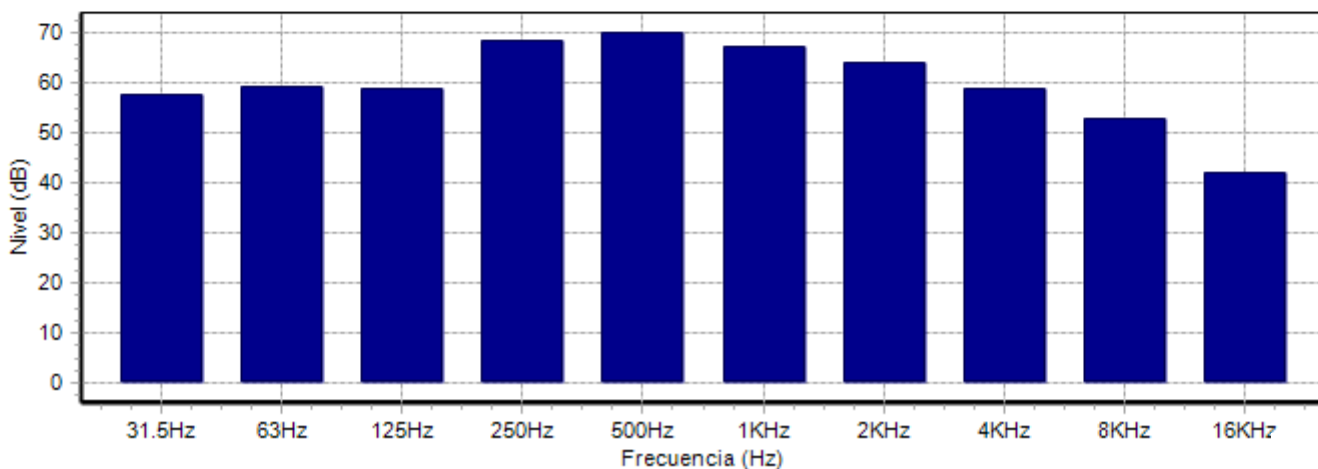
### Proyecto

Universidad Politécnica S...

### Historial



### Bandas de Frecuencia



ID del inform





## Informe de Medición

Nombre	Lab. de Suelos - Sandri Castro	Resumen		Exposición proyectada		Exposición proyectada	
		LAeq	LCPeak	30 Mins	5 Horas	6 Horas	7 Horas
Fecha	14/01/2015 15:47:25	87,8 dB	125,6 dB	75,8 dB	85,8 dB	86,6 dB	87,2 dB
Duración	00:15:55	-- dB	73,0 dB	78,8 dB	81,8 dB	83,6 dB	87,8 dB
Instrumento	G068263, CR:172A	111,4 dB		84,8 dB	88,8 dB	89,6 dB	

### Información de calibración

14/01/2015 15:26:26 -0,25 dB  
 14/01/2015 19:27:40 -0,34 dB

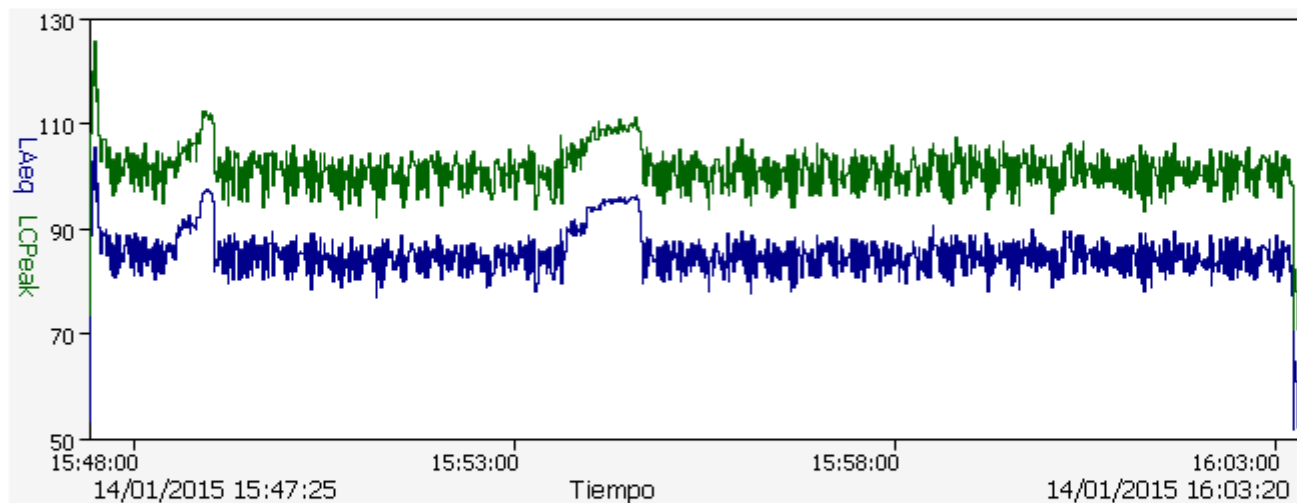
### Lugar

Casa

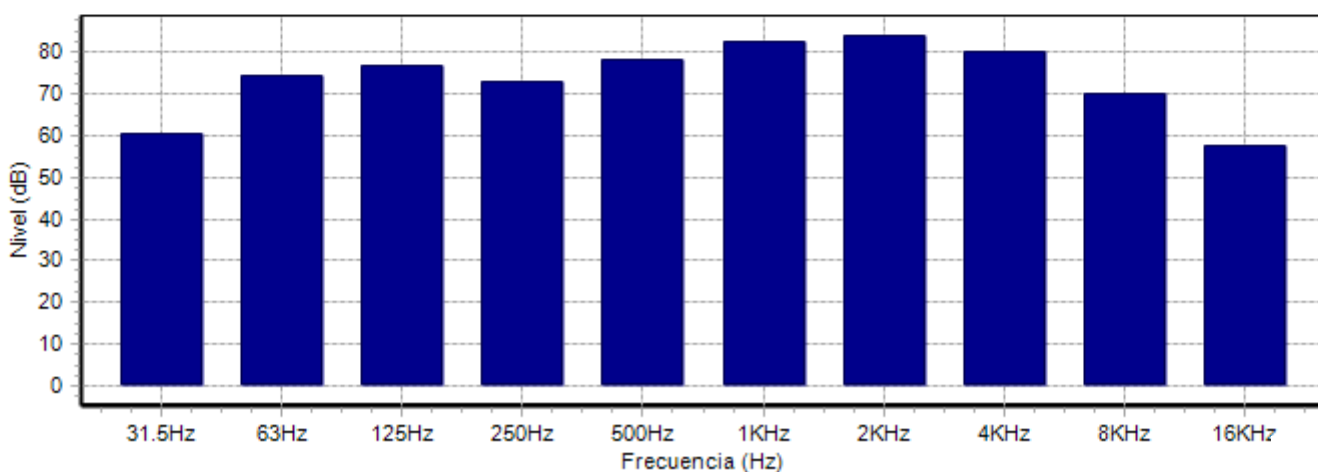
### Proyecto

Universidad Politécnica S...

### Historial



### Bandas de Frecuencia



ID del inform





## Informe de Medición

Nombre	Lab. Suelos - Sandri Castro - P... Palmizadora	Resumen	Exposición proyectada		Exposición proyectada	
Fecha	14/01/2015 15:09:44	LAeq 96,6 dB	30 Mins	84,6 dB	5 Horas	94,6 dB
Duración	00:00:33	LCPeak 114,4 dB	1 Hora	87,6 dB	6 Horas	95,4 dB
Instrumento	G068263, CR:172A	C-A 0,8 dB	2 Horas	90,6 dB	7 Horas	96,1 dB
		LEPd 67,2 dB	3 Horas	92,4 dB	8 Horas	96,6 dB
		LAFMax 99,9 dB	4 Horas	93,6 dB	10 Horas	97,6 dB
					12 Horas	98,4 dB

### Información de calibración

14/01/2015 15:04:11 -0,20 dB

14/01/2015 15:13:15 -0,20 dB

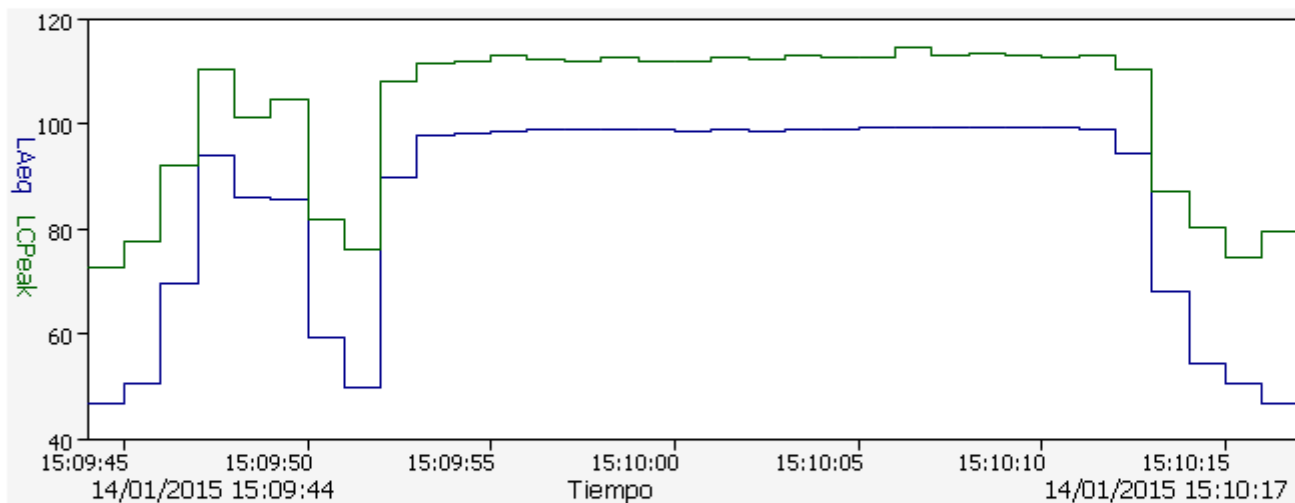
### Lugar

Casa

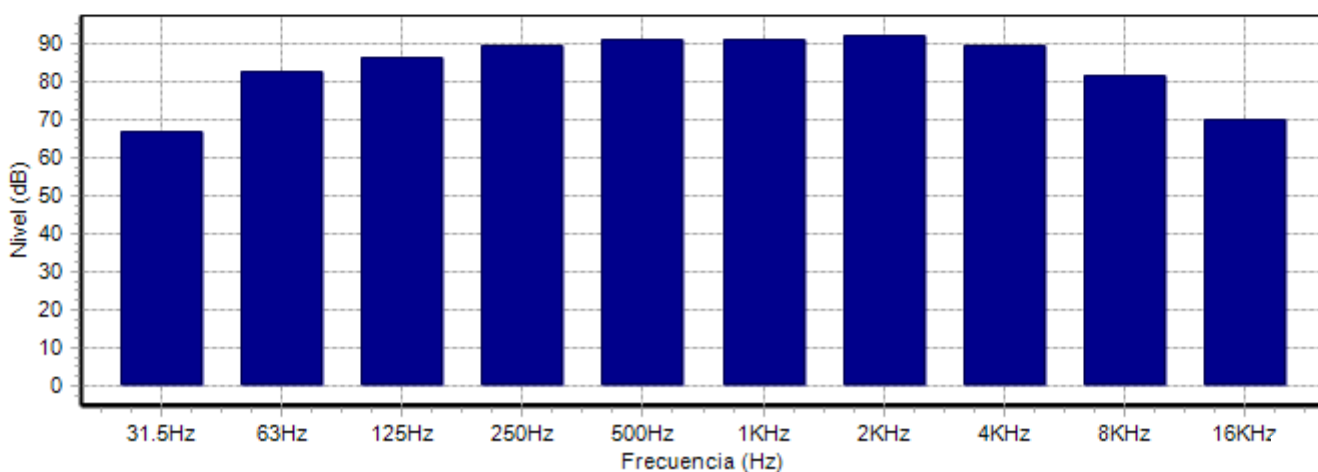
### Proyecto

Universidad Politécnica S...

### Historial



### Bandas de Frecuencia



ID del inform





## Informe de Medición

Nombre	Talleres Mecánica - Vinicio Cordero	Resumen		Exposición proyectada		Exposición proyectada	
		Fecha	17/01/2015 9:59:49	LAeq	75,4 dB	30 Mins	63,4 dB
Duración	00:22:57	LCPeak	106,6 dB	1 Hora	66,4 dB	6 Horas	74,2 dB
Instrumento	G068263, CR:172A	C-A	4,1 dB	2 Horas	69,4 dB	7 Horas	74,8 dB
		LEPd	62,2 dB	3 Horas	71,1 dB	8 Horas	75,4 dB
		LAFMax	90,6 dB	4 Horas	72,4 dB	10 Horas	76,4 dB
						12 Horas	77,2 dB

### Información de calibración

17/01/2015 9:51:53 0,05 dB  
 17/01/2015 11:23:16 0,06 dB

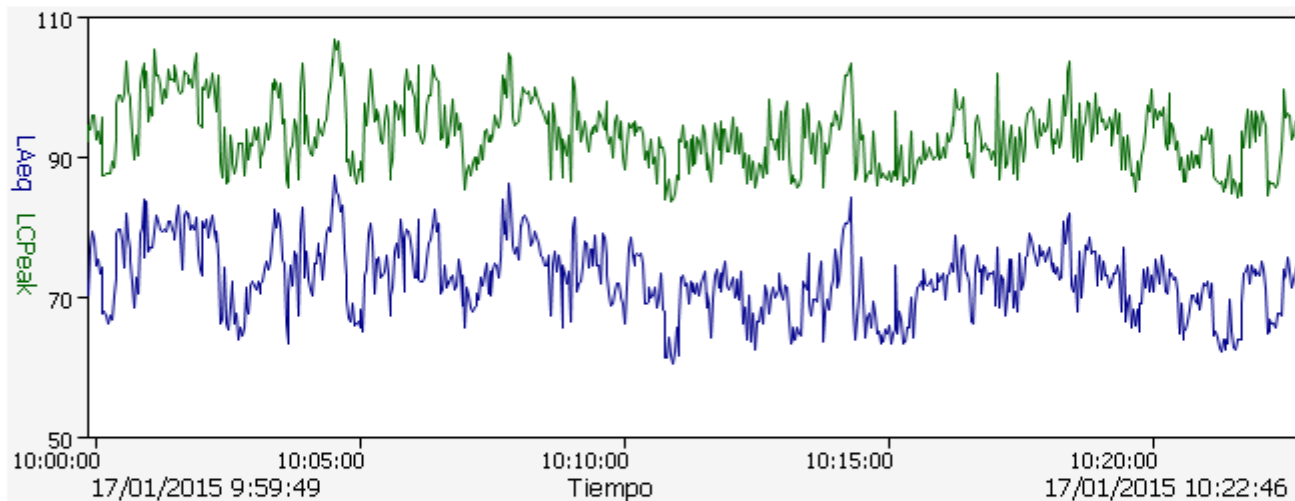
### Lugar

Casa

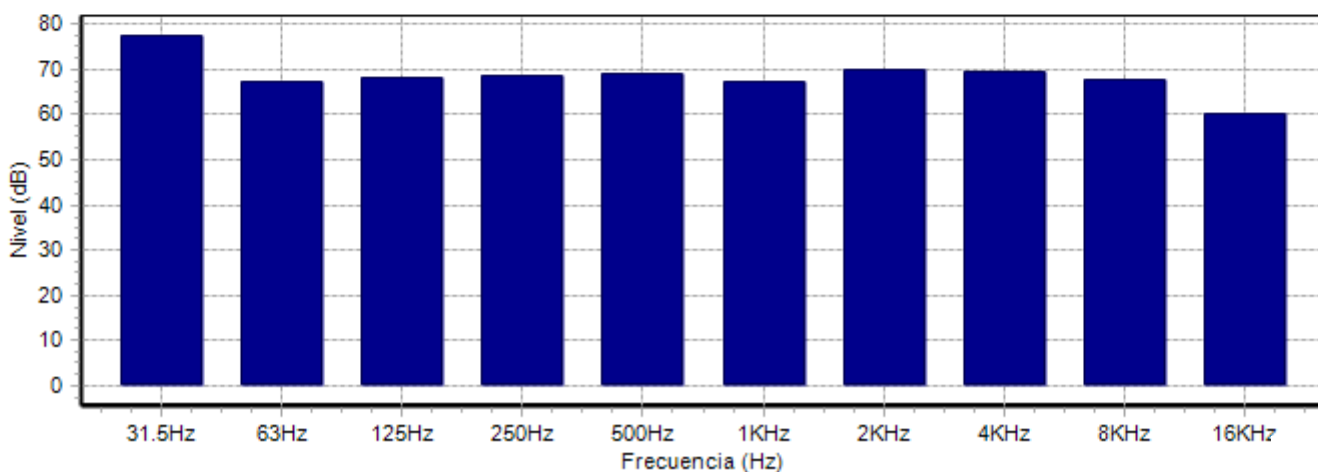
### Proyecto

Universidad Politécnica S...

### Historial



### Bandas de Frecuencia



ID del inform





## Informe de Medición

Nombre	Talleres Mecánica - William Quiroz	Resumen		Exposición proyectada		Exposición proyectada	
		Torno m1					
Fecha	17/01/2015 11:37:06	LAeq	76,2 dB	30 Mins	64,2 dB	5 Horas	74,2 dB
Duración	00:54:44	LCPeak	109,3 dB	1 Hora	67,2 dB	6 Horas	75,0 dB
Instrumento	G068263, CR:172A	C-A	1,8 dB	2 Horas	70,2 dB	7 Horas	75,6 dB
		LEPd	66,8 dB	3 Horas	72,0 dB	8 Horas	76,2 dB
		LAFMax	90,4 dB	4 Horas	73,2 dB	10 Horas	77,2 dB
						12 Horas	78,0 dB

### Información de calibración

17/01/2015 11:23:16 0,06 dB  
 21/01/2015 18:37:03 -0,08 dB

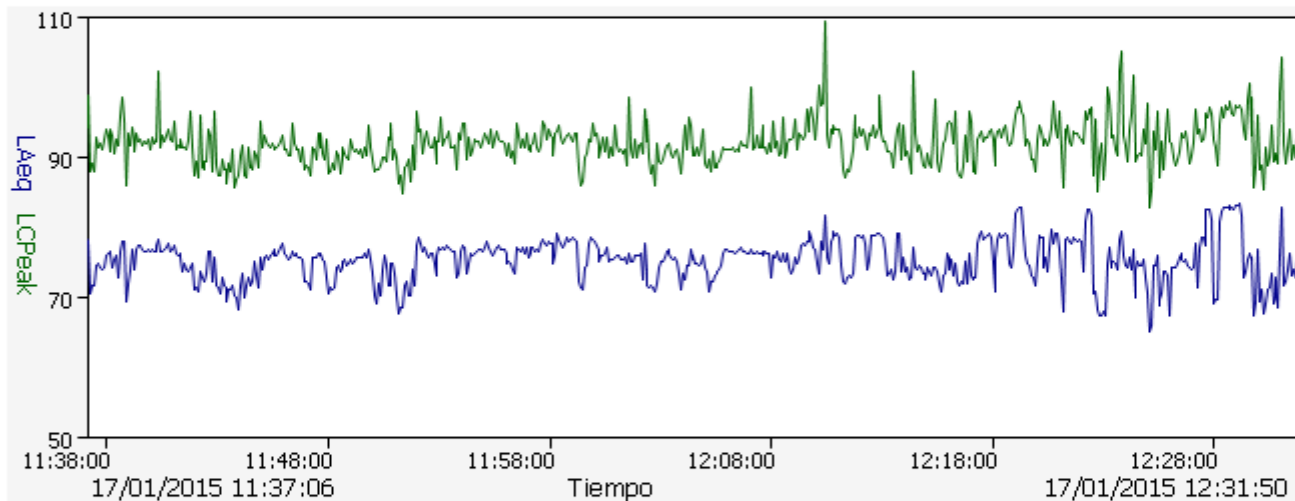
### Lugar

Casa

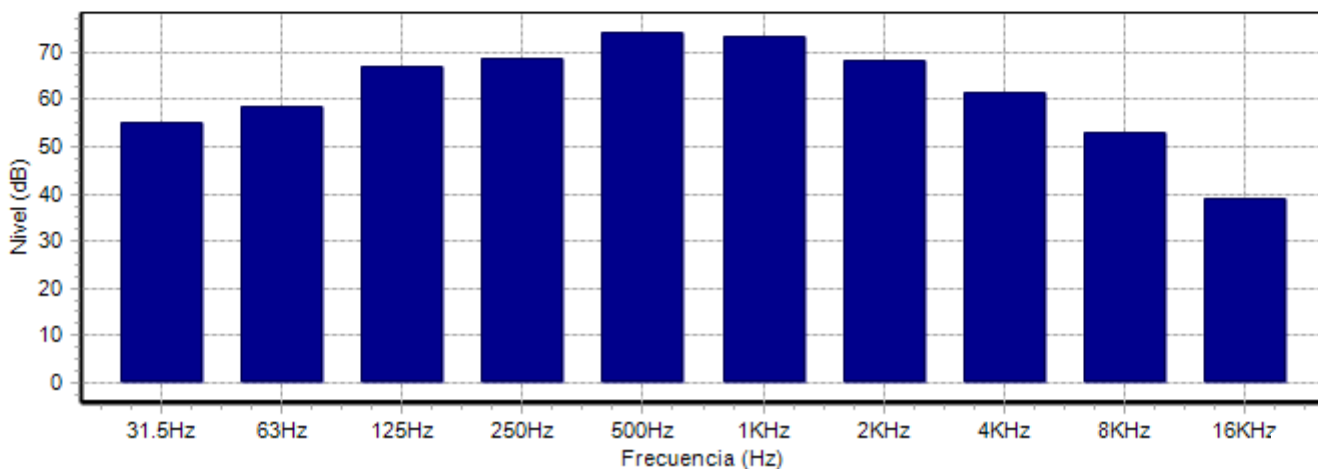
### Proyecto

Universidad Politécnica S...

### Historial



### Bandas de Frecuencia



ID del inform





## Informe de Octava

Nombre Lab. Suelos - Fernando Yucailla- Asfalto  
 Fecha 15/01/2015 11:01:13  
 Duración 00:46:02  
 Instrumento G068263, CR:172A

### Información de calibración

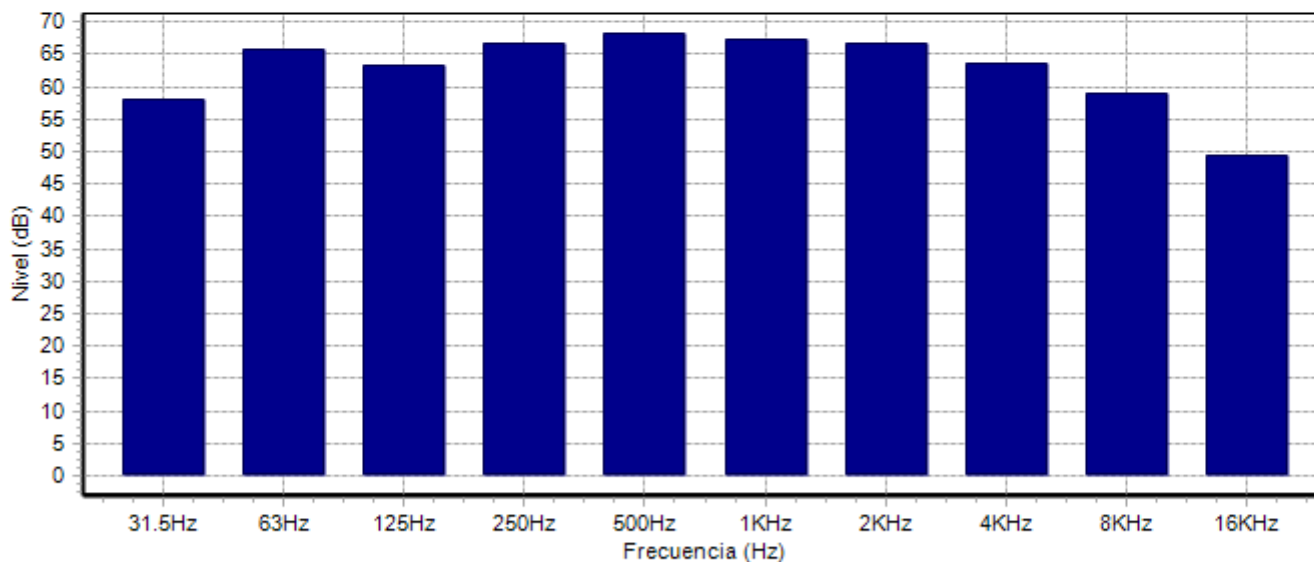
15/01/2015 10:49:34 -0,14 dB  
 17/01/2015 9:51:53 0,05 dB

### Lugar

Casa

### Proyecto

Universidad Politécnica S...



Banda	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	NR	NC
Leq (dB)	58,2	65,8	63,4	66,8	68,2	67,3	66,7	63,7	59,0	49,3	69,0	70,0

ID del inform







## Informe de Octava

Nombre Lab. Suelos - Luis Suárez - Compactación  
 Fecha 14/01/2015 10:08:47  
 Duración 00:06:38  
 Instrumento G068263, CR:172A

### Información de calibración

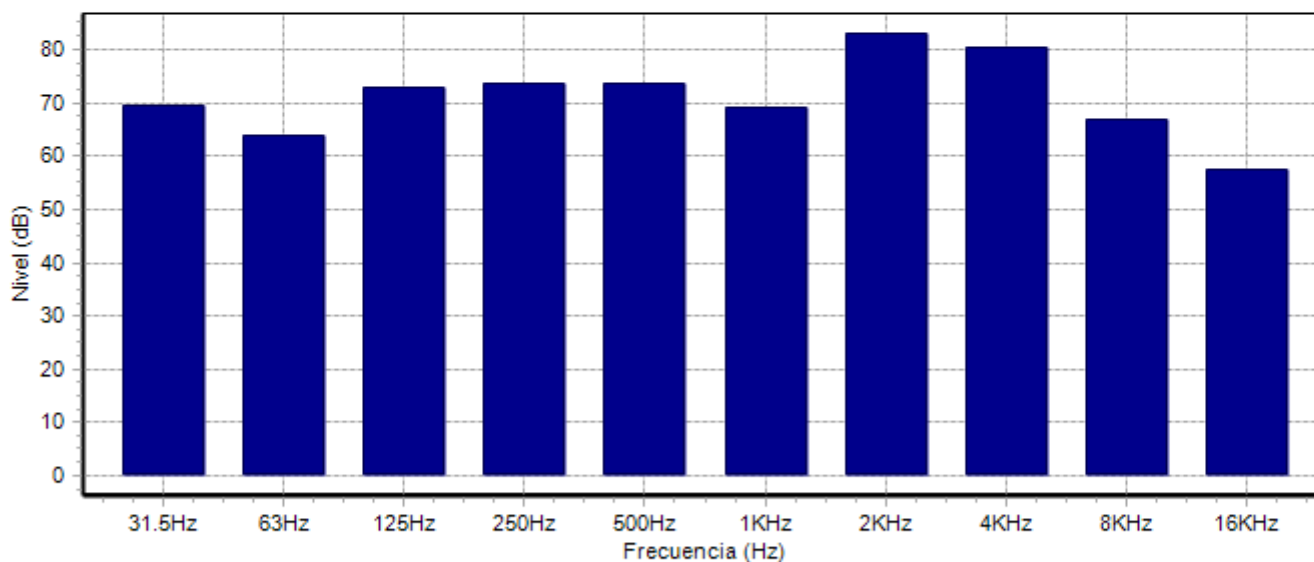
14/01/2015 10:01:25 -0,42 dB  
 14/01/2015 10:46:45 -0,22 dB

### Lugar

Casa

### Proyecto

Universidad Politécnica S...



Banda	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	NR	NC
Leq (dB)	69,6	64,0	72,9	73,6	73,5	69,0	83,0	80,3	66,9	57,6	85,0	70,0

Lab. Suelos - Luis Suárez - Compactación

ID del inform





## Informe de Octava

Nombre Talleres Mecánica - Milton Jami - Fundición  
 Fecha 24/01/2015 10:56:11  
 Duración 01:05:08  
 Instrumento G068263, CR:172A

### Información de calibración

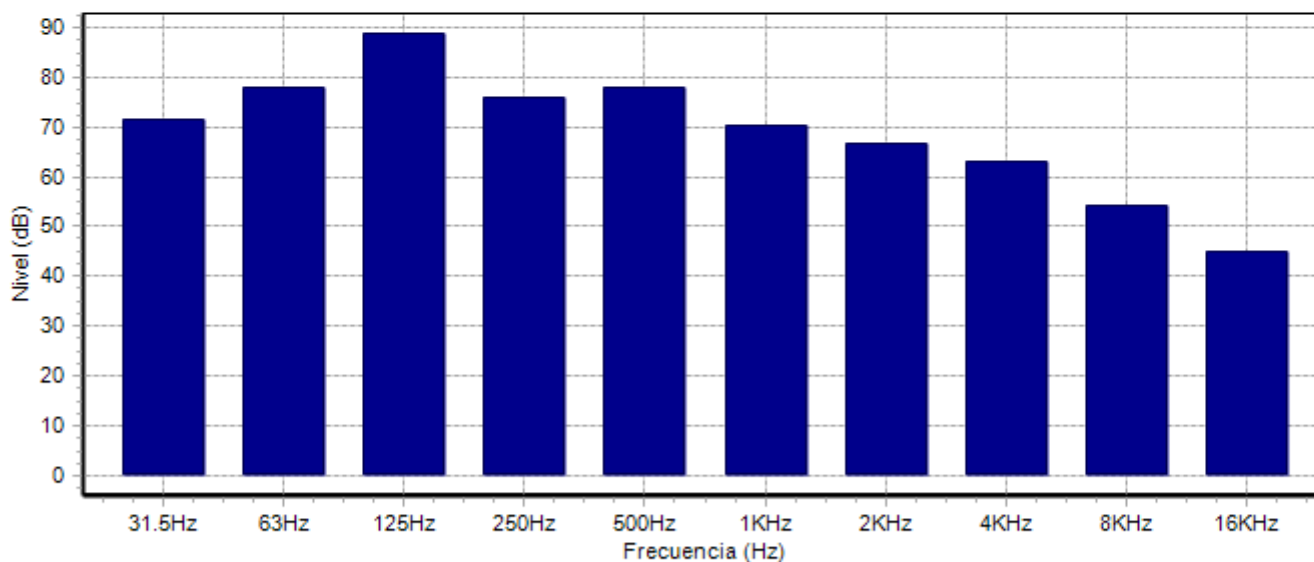
24/01/2015 10:52:43 -0,16 dB  
 24/01/2015 12:11:22 -0,40 dB

### Lugar

Casa

### Proyecto

Universidad Politécnica S...



Banda	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	NR	NC
Leq (dB)	71,5	77,8	88,7	76,0	77,8	70,4	66,6	62,9	54,2	45,0	78,0	70,0

ID del inform





## Informe de Octava

Nombre Talleres Mecánica - Patricio Quitiaquez - Fresadora m1  
 Fecha 14/01/2015 19:40:21  
 Duración 00:21:20  
 Instrumento G068263, CR:172A

### Información de calibración

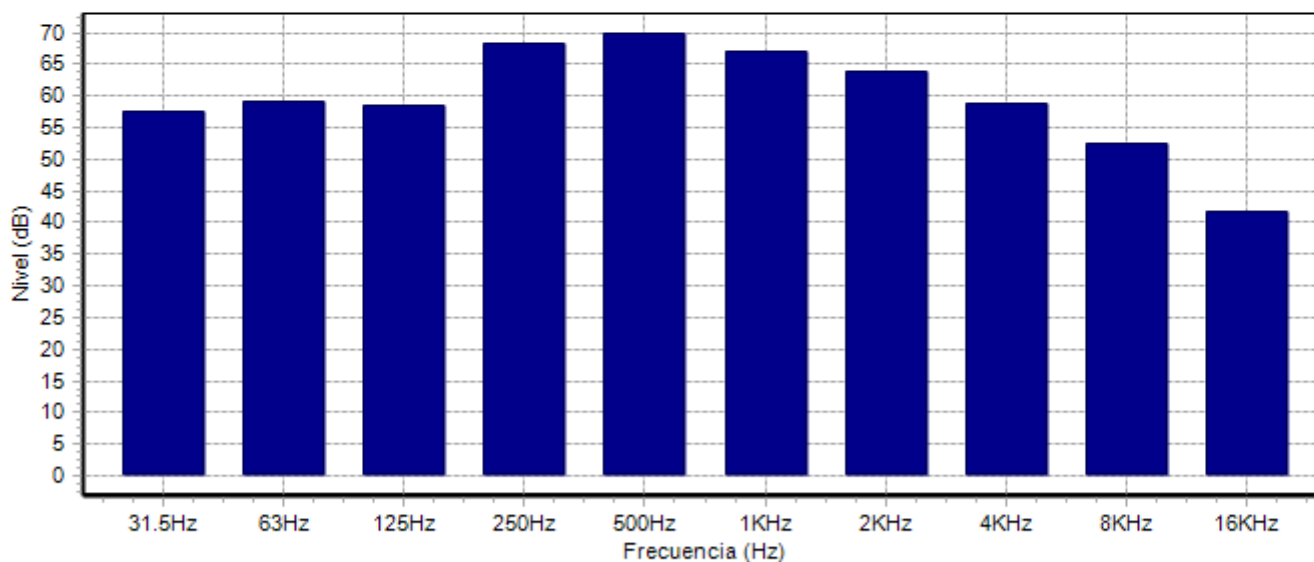
14/01/2015 19:27:40 -0,34 dB  
 15/01/2015 10:49:34 -0,14 dB

### Lugar

Casa

### Proyecto

Universidad Politécnica S...



Banda	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	NR	NC
Leq (dB)	57,5	59,2	58,5	68,4	69,9	66,9	63,9	58,9	52,6	41,7	67,0	70,0

ID del inform





## Informe de Octava

Nombre Lab. de Suelos - Sandri Castro - Abrasión  
 Fecha 14/01/2015 15:47:25  
 Duración 00:15:55  
 Instrumento G068263, CR:172A

### Información de calibración

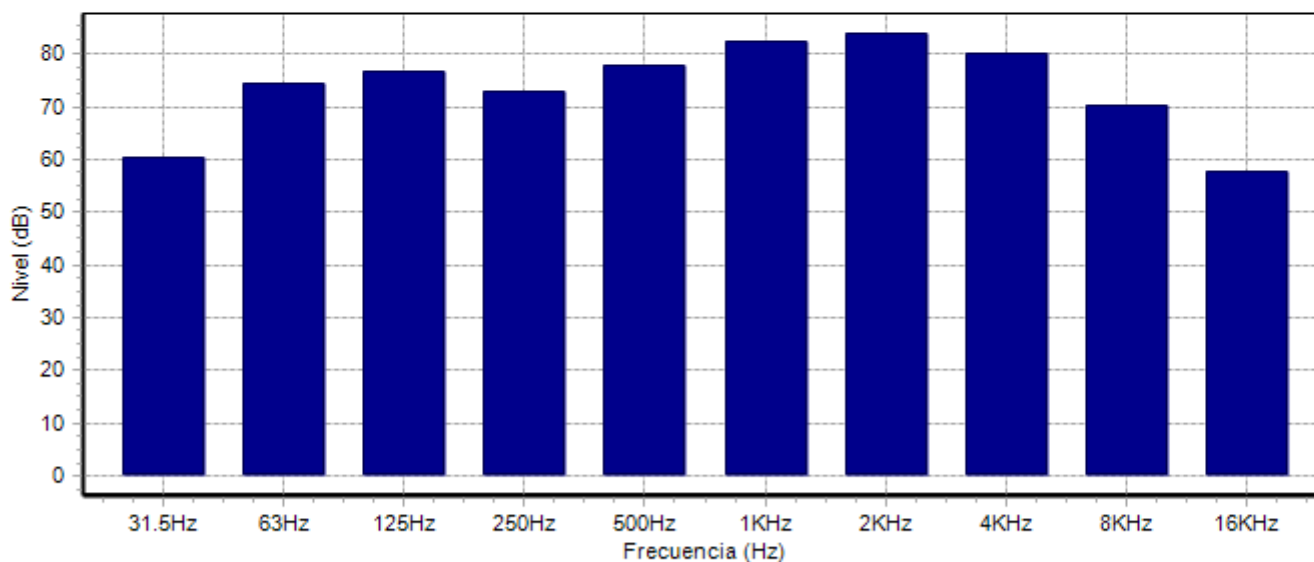
14/01/2015 15:26:26 -0,25 dB  
 14/01/2015 19:27:40 -0,34 dB

### Lugar

Casa

### Proyecto

Universidad Politécnica S...



Banda	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	NR	NC
Leq (dB)	60,3	74,6	76,8	73,1	78,0	82,4	84,0	80,1	70,3	57,7	85,0	70,0

ID del inform





## Informe de Octava

Nombre Lab. Suelos - Sandri Castro - Tamizadora  
 Fecha 14/01/2015 15:09:44  
 Duración 00:00:33  
 Instrumento G068263, CR:172A

### Información de calibración

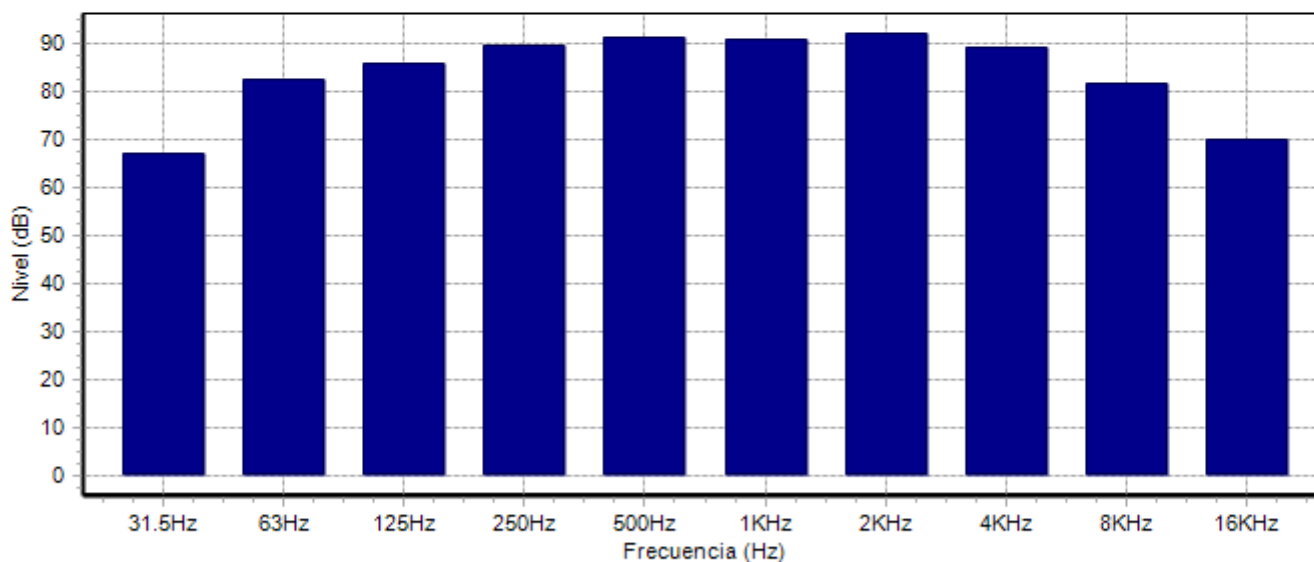
14/01/2015 15:04:11 -0,20 dB  
 14/01/2015 15:13:15 -0,20 dB

### Lugar

Casa

### Proyecto

Universidad Politécnica S...



Banda	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	NR	NC
Leq (dB)	66,8	82,4	85,9	89,2	91,0	90,6	91,9	89,1	81,3	70,0	85,0	70,0

ID del inform





## Informe de Octava

Nombre Lab. Suelos - Victor Teran y Luis Suarez - Compactación  
 Fecha 14/01/2015 10:20:21  
 Duración 00:22:25  
 Instrumento G068263, CR:172A

### Información de calibración

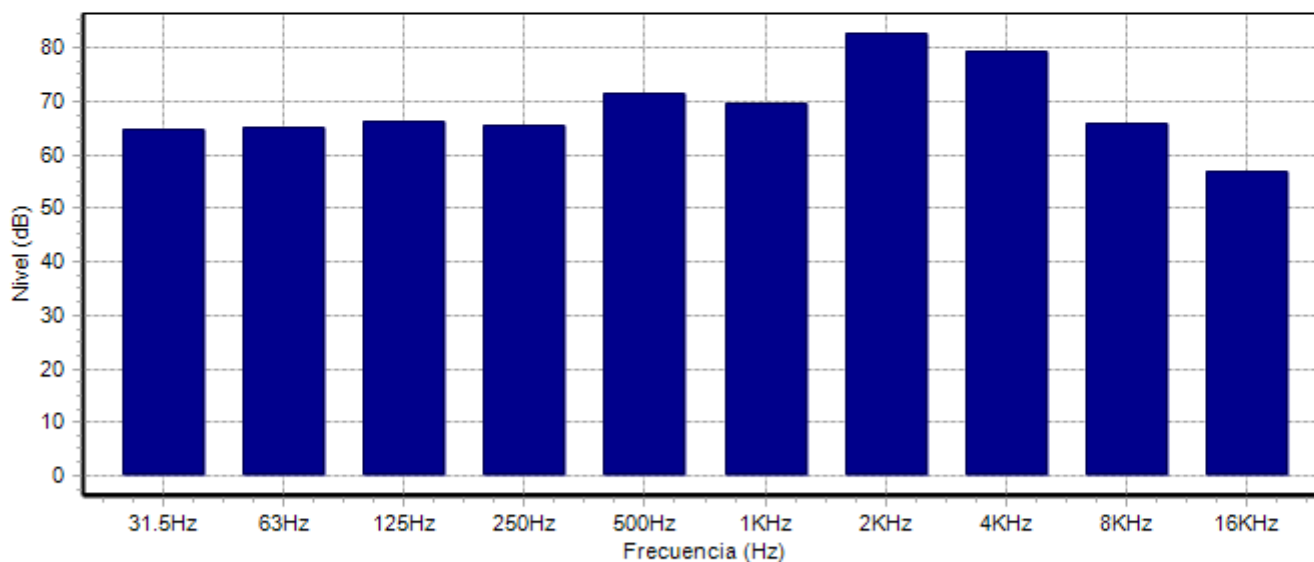
14/01/2015 10:01:25 -0,42 dB  
 14/01/2015 10:46:45 -0,22 dB

### Lugar

Casa

### Proyecto

Universidad Politécnica S...



Banda	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	NR	NC
Leq (dB)	64,8	65,1	66,4	65,5	71,4	69,4	82,7	79,2	65,8	56,7	85,0	70,0

Lab. Suelos - Victor Teran y Luis Suarez - Compactación

ID del inform





## Informe de Octava

Nombre Talleres Mecánica - Inicio Coque - Soldadura  
 Fecha 17/01/2015 9:59:49  
 Duración 00:22:57  
 Instrumento G068263, CR:172A

### Información de calibración

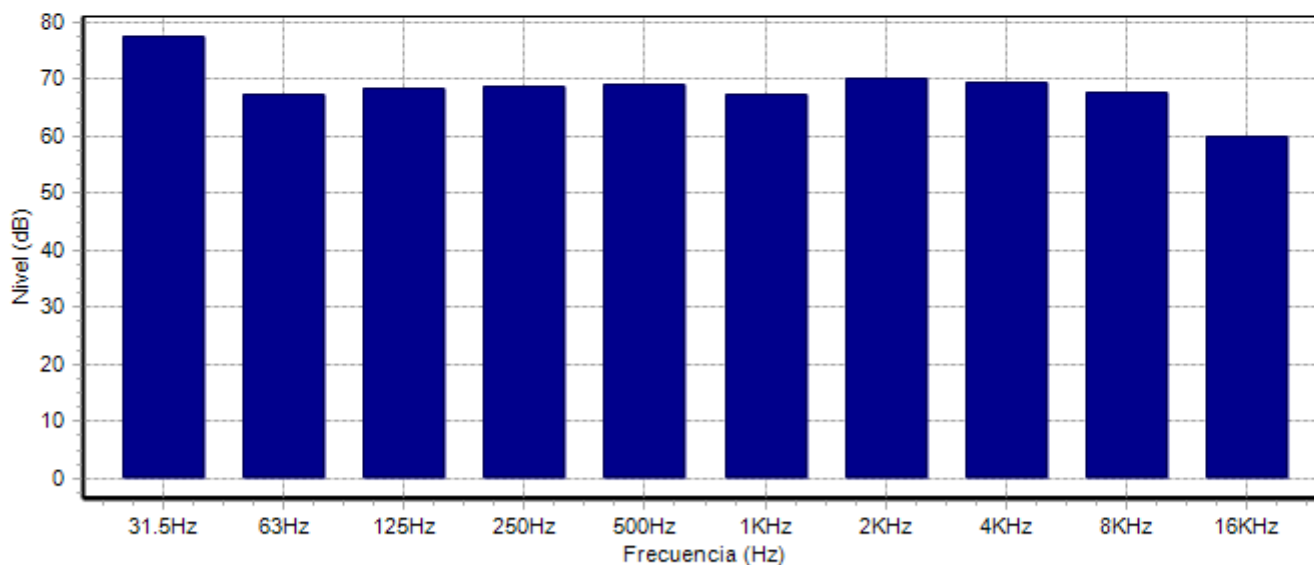
17/01/2015 9:51:53 0,05 dB  
 17/01/2015 11:23:16 0,06 dB

### Lugar

Casa

### Proyecto

Universidad Politécnica S...



Banda	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	NR	NC
Leq (dB)	77,4	67,2	68,2	68,5	69,1	67,4	69,9	69,4	67,4	59,9	74,0	70,0

ID del inform





## Informe de Octava

Nombre Talleres Mecánica - William Quitiaquez - Torno m1  
 Fecha 17/01/2015 11:37:06  
 Duración 00:54:44  
 Instrumento G068263, CR:172A

### Información de calibración

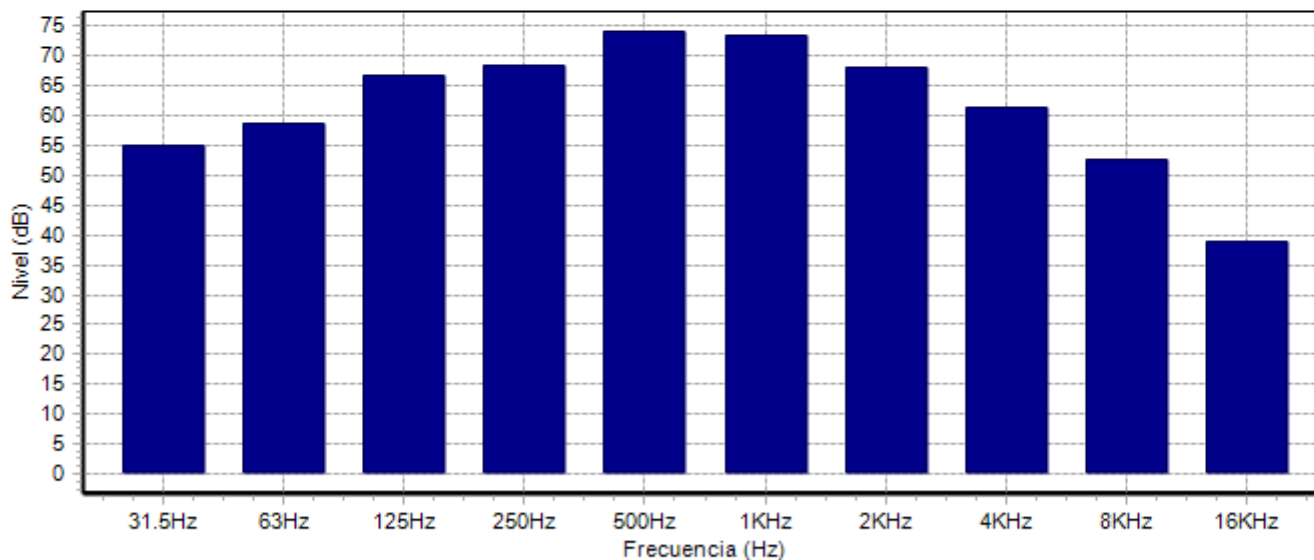
17/01/2015 11:23:16 0,06 dB  
 21/01/2015 18:37:03 -0,08 dB

### Lugar

Casa

### Proyecto

Universidad Politécnica S...



Banda	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	NR	NC
Leq (dB)	55,2	58,6	66,9	68,5	74,1	73,4	68,0	61,3	52,8	38,8	74,0	70,0

ID del inform

