



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS DE GRADO

TEMA:

**“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RUIDOS LABORALES Y SU INCIDENCIA  
EN LOS TRABAJADORES DE LA CONSTRUCTORA CONSORCIO  
COTOPAXI EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE COTOPAXI”.**

Tesis presentada previa a la obtención del título de Ingenieros Industriales

**Autores:**

Armas Cruz Edwin Francisco

Manzano Mora David Augusto

**Director:**

Ing. Marcelo Tello

**LATACUNGA – ECUADOR**

Julio-2014

## AUTORÍA

Nosotros, Armas Cruz Edwin Francisco con CI.: 050272203-6 y Manzano Mora David Augusto con CI.: 171804540-2, informamos que los datos y resultados obtenidos en la investigación del presente trabajo de investigación **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RUIDOS LABORALES Y SU INCIDENCIA EN LOS TRABAJADORES DE LA CONSTRUCTORA CONSORCIO COTOPAXI EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

---

Edwin Armas

CI.: 050272203-6

---

David Manzano

CI.: 171804540-2

# CERTIFICACIÓN:

**HONORABLE CONSEJO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.**

De mi consideración:

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que los postulantes Armas Cruz Edwin Francisco, Manzano Mora David Augusto, han desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: **ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RUIDOS LABORALES Y SU INCIDENCIA EN LOS TRABAJADORES DE LA CONSTRUCTORA CONSORCIO COTOPAXI EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**", cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitado para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, 20 de Junio del 2014

EL DIRECTOR

.....  
Ing. Ángel Marcelo Tello Córdor  
C.C. # 050151855-9  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **Certificado**

### **RESIDENTE DE OBRA**

Arq. Marco Galeas

### **CONSTRUCTORA CONSORCIO COTOPAXI**

CERTIFICA, que los señores Armas Cruz Edwin Francisco portador de la CI.: 050272203-6 y Manzano Mora David Augusto portador de la CI.: 171804540-2, realizaron el **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RUIDOS LABORALES Y SU INCIDENCIA EN LOS TRABAJADORES DE LA CONSTRUCTORA CONSORCIO COTOPAXI EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**. Este estudio fue de gran importancia para tan importante empresa que yo represento.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a los interesados hacer uso del presente en la forma que estimen conveniente a sus intereses, siempre y cuando se usen de forma legal.

Emito esta certificación al mes de Julio del 2014

-----  
Arq. Marco Galeas

**RESIDENTE DE OBRA**



## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **ARMAS CRUZ EDWIN FRANCISCO, MANZANO MORA DAVID AUGUSTO**, cuyo título versa **"ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RUIDOS LABORALES Y SU INCIDENCIA EN LOS TRABAJADORES DE LA CONSTRUCTORA CONSORCIO COTOPAXI EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI"**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Junio 2014

Atentamente,

Lic. M. Sc. Lorena Gonzales Ortiz  
**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**  
C.C. 100237727-1

## **Agradecimiento**

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida; especialmente a mi madre por darme la vida, mi esposa por el apoyo incondicional en mis momentos más difíciles en el tiempo de mis estudios universitarios, a mi director de tesis Ing. Marcelo Tello por el interés mostrado en mi trabajo y sus sugerencias, gracias.

*Edwin*

## **Agradecimiento**

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, a cada uno de los docentes y a mi familia, soporte fundamental y necesario en este largo trayecto, su respaldo a sido incondicional en el momento requerido, sin su apoyo aquella noches de desvelo hubieran sido eternas, al Ingeniero Marcelo Tello director de este trabajo investigativo, al Ingeniero Gustavo Plaza que a pesar de ser el opositor ha sido un amigo, al Msc. Edison Salazar por su apoyo al metodólogo Doctor Galo Terán, y un sin número de personas que con sus consejos motivación hicieron que este trabajo sea culminado. Gracias

*David*

## **Dedicatoria**

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, los alumnos que en algún momento puedan llegar a necesitar e este trabajo investigativo, esperamos que les sea de mucha ayuda en lo que ustedes emprendan.

A las personas que necesiten este trabajo de tesis como una guía para poder elaborar el suyo, nos alegramos que les sea de utilidad

*Edwin*

## **Dedicatoria**

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, fuente de nuestro conocimiento intelectual, a sus docentes, a los compañeros alumnos, que cruzando este camino del conocimiento pueden llegar a tener necesidad de este trabajo de investigación, a la amada del Señor ieanjesus en Huaca, a cada uno de los lectores, esperamos que este trabajo sea lo que ustedes están necesitando

A mi familia, hijas que al mirar el esfuerzo nunca decaigan de lo que ellas se hayan propuesto.

*David*

# Índice general

Carátula.....	i
AUTORÍA .....	ii
Certificado .....	iv
Agradecimiento.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Dedicatoria.....	viii
Dedicatoria.....	ix
Índice general.....	x
Índice de gráficos .....	xii
Índice de Fórmula. ....	xiii
Índice de tablas .....	xiv
Resumen .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
Introducción .....	xvii
CAPÍTULO I .....	1
<i>Fundamentación Teórica</i> .....	1
1.1. <i>Antecedentes Investigativos</i> .....	1
1.2. <i>Marco Teórico</i> .....	2
CAPÍTULO II.....	33
2.1. <i>Caracterización de Consorcio Cotopaxi</i> .....	33
2.1.1. <i>Reseña Histórica</i> .....	33
2.1.2. <i>Actividad Económica</i> .....	33
2.1.3. <i>Misión</i> .....	34
2.1.4. <i>Visión</i> .....	34
2.1.5. <i>Ubicación Geográfica</i> .....	34
2.2. <i>Diseño Metodológico</i> .....	35
2.2.1. <i>Métodos de Investigación</i> .....	35
2.2.2. <i>Tipo de Investigación</i> .....	36
2.2.3. <i>Técnicas de Investigación</i> .....	36
2.2.4. <i>Población y Muestra</i> .....	37

2.2.5.	<i>Operacionalización de variables</i> .....	37
2.3.	<i>Análisis e Interpretación de Resultados</i> .....	38
2.3.1.	<i>Análisis e Interpretación de Encuestas</i> .....	38
2.3.2.	<i>Análisis e Interpretación de la Entrevista</i> .....	46
2.3.3.	<i>MAPA DE MONITOREO</i> .....	46
2.3.4.	<i>Análisis e Interpretación de Puntos de Medición</i> .....	51
2.3.5.	<i>Verificación de Hipótesis</i> .....	66
CAPÍTULO III.....		68
PROPUESTA.....		68
3.1.	<i>Presentación</i> .....	68
3.2.	<i>Justificación</i> .....	68
3.3.	<i>Objetivos</i> .....	69
3.5.	<i>Desarrollo de la Propuesta</i> .....	70
3.6.	<i>Proyección de Sólidos o Líquidos</i> .....	79
3.7.	<i>Sobre esfuerzo físico</i> .....	81
3.8.	<i>Impacto Técnico</i> .....	81
3.9.	<i>Impacto Económico</i> .....	82
3.10.	<i>Impacto Social</i> .....	82
CAPITULO IV .....		83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		83
<i>Conclusiones</i> .....		83
<i>RECOMENDACIONES:</i> .....		85

## Índice de gráficos

Gráfico 1 .....	15
Gráfico 2 .....	15
Gráfico 3 .....	17
Gráfico 4 .....	18
Gráfico 5 .....	18
Gráfico 6 .....	35
Gráfico 7: .....	39
Gráfico 8: .....	40
Gráfico 9: .....	41
Gráfico 10: .....	42
Gráfico 11: .....	43
Gráfico 12: .....	44
Gráfico 13: .....	45
Gráfico 14 .....	46
Gráfico 15 .....	51
Gráfico 16 .....	70
Gráfico 17 .....	71
Gráfico 18 .....	72
Gráfico 19 .....	72
Gráfico 20 .....	73
Gráfico 21 .....	74
Gráfico 22 .....	75
Gráfico 23 .....	75
Gráfico 24 .....	76
Gráfico 25 .....	78
Gráfico 26 .....	79
Gráfico 27 .....	80
Gráfico 28 .....	81

## Índice de Fórmula.

<b>Fórmula 1</b> .....	5
<b>Fórmula 2</b> .....	7
<b>Fórmula 3</b> .....	8
<b>Fórmula 4</b> .....	23
<b>Fórmula 5</b> .....	24
<b>Fórmula 6</b> .....	24
<b>Fórmula 7</b> .....	24
<b>Fórmula 8</b> .....	25
<b>Fórmula 9</b> .....	25
<b>Fórmula 10</b> .....	26
<b>Fórmula 11</b> .....	26
<b>Fórmula 12</b> .....	28

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> .....	8
<b>Tabla 2</b> .....	23
<b>Tabla 3</b> .....	27
<b>Tabla 4</b> .....	37
<b>Tabla 5:</b> .....	39
<b>Tabla 6:</b> .....	40
<b>Tabla 7:</b> .....	41
<b>Tabla 8:</b> .....	42
<b>Tabla 9:</b> .....	43
<b>Tabla 10:</b> .....	44
<b>Tabla 11:</b> .....	45
<b>Tabla 12</b> .....	48
<b>Tabla 13</b> .....	49
<b>Tabla 14</b> .....	50
<b>Tabla 15:</b> .....	76
<b>Tabla 16:</b> .....	77
<b>Tabla 17</b> .....	79

## **Resumen**

La presente investigación nace de la necesidad de controlar la intensidad del ruido en la constructora CONSORCIO COTOPAXI, la misma que se encuentra desempeñando sus actividades en el campus universitario, en el área del teatro de la Universidad Técnica de Cotopaxi; esta empresa cuenta con varios trabajadores que se encuentran expuestos a maquinarias, las mismas que generan ruido, y debido a su gran intensidad pueden ocasionar daños en la salud de los trabajadores.

El trabajo contiene aspectos significativos que abarcan los antecedentes de investigación, así como también conceptos básicos que se relacionan con el tema, los mismos que ayudarán a entender de mejor manera tanto la investigación y la propuesta, evitando así confusiones. Además, el estudio realizado en la constructora se basó en una entrevista y un censo, no se realizó un proceso de muestreo ya que contamos con un universo de 33 personas; la entrevista fue realizada al Jefe de Área y las encuestas al resto del personal, las respuestas obtenidas en ambos casos evidencian la presencia de ruido con una magnitud elevada, por lo cual, se hace necesario un estudio de ruido y una propuesta que ayude a la constructora a mitigar el problema y mantener la integridad física y mental de cada uno de sus trabajadores.

### **Medición de Ruido – CONSORCIO COTOPAXI**

## **ABSTRACT**

This research was made with the propose to control de noise intensity in the CONSORCIO COTOPAXI constructor, which is performing its activities on Universitary Campus in Technical University of Cotopaxi theatre, This company has a lot of workers who are exposed to machineries that generate noise and for the great intensity can cause healthy damage in the workers.

The work has significant aspects covering the background research as well as basic concepts related to the topic; they will help to understand better the research and the proposal, avoiding confusions. In addition, the study in the constructor was based on an interview and a survey, a sampling process was not performed because we have a universe of 33 people; the interview was made the Boss of the area and survey the rest of the staff, the answers obtained in both cases show the presence of noise with a high magnitude, therefore, a noise study and a proposal are necessary to construction mitigate the problem and maintain the physical and mental integrity of each one of its employees.

**Noise Measurement – CONSORCIO COTOPAXI**

## **Introducción**

Se ha demostrado que la exposición constante a altos niveles de ruido no solo trae como consecuencia la pérdida auditiva, sino que también reduce la capacidad de concentración, incrementando por tanto el costo de realizar una actividad específica; a su vez predispone al trabajador a un estado irritable, luego de la actividad laboral, impidiendo un descanso y recuperación adecuada por lo que la Organización Mundial de la Salud decretó que los límites permisibles para la exposición al ruido en jornadas continuas es de 80dB en las 8 horas laborables .

En el primer capítulo trataremos todo lo concerniente a la empresa, el marco teórico comenzando desde los conceptos básicos como son el ruido, los tipos, las magnitudes en las que se les puede representar, la medición, los tipos, de manera que se pueda establecer y comenzar desde lo más básico con la finalidad que el lector tenga claro los conceptos para que se pueda adentrar en este trabajo investigativo.

El segundo capítulo trata de las lecturas tomadas con el equipo de medición Cirrus G 061399, CR162C, aclarando que esta medida es nula porque el amplificador estuvo en mal estado, de manera que se realizo nuevas mediciones con un sonometro CR: 822C, el analisis de la encuesta, con los resultados y asi ver si es posible que se pueda realizar este trabajo, ademas de la compobacion de la hipótesis.

En el tercer capítulo abordamos todo lo que se refiere a la propuesta, su tema, la propuesta, los objetivos con la finalidad de poder concluir con la elaboracion de todos los aspectos necesarios para el desembolvimiento de la empresa Consorcio Cotopaxi.

Finalmente en el cuarto capítulo tenemos las recomendaciones y las conclusiones, estos seran presentados a los personeros de la empresa para que se tome las acciones correctivas y evitar daños en los trabajadores de la empresa.

# CAPÍTULO I

## *Fundamentación Teórica*

### *1.1. Antecedentes Investigativos*

La constructora CONSORCIO COTOPAXI a pesar de su larga trayectoria en la construcción no ha realizado análisis básicos de estudio de ruido laboral en las obras que ha efectuado por diferentes provincias del país, entonces la investigación es auténtica ya que no existe ningún estudio de este caso.

En la Universidad Técnica de Cotopaxi si existe un trabajo investigativo referente al ruido y es el de los estudiantes Klever Montes, este trabajo fue realizado en los Molinos Poulter.

CONSORCIO COTOPAXI conocida a nivel nacional como CONSORCIO ATIAGA-MIÑO, es una empresa constituida en 1993, con el propósito de construir edificios e infraestructuras y también labores de rehabilitación y restauración. Con dirección y coordinación de profesionales con vasta experiencia, por medio de proyectos y planificación; esta es la labor de la empresa de construcción.

La constructora cuenta con la infraestructura y mano de obra necesaria para edificar cualquier tipo o forma de construcción, sin importar mucho el tipo de suelo que se tenga (es decir si es fino o grueso, pedregoso, húmedo, arenoso,

mixto, arcilloso o calizo cuando es abundante en sales) además del manejo de los materiales para construcción como cemento, varillas, tabiques entre otros. Inicio sus actividades productivas en 1993 y actualmente es una de las empresas líderes en la construcción en el Ecuador.

La empresa CONSORCIO COTOPAXI viene desde el año 1993 realizando mega obras en todo el transcurso de su existencia, entre las más importantes tenemos:

- La construcción de la parada norte del trole (Quito).
- Ampliación de la parada sur del trole (Quito).
- Parque central de Quevedo.
- Rediseño del balneario Cunuyacu.
- Construcción del edificio Agua Potable Quito (EMAPQ).
- Construcción del coliseo de Pujilí.
- Construcción del Registro Civil (Latacunga).
- Desde hace 7 años construyendo el nuevo campus central de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## ***1.2. Marco Teórico***

### ***1.2.1. Ruido.***

(Instituto de Salud Pública de Chile, 2012) “Sonido molesto, que produce daño o que interfiere en la transmisión, percepción o interpretación de un sonido útil”. El ruido puede ser impulsivo y según este organismo este ruido se refiere a “Ruido que presenta impulsos de energía acústica de duración inferior a 1 segundo a intervalos superiores a 1 segundo”.

### ***1.2.2. Tipos de ruido.***

Los ruidos pueden clasificarse en:

#### **a) Ruido de impacto**

Según (Farlex, 2011): “Los ruidos de impacto son originados en las percusiones o choques entre sólidos. Al chocar se comunica de un sólido a otro una energía que le hace entrar en vibración. Éste a su vez comunica esas vibraciones a los elementos constructivos que están en contacto con él, provocando ondas sonoras en el aire del local receptor”.

#### **b) Ruido continuo**

De acuerdo a (Ministerio de Salud Pública, 2013) Es aquel ruido cuya intensidad permanece constante o presenta pequeñas fluctuaciones (menores a 5 decibelios) a lo largo del tiempo.

#### **c) Ruido estable**

(Presidencia de la República Ley de Gestión Ambiental. Quito, Pichincha, Ecuador, 2011) “Es aquel cuyo nivel de presión sonora permanece casi constante con fluctuaciones inferiores o iguales a dB(A) durante un periodo de medición de 1 minuto”.

#### **d) Ruido variable**

Para (Presidencia de la República Ley de Gestión Ambiental. Quito, Pichincha, Ecuador, 2011) Este ruido es aquel que presenta variaciones en los niveles de presión sonora mayores a 5 dB(A) durante un periodo de medición de 1 minuto.

#### **e) Fuentes de ruido**

Existen dos importantes grupos de fuentes productoras de ruido (Mendoza Roca, y otros, 2008).

- **Fuentes naturales:** como el viento, el sonido del mar, el murmullo del agua o de un torrente.

- **Fuentes antropogénicas:** Es decir, ruidos que aparecen en el medio causados por la actividad humana, entre estos se puede mencionar:
  - Procedentes de los motores de los aviones, ya sean en las pistas, mientras vuela o en los talleres de comprobación y reparación de motores de reacción.
  - Generadas en oficinas, por los ordenadores e impresoras, el público, los sistemas de ventilación, los teléfonos, las fotocopiadoras.
  - Producidas en las actividades, como la minería, la explotación de pedreras, marmolerías.
  - Por potentes motores en la industria, centrales térmicas, etc.
  - La mayor mecanización de la industria lleva implícita más niveles de ruido, del cual somos plenamente conscientes, pero no debemos olvidar los sonidos no audibles principalmente los ultrasonidos que se utilizan en limpieza industrial, soldaduras, etc. que también son perjudiciales para el hombre.

### ***1.3. Magnitudes y unidades.***

#### **a) Decibelios**

(Corzo, 2009) “El decibelio o decibel, símbolo dB, es la unidad relativa empleada en acústica, electricidad, telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre dos magnitudes: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia. Con mayor frecuencia se emplea para relacionar magnitudes acústicas, pero también es frecuente encontrar medidas en decibelios de otras magnitudes, por ejemplo las eléctricas o las lumínicas”.

#### **b) Presión sonora**

(CORZO, 2009) menciona que:

“La presión sonora o acústica es producto de la propia propagación del sonido. La energía provocada por las ondas sonoras genera un movimiento ondulatorio de las partículas del aire, provocando la variación alterna en la presión estática del aire (pequeñas variaciones en la presión atmosférica. La presión atmosférica es la presión del aire sobre la superficie terrestre). En consecuencia de estas variaciones de presión atmosférica se producen áreas donde se concentran estas partículas (zonas de concentración) y otras áreas quedan menos saturadas (zonas de rarefacción). Las zonas con mayor concentración de moléculas tienen mayor densidad y las zonas de menor concentración tienen menor densidad. Cuando estas ondas se encuentran en su camino con el oído la presión que ejercen sobre el mismo no es igual para toda la longitud de onda”.

$$(dB) = 10\log (\text{Presión acústica existente}/\text{Presión acústica de referencia})$$

Los seres humanos sólo podemos percibir el sonido en un rango de frecuencias relativamente reducido, aproximadamente entre un mínimo de 20 y máximo de 20.000 Hertz (0 a 130 dB).

### **c) Intensidad sonora**

(Corzo, 2009) “La intensidad de sonido se define como la potencia acústica transferida por una onda sonora por unidad de área normal a la dirección de propagación”.

#### ***Fórmula 1*** **FORMULA PARA EL CÁLCULO DE LA INTENSIDAD**

$$I = \frac{A}{N}$$

Elaborado por: Los investigadores

Dónde:

I = es la intensidad de sonido,

$A$  = es la potencia acústica

$N$  = es el área normal a la dirección de propagación.

Los cambios de propiedades físicas del aire como la temperatura, presión o humedad producen la amortiguación y dispersión de las ondas sonoras, por lo que generalmente la ley del inverso del cuadrado no se puede aplicar a las medidas directas de la intensidad del sonido.

La intensidad relativa de un sonido con respecto a otro se define como 10 veces el logaritmo (con base 10) de la razón de sus intensidades. Los niveles así definidos expresados en decibelio (dB), son una cantidad adimensional.

La intensidad fisiológica o sensación sonora de un sonido se mide en decibelios o decibeles (dB). Por ejemplo, el umbral de la audición está en 0 dB, la intensidad fisiológica de un susurro corresponde a unos 10 dB y el ruido de las olas en la costa a unos 40 dB. La escala de sensación sonora es logarítmica, lo que significa que un aumento de 10 dB corresponde a una intensidad 10 veces mayor: por ejemplo, el ruido de las olas en la costa es 1.000 veces más intenso que un susurro, lo que equivale a un aumento de 30 dB.

#### **d) La Amplitud**

“En acústica la amplitud es la cantidad de presión sonora que ejerce la vibración en el medio elástico (aire). Al mismo tiempo, la amplitud determinara la cantidad de energía (potencia acústica) que contiene una señal sonora” (Corzo, 2009).

No hay que confundir amplitud con volumen o potencia acústica, aunque lo que si es cierto es que cuanto más fuerte suena un sonido, mayor amplitud tiene, porque se ejerce una presión mayor en el medio.

En definitiva, la amplitud de una onda es el valor máximo, tanto positivo como negativo, que puede llegar a adquirir la onda sinusoidal.

- El valor máximo positivo que toma la amplitud de una onda sinusoidal recibe el nombre de "pico o cresta".
- El valor máximo negativo, "vientre o valle".
- El punto donde el valor de la onda se anula al pasar del valor positivo al negativo, o viceversa, se conoce como “nodo”, “cero” o “punto de equilibrio”.

***Fórmula 2***  
***AMPLITUD***

$$A_s = 20 \log \left( \frac{\Delta p}{p_0} \right)$$

Fuente: (Wikipedia)

Elaborado por: Los investigadores

De donde:

$A_p$  = es la onda sonora en sobrepresión máxima.

$p_0$  = presión sonora de referencia.

#### ***1.4. La velocidad del sonido.***

La Enciclopedia universal (Academic, 2012) afirma que “La velocidad del sonido es la velocidad de propagación de las ondas mecánicas longitudinales, producidas por variaciones de presión del medio. Estas variaciones de presión generan en el cerebro la sensación del sonido”.

Cualquier persona que haya visto a cierta distancia cómo se dispara un proyectil ha observado el fogonazo del arma antes de escuchar la detonación. Ocurre algo similar al observar el relámpago de un rayo antes de oír el trueno. Aunque tanto la luz como el sonido viajan a velocidades finitas, la velocidad de la luz es tan grande en comparación con la del sonido que pueden considerarse instantánea. La velocidad del sonido se puede medir directamente determinando el tiempo que

tardan las ondas en moverse a través de una distancia conocida. En el aire, a 0°C, el sonido viaja a una velocidad de 331 m/s (1087 ft/s).

**Tabla 1**  
**VELOCIDAD DEL SONIDO**

<b>MEDIO</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>VELOCIDAD (m/s)</b>
<b>Aire</b>	<b>0</b>	<b>331.7</b>
<b>Aire</b>	<b>15</b>	<b>340</b>
<b>Oxígeno</b>	<b>0</b>	<b>317</b>
<b>Agua</b>	<b>15</b>	<b>1450</b>
<b>Acero</b>	<b>20</b>	<b>5130</b>
<b>Caucho</b>	<b>0</b>	<b>54</b>
<b>Aluminio</b>	<b>0</b>	<b>5100</b>

**Fuente:** ruido industrial

Elaborado por: Los investigadores

Experimentalmente se ha encontrado que la velocidad de propagación del sonido en el aire varía 0.6 m/s por cada grado Celsius de temperatura; por lo tanto por lo tanto se puede calcular la velocidad del sonido en el aire en función de la temperatura utilizando la expresión:

**Fórmula 3**

**VELOCIDAD DEL SONIDO**

$$V = V_0 + 0.6(\text{ m/s } * \text{ }^\circ\text{C}) * t$$

Elaborado Por: Los investigadores

Donde  $V_0$  es la velocidad del sonido en el aire a 0°C (331.7m/s).

Para poder tener más claridad sobre el comportamiento de la velocidad del sonido, observaremos el desarrollo del siguiente problema:

1. Una onda sonora recorre en el agua 1km en 0.69s ¿Cuál es la velocidad del sonido en el agua?

**Solución:**

$$X = 1\text{km} = 1000\text{m}, t = 0.69\text{s}$$

$$V = X/t = 1000/0.69 = 1449.27\text{m/s}$$

La onda sonora va acompañada de un flujo de energía mecánica, y tiene como propiedades su ángulo de reflexión, refracción, interferencia, difracción, absorción y efecto doppler.

### ***1.5. Medición.***

(Caso, 2009) “Los sonidos se pueden identificar por su espectro de frecuencias. El elemento fundamental de estas frecuencias es la onda sinusoidal, es decir, una superposición lineal de sinusoides”.

En un primer momento, el sonido se medía en microPa o Pa, el nivel de presión de la onda. El rango audible en los humanos iba de 20 microPa a 20 Pa -un nivel doloroso-. Sin embargo, como esta era una escala muy grande, se comenzaron a utilizar los decibelios (dB).

En este nuevo rango, el esquema de audición humano iría de los 0 dB a 120-140 dB, en los que ya notamos dolor en los oídos. En 0 dB está el sonido más bajo que podemos escuchar, y significa casi silencio absoluto. Una conversación normal está aproximadamente en los 60 dB, un concierto de rock en los 120 dB, y un disparo de un arma en 140 dB. A partir de los 85 dB podemos tener pérdidas auditivas: podemos identificar este nivel cuando para conversar tenemos que levantar la voz. Ocho horas al día con esta intensidad causa daños en los oídos.

## ***1.6. Tipos de medición.***

Hay dos tipos de mediciones:

- **Medición Directa:** “Las mediciones directas son aquellas en las cuales el resultado es obtenido directamente del instrumento que se está utilizando” (Caso, 2009).
- **Medición Indirecta:** “Las mediciones indirectas son aquellas que el resultados no lo obtenemos directamente de las lecturas realizadas con los instrumentos utilizados sino que es necesario emplear los datos obtenidos para hallar la cantidad deseada mediante algunos cálculos” (Caso, 2009).

## ***1.7. Medición de ruido.***

Este tema es abordado por (GONZÁLES, 2011) quién argumenta que “La medición de ruido es la obtención de datos de los niveles sonoros, mediante un instrumento llamado sonómetro, las medidas sonoras permiten el análisis preciso y científico de los sonidos molestos”.

### **a) Evaluación**

Para el (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2008):

Independientemente de la metodología de evaluación que se considere, hay que comenzar por realizar un análisis de la tarea lo más detallado posible, obteniendo el mayor número de datos en cuanto a: número de trabajadores, jornada, tipo de trabajo (necesidad de concentración, dificultad de la tarea, etc.), fuentes de ruido, distribución temporal del mismo a lo largo de la jornada, acústica del lugar, etc.

Los ruidos pueden provocar diferentes efectos en el organismo, así que, dependiendo del objetivo de evaluación, se debe emplear unos métodos u otros.

No va a ser lo mismo evaluar la dificultad de la concentración para realizar una tarea que evaluar la capacidad de comunicación en un entorno ruidoso.

Por tanto, el primer paso será la identificación de las fuentes de ruido. En general, se pueden considerar cuatro fuentes principales de ruido:

- **Ruido Exterior:** Tráfico urbano, tráfico aéreo, obras públicas, actividades comunitarias (espectáculos, manifestaciones, etc.).
- **Ruido de las instalaciones:** Ascensores, conducciones de agua, instalación lumínica, sobre todo el sistema de ventilación.
- **Ruido de máquinas y equipos:** soldadoras, martillos neumáticos, tronzadoras, o cualquier otro tipo de máquinas y herramientas para la realización del trabajo.
- **Ruido producido por personas:** movimiento de las personas o sus actividades (dar golpes, soldar, etc.) y, sobre todo, las conversaciones, especialmente aquellas en que el trabajador no está directamente implicado y que son inteligibles.

El segundo paso debería consistir en determinar qué características del ruido, de la actividad y del individuo, hace que se considere ese ruido molesto. Existen cuatro clases principales de variables que influyen en el grado de molestia:

- **Características físicas del ruido:**
  - Nivel de presión sonora.
  - Frecuencia.
  - Variabilidad.
- **Características no físicas del ruido:**
  - Contenido en información.
  - Predictibilidad.

- **Características del individuo:**
  - Actitud del trabajador
  - Sensibilidad específica frente al ruido, edad, etc.
  
- **Actividad desarrollada:**
  - Complejidad de la tarea. incluyendo las artes, la educación, la justicia, la salud, las fundaciones y organizaciones sin fines de lucro, los gobiernos y otros servicios humanos.

**b) Evaluación Audio métrica y Monitoreo de la Audición de los Trabajadores**

- Debe ser dirigida por un audiólogo o profesional certificado.
- Toda comprobación debe ser dirigida por un médico ocupacional, un médico profesional.
- La audiometría debe consistir mínimamente en la medición de la conducción aérea, tonos puros, para cada oído, en las frecuencias de: 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000y 8000 Hertz.
- El umbral audiómetro de un individuo a una frecuencia no es una cifra invariable, y está asociado con: atención, motivación, influencia de problemas respiratorios superiores, drogas y otros.
- La exposición del ruido aumenta la audición de los umbrales, produciendo cambios hacia valores mayores (oír peor).
- Es útil la vigilancia del umbral al final de la jornada de trabajo.
- Debe considerar el ajuste generado por presbiacusia.

**c) Metodología de Evaluación del Ruido**

- **Método Directo**

“El intervalo de medición debe cubrir la totalidad del intervalo de tiempo considerado” (UHU, 2012).

- **Método de Muestreo**

“Se efectuarán diversas mediciones, de forma aleatoria, durante el intervalo de tiempo considerado. La incertidumbre asociada será función del número de mediciones efectuadas y la variación de los datos obtenidos” (UHU, 2012).

#### **d) Medidas de Control del Ruido**

(Monitoreo de Ruido en el Ecuador, 2013) Al respecto menciona que existen cuatro medidas las mismas que se detallan a continuación:

- **Sobre la fuente:** Esta medida comprende sonidos desde “el simple ajuste de un tornillo hasta el rediseño o sustitución de la maquinaria por una nueva tecnología”. Al empezar un programa que reduzca el sonido lo más deseable es utilizar principios de ingeniería para este fin. Entre los controles de ingeniería que reducen el nivel de ruido tenemos: Mantenimiento, Remplazo de máquinas, Sustitución de procesos.
- **Sobre el ambiente:** El empleo de materiales absorbentes o el aislar equipos muy ruidosos contribuye a reducir el nivel de ruido, otra forma de reducirlo es aislar al trabajador y los colaboradores en un lugar a prueba de ruido.
- **Controles administrativos:** Se entiende como cualquier decisión administrativa que contemple una menor exposición al ruido por parte de los trabajadores. Los controles administrativos también se refieren a programar los tiempos de funcionamiento de las máquinas de manera que reduzcan el número de trabajadores expuestos al ruido.
- **Sobre el hombre:** Hace mención a la protección auditiva de cada persona. Cuando estas medidas no pueden ser practicadas al establecer estos controles, se debe proteger al personal de los efectos que tienen

los altos niveles de ruido. En la mayor parte de los casos el uso de protectores auditivos es lo que se considera más adecuado. Los protectores auditivos que se usan comúnmente en la actualidad son del tipo tapón de orejas. El protector tipo tapón atenúa el ruido obstruyendo el canal auditivo externo mientras que el tipo orejera encierra la oreja proporcionando un sello acústico.

### ***1.8. Instrumentos de medición.***

(Diseño e Implementación de un Prototipo que permita cuantificar el nivel de presión sonora en una biblioteca con indicación visual y audible, 2008) La medición del ruido puede ser realizada mediante una gama de sistemas que ayudan a dar respuesta y posible solución al problema. Cada sistema comprende etapas como son: transductores y sección de análisis y unidad de visualización; el transductor generalmente es un micrófono; la sección de análisis constituye la parte más compleja de un estudio, ya que, considera varios circuitos que acondicionan la señal eléctrica y la ponderan. El caso más sencillo de estos es una ponderación en frecuencia de acuerdo a alguna de las curvas de ponderación (ponderación A, B o C).

Según (Diseño e Implementación de un Prototipo que permita cuantificar el nivel de presión sonora en una biblioteca con indicación visual y audible, 2008) cuando la evolución temporal del ruido es el parámetro de mayor interés, la ponderación A puede integrarse para obtener parámetros como nivel acústico equivalente ( $L_{Aeq}$ ). La salida o visualización depende de la tecnología utilizada, marcador de aguja, lectura digital, impresora alfanumérica, pantalla de rayos catódicos e incluso conexión con computadoras.

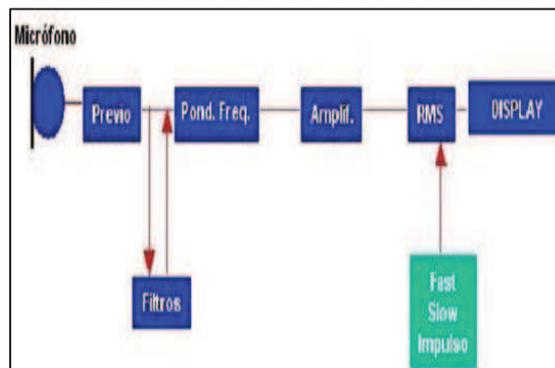
#### **a) Sonómetro**

Para (ASFAHL, 2010) “Es un instrumento eléctrico-electrónico capaz de medir el nivel de presión acuática expresado en decibelios, independientemente de su

efecto fisiológico. Registra un nivel global o lineal de la energía sobre la totalidad del espectro de 0 – 20000Hz”.

Los componentes de un sonómetro son: el micrófono, atenuador, amplificador, circuito de medida y uno o varios filtros, la misión de éstos es descomponer las presiones acústicas recibidas según su frecuencia., los filtros además presentan curvas de respuestas que están tomadas aproximadamente de la red de curvas isosónicas y su función es descomponer las presiones acústicas recibidas según su frecuencia y el sonómetro da como lectura única la suma ponderada de dichas presiones.

**Gráfico 1**  
**DIAGRAMA DE UN SONÓMETRO**



**Fuente:** Contaminación Acústica  
Elaborado por: Los investigadores

**Gráfico 2**  
**SONÓMETRO**



**Fuente:** Contaminación Acústica  
Elaborado por: Los investigadores

## Características del Sonómetro

El sonómetro según (DE LA SOTA, 2011) tiene las siguientes características:

- Poseen tecnología modular avanzada que provee una amplia gama de modelos para futuras pruebas de operación.
- Cuentan con operaciones de modo de análisis de banda y frecuencias que ofrecen solución a un amplio rango de problemas de ruido más comunes.
- Operación manual o automática dependiendo del modelo elegido.
- Tiene control intuitivo para el usuario con un tablero de iconos y una pantalla gráfica.
- Poseen memoria de las lecturas obtenidas, que eliminan la necesidad de elaborar los reportes escritos.
- Tienen capacidad para bajar información tanto en impresoras como en computadoras.
- Cuentan con una operación posible en cinco idiomas.

## Clases de Sonómetros

a) **Sonómetro Convencional:** “Posee características limitadas (tiempos) de promediación y son relativamente cortos” (DE LA SOTA, 2011), los tiempos más comunes son:

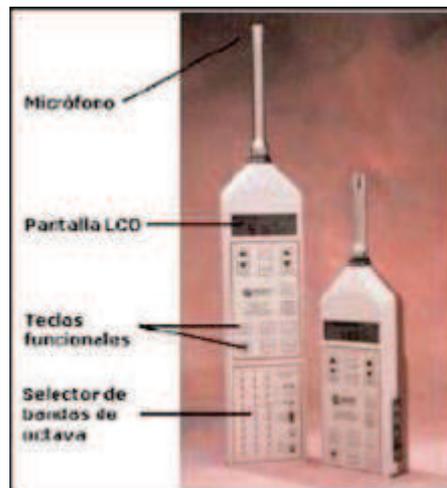
- **Rápido:** “Brinda una respuesta al estímulo sonoro más rápida, la constante de tiempo es menor a 0,125 segundos y por tanto, puede reflejar fluctuaciones poco sensibles a la ponderación anterior” (Díaz, 2009).
- **Lento:** “El instrumento responde lentamente ante los eventos sonoros, el promediado efectivo de tiempo es de aproximadamente un segundo” (Díaz, 2009).

## Partes del Sonómetro

El sonómetro consta de las siguientes partes:

- Sensor primario (micrófono).
- Amplificador.
- Atenuador.
- Filtros de ponderación.
- Conmutador de integración.

**Gráfico 3**  
**PARTES DEL SONÓMETRO**



**Fuente:** Aplicaciones del sonómetro

Elaborado por: Los investigadores

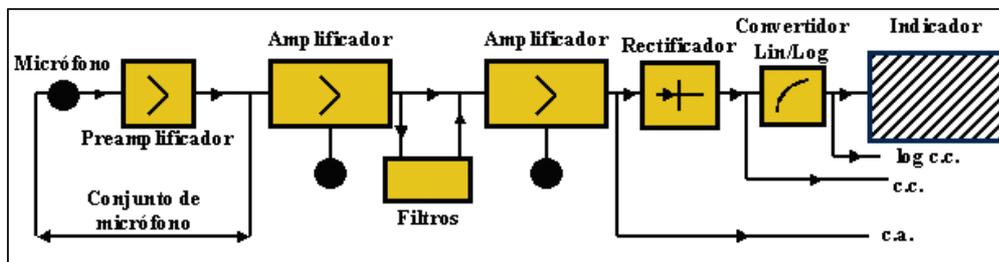
El sonómetro se lo puede usar para las siguientes mediciones:

- Para mediciones de fuente de ruido.
- Para mediciones generales en el ambiente.
- Estudio de ruido en la transportación,
- Análisis para el control de ruido.
- Medición de nivel de ruido en límites industriales.
- Medición de dosis de exposición al ruido.

### a) Dosímetros

(CORTEZ, 2007) “Es un aparato que integra de forma automática los dos parámetros considerados: nivel de presión acústica y tiempo de exposición. Se obtienen directamente lecturas de riesgo, expresadas en porcentajes de dosis máxima permitida legalmente para ocho horas de exposición al riesgo diario de Dosis Máxima Permitida (%DMP)”.

**Gráfico 4**  
**DIAGRAMA DE UN DOSÍMETRO**



**Fuente:** Contaminación Acústica

Elaborado por: Los investigadores

**Gráfico 5**  
**DOSÍMETRO**



**Fuente:** Contaminación Acústica

Elaborado por: Los investigadores

## **b) Evaluación**

(DE LA SOTA, 2011) “La evaluación es la acción de estimar, apreciar, calcular o señalar el valor de algo. Determinación sistemática del mérito, el valor y el significado de algo o alguien en función de unos criterios respecto a un conjunto de normas. La evaluación a menudo se usa para caracterizar y evaluar temas de interés en una amplia gama de empresas humanas, incluyendo las artes, la educación, la justicia, la salud, las fundaciones y organizaciones sin fines de lucro, los gobiernos y otros servicios humanos”.

### ***1.9. Definición de Enfermedad Profesional.***

El (Ministerio de Salud Pública Guatemala, 2011) define que:

La enfermedad profesional se considera como un deterioro lento y paulatino de la salud del trabajador, producida por la exposición continuada a situaciones adversas, mientras que el accidente de trabajo es un suceso que, presentándose en forma inesperada, interrumpe la continuidad del trabajo y causa daño al trabajador.

La similitud entre ambos radica en la consecuencia final: daño en la salud del trabajador; en la enfermedad, el tiempo es importante, ya que con la concentración, cantidad o energía del contaminante configura la dosis y el efecto que produce en la persona expuesta. En cambio en caso de accidente de trabajo, el tiempo es irrelevante, ya que no influye en el efecto causado; éste aparece de manera instantánea en el momento del accidente.

#### ***1.9.1. Definición de la Sordera Profesional.***

(Estopá Navarro, 2011)

La sordera profesional se considera como la alteración irreversible de la audición a consecuencia de la exposición prolongada a los ambientes sonoros altos durante la actividad laboral. Pero esta definición excluye las sorderas causadas por trauma

sonoro único accidental, por traumatismo causa de una explosión o por disbarismos. En 1987 las sorderas profesionales representaban más de un cuarto de las enfermedades profesionales, que se han reducido hasta el 14 % en el año 2008.

La revista empresarial laboral (Dine, 2008) asegura que “la sordera profesional tuvo una incidencia del 1,1 % de las enfermedades profesionales”; además es necesario aclarar que al inicio solo puede verse afectado el laberinto del oído y el trabajador no se entera de dicha sordera y se recupera cuando se deja de trabajar y el oído reposa.

Según (Dine, 2008) Las etapas de la sordera profesional son tres:

- Un primer periodo de adaptación, con un mes de duración. A los quince o veinte días de incorporarse al trabajo el obrero comienza a notar los síntomas. Hay cambios en su capacidad intelectual, de comprensión, siente fatiga, está nervioso, no rinde. Al cabo de un mes se siente bien y trabaja sin molestias, se ha adaptado por completo. En este periodo la sordera es transitoria.
- Segundo periodo, de latencia total. Esta sordera puede ser reversible si se separa al trabajador del medio ruidoso. Este estado se descubre por la exploración médica.
- Tercer periodo, de latencia subtotal. El operario no oye la voz cuchicheada y es variable de unos individuos a otros. Después de este periodo aparece la sordera completa. Aparecen sensaciones extrañas y zumbidos, no se perciben los agudos y sobreagudos. La sordera profesional está instalada.

(Dine, 2008) Argumenta también, que las causas pueden ser susceptibilidad individual u otros factores, pero, “a partir de los cuarenta años es menor la capacidad de audición, lo que indica que, por lo tanto, ya hay causa fisiológica en el operario”. Otro aspecto a tener en cuenta es la influencia del ambiente ya que, si el sonido sobrepasa los 90 decibelios es nocivo.

Hay tres formas de lucha contra el ruido:

- Procurando disminuirlo en lo posible mediante el diseño de las máquinas.
- Seleccionando individuos que puedan soportarlo mejor.
- Y, finalmente, mediante protectores auditivos individuales que disminuyen su intensidad (Dine, 2008).

1.9.2. **Afectados:** De acuerdo al criterio de (Grupo Valero, 2010)

Afecta a todos, a que además de a las personas que trabajan o viven cerca de las fuentes sonoras en las construcciones, y que son muchas, tan solo las actividades localizadas en las calles ya son fuentes permanentes de ruidos, como las generadas por el tráfico, por las obras públicas, por los establecimientos públicos como bares, discotecas, pubs, etc.

### 1.10. Estrategias de medición del ruido

La norma UNE-EN ISO 9612 ofrece tres estrategias de medición para la determinación de la exposición al ruido en el lugar de trabajo:

**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.

Para cada tarea se deben realizar al menos tres mediciones y si los resultados de esas tres mediciones difieren en tres decibelios o más:

- Se deben realizar al menos tres mediciones adicionales de la tarea.

- Se debe subdividir la tarea en otras tareas y realizar las mediciones de nuevo.

Se deben repetir las mediciones con una duración más larga para cada medición.

**c) Medición basada en la función**

Se toma un cierto número de muestras aleatorias del nivel de presión sonora durante la realización de funciones identificadas durante el análisis del trabajo.

**d) Medición de una jornada de trabajo completa**

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

Inicialmente se deben realizar tres mediciones de una jornada completa y si los resultados de esas tres mediciones difieren en tres decibelios o más, se deben realizar al menos dos mediciones adicionales de la jornada completa.

**Evaluación de las incertidumbres de medición**

Al determinar la incertidumbre expandida de los niveles de presión sonora continua equivalente ponderados A o de los niveles de exposición al ruido normalizado a una jornada laboral de 8 horas, se pueden considerar las siguientes fuentes de incertidumbre:

**Tabla 2**  
**FUENTE DE LA INCERTIDUMBRE**

<b>Símbolo</b>	<b>Fuente de incertidumbre</b>	<b>Aplicación</b>
$U_{1a}$	Muestreo de los niveles de ruido por tareas	Medición basada en la tarea
$U_{1b}$	Estimación de la duración de tareas	Medición basada en la tarea
$U_1$	Muestreo de los niveles de ruido por función	Medición basada en la función
$U_2$	Instrumentos	Todas las estrategias
$U_3$	Posición del micrófono	Todas las estrategias

Fuente: ISO 6912

Elaborado por: Los investigadores

La incertidumbre típica combinada ( $u$ ), asociada al valor del nivel de exposición al ruido, se obtiene como suma de las contribuciones a la incertidumbre individuales,  $c_i u_i$ :

**Fórmula 4**  
**CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE**

$$u^2 = \sum c_i^2 u_i^2$$

Fuente: ISO 6912

Elaborado por: Los investigadores

La incertidumbre expandida,  $U$ , viene dada por  $U=ku$ , donde  $k$  es un factor de cobertura que es una función del intervalo de confianza. La ISO9612:2009 contempla el intervalo de confianza unilateral del 95%, dando como resultado que  $k=1,65$  (significa que el 95% de los valores está por debajo del límite superior,  $[L_{EX, 8h} + U]$ ).

**a) Medición basada en la tarea**

Cálculo de la incertidumbre típica combinada,  $u$ , a partir de los valores numéricos de las contribuciones a la incertidumbre:

**Fórmula 5**

**CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE BASADA EN LA TAREA**

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

Fuente: ISO 6912  
Elaborado por: Los investigadores

**Cálculo de la incertidumbre expandida,  $U$**

**Fórmula 6**

**CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA**

$$U = 1,65 \times u$$

Fuente: ISO 6912  
Elaborado por: Los investigadores

**Cálculo de los coeficientes de sensibilidad.**

**Fórmula 7**

**CÁLCULO DE COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD**

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1x(L_{p,A,qT,m}^* - L_{EX,Sk})}$$
$$c_{1b,m} = 4,34x \frac{c_{1a,m}}{T_m}$$

Fuente: ISO 6912  
Elaborado por: Los investigadores

Cálculo de  $u_{1a,m}$

**Fórmula 8**

**CALCULO INCERTIDUMBRE TÍPICA**

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

Fuente: ISO 6912  
Elaborado por: Los investigadores

**Cálculo de  $u_{1b,m}$**  a partir de las duraciones medidas de las mediciones independientes:

**Fórmula 9**

**CÁLCULO DE LAS DURACIONES EN MEDICIONES INDEPENDIENTES**

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

Fuente: ISO 6912  
Elaborado por: Los investigadores

Siendo:

$J$ : Número total de observaciones de la duración de la tarea.

**b) Medición basada en la función o en una jornada completa**

Cálculo de la incertidumbre típica combinada,  $u$ , a partir de los valores numéricos de las contribuciones a la incertidumbre:

### Fórmula 10

#### CÁLCULO BASADA EN LA JORNADA COMPLETA

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

Fuente: ISO 6912

Elaborado por: Los investigadores

Cálculo de la incertidumbre expandida,  $U$ :

### Fórmula 11

#### CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

$$U = 1,65 \times u$$

Fuente: ISO 6912

Elaborado por: Los investigadores

Determinación de la contribución a la incertidumbre,  $c_i u_i$ , del muestreo del nivel de ruido de una función y de una jornada completa, en dB, aplicable a un conjunto de  $N$  valores medidos,  $L_{p,A,eqT,n}$ , de la incertidumbre típica  $u_1$ . Se obtiene utilizando la tabla siguiente:

**Tabla 3**  
**CONTRIBUCIÓN INCERTIDUMBRE DE LOS VALORES**

Contribución a la incertidumbre $c_1 u_1$ de los valores medidos $L_{p,A,eqT,n}$												
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	1,2	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	0,9	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,8	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,7	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,6	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,5	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,5	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	0,4	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

**MEDIDOS**

Fuente: ISO 6912  
Elaborado por: Los investigadores

Quando  $c_1 u_1$  es superior a 3,5 dB se recomienda revisar o modificar el plan de medición para reducir  $u_1$ .

Nota: Los valores  $N=3$  y  $N=4$  sólo se utilizan con las mediciones de jornada completa.

Los coeficientes de sensibilidad para la incertidumbre debida a la instrumentación y a la incertidumbre debida a la selección imperfecta de la posición de medición, respectivamente, son  $c_2=1$  y  $c_3=1$ .

**Cálculo de la incertidumbre típica,  $u_1$ :**

## Fórmula 12

### CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE TÍPICA

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

Fuente: ISO 6912  
Elaborado por: Los investigadores

#### b) Cualquier estrategia de medición

La incertidumbre típica,  $u_2$  (o  $u_{2,m}$  para la tarea  $m$ ), de los instrumentos utilizados es de 0,7 dB para sonómetros de clase 1 (según Norma IEC 61672-1:2002) y de 1,5 dB para exposímetros sonoros personales (según Norma IEC 61252) y sonómetros de clase 2 (según Norma IEC 61672-1:2002).

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

### 1.11. Definición de Términos Básicos.

#### a) Atenuación

Se denomina atenuación a la pérdida de potencia sufrida por la misma al transitar por cualquier medio de transmisión.

#### b) Decibeles.

Se lo puede definir como:

Una unidad logarítmica, adimensional y matemáticamente escalar. Es a décima parte de un belio (símbolo B), que es el logaritmo de la relación entre la magnitud estudiada y la de referencia, pero no se utiliza por ser demasiado grande en la práctica, y por eso se utiliza el decibelio (Cyclopedia, 2014).

***c) Efecto Doppler***

(Real Academia de la Lengua, 2012) Es el aparente cambio de frecuencia de una onda producida por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador.

***d) Enrarecimiento***

El (Farlex, 2011) define este término como la “disminución de la proporción de oxígeno”, otra definición del mismo diccionario es “Acción de deteriorar o dificultar una relación, personal o del ámbito público”.

***e) Espectro***

Es la imagen o registro gráfico que presenta un sistema físico al ser excitado y posteriormente analizado.

***f) Fluctuante.***

El diccionario de la Real Academia de la Lengua (Real Academia de la Lengua, 2012) menciona que este término proviene del verbo fluctuar que dependiendo su uso puede usarse para referirse a vacilar o dudar en la resolución de algo, vacilar sobre las aguas por el movimiento agitado de ellas, o correr el riesgo de perderse o arruinarse.

***g) Hipertensión.***

La (Fundación de la Vida, 2014) hace referencia a este término como:

La hipertensión arterial (HTA) es una enfermedad crónica caracterizada por un incremento continuo de las cifras de la presión sanguínea en las arterias. Aunque no hay un umbral estricto que permita definir el límite entre el riesgo y la seguridad, de acuerdo con consensos internacionales, una presión sistólica sostenida por encima de 139 mm<sub>Hg</sub> o una presión diastólica sostenida mayor de

89 mm<sub>Hg</sub>, están asociadas con un aumento medible del riesgo de aterosclerosis y por lo tanto, se considera como una hipertensión clínicamente significativa.

***h) LAeq***

Es el nivel de presión sonora equivalente ponderado A.

***i) Pa.***

Es la unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades. Se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de un metro cuadrado normal a la misma.

***j) Ponderado.***

Este término es usado frecuentemente en estadística o en matemática, según (2013) se refiere a “dar diferentes pesos a algunos de los valores individuales. Si todos los pesos son iguales, entonces la media ponderada es igual a la media aritmética.”

***k) Presbiacusia.***

(wikipedia, 2014) Del Griego Presbys-viejo-y akousis-(escuchar) se define como la pérdida progresiva de la capacidad para oír altas frecuencia (empezando por las frecuencias del habla; que oscilan entre los 500 y 4000 Hz) debido al deterioro producido en el sistema auditivo generado por la edad, principalmente a nivel del oído interno y del nervio auditivo.

***l) Resonancia.***

“La resonancia describe un estado en el cual una nota específica (o frecuencia) que estaba inactiva, comienza a vibrar en respuesta a otra de

frecuencia similar que esté vibrando activamente” (Resonance Repatterining, 2011).

***m) Sintomatología.***

“Conjunto de los síntomas de una enfermedad. Comprende las manifestaciones clínicas que siente una persona, por lo que dependen de la percepción de cada persona” (Pardos Martínez, y otros, 202).

***n) SSO.***

Seguridad y Salud Ocupacional

***o) Susceptibilidad.***

“Del latín susceptibilis, el adjetivo susceptible tiene dos grandes usos. Por un lado, hace referencia a quien es quisquilloso, demasiado delicado o que es fácil de ofenderse con cualquier pretexto” (2011).

***p) UHU***

Universidad de Huelva

***q) UNE-EN ISO***

Una Norma Española – Normas Europeas organización Internacional de Normalización.

***r) Umbrales:***

(ASF AHL, 2010) El umbral de audición es la intensidad mínima del sonido capaz de impresionar al oído humano. Aunque no siempre este umbral sea el mismo para todas las frecuencias que es capaz de percibir el oído humano, es el nivel mínimo de un sonido para que logre ser percibido.

***s) Viscosidad.***

Para (Barreto, 2012) se define así:

Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal. En realidad todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones. La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento.

## CAPÍTULO II

### *2.1. Caracterización de Consorcio Cotopaxi*

#### *2.1.1. Reseña Histórica*

CONSORCIO COTOPAXI conocida a nivel nacional como CONSORCIO ATIAGA-MIÑO, es una empresa constituida en 1993, con el propósito de construir edificios e infraestructuras y también a las labores de rehabilitación y restauración. Con dirección y coordinación de sus profesionales con su vasta experiencia, por medio de proyectos y planificación; esta es la labor de la empresa de construcción.

La Constructora cuenta con la infraestructura y mano de obra necesaria para edificar cualquier tipo o forma de construcción, sin importar mucho el tipo de suelo que se tenga (es decir si es fino o grueso, pedregoso, húmedo, arenoso, mixto, arcilloso o calizo cuando es abundante en sales) además del manejo de los materiales para construcción como cemento, varillas, tabiques entre otros. Inicio sus actividades productivas en 1993 y actualmente es una de las empresas líderes en la construcción en el Ecuador.

#### *2.1.2. Actividad Económica*

La Constructora Cotopaxi tiene una actividad en construcciones muy amplia ya que al analizar los trabajos realizados nos damos cuenta que cuenta con gran

experiencia existen obras de gran envergadura que le han hecho muy conocida aquí nombramos algunas de ellas: La construcción de la parada norte del trole (Quito), Ampliación de la parada sur del trole (Quito), Parque central de Quevedo, Rediseño del balneario Cunuyacu, Construcción del edificio Agua Potable Quito (EMAPQ), entre otras grandes obras.

### ***2.1.3. Misión***

Queremos generar un impacto social positivo a través de nuestros procesos de gestión y operación, con una permanente búsqueda de la excelencia a través de la innovación. Agregar valor a través del estudio y la gestión de proyectos de construcción y superar las expectativas de nuestros mandantes.

### ***2.1.4. Visión***

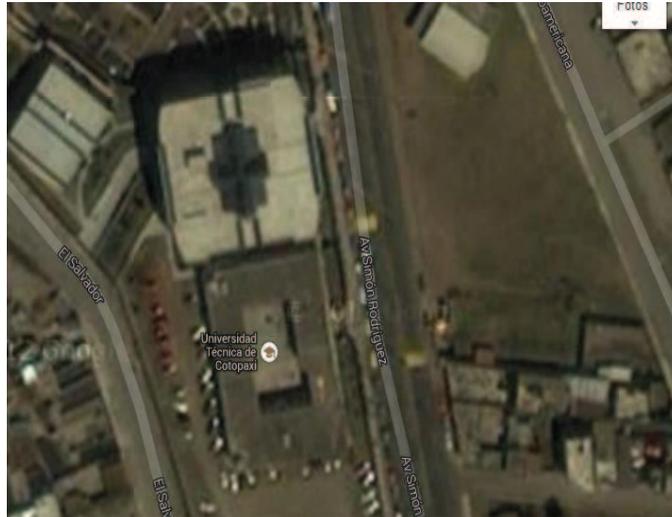
Formar parte de las diez constructoras más importantes del país, cumpliendo con estándares de calidad, ambiente y responsabilidad social. Nuestro distintivo por excelencia es nuestra gente y la eficiencia en todos nuestros procesos.

### ***2.1.5. Ubicación Geográfica***

Se encuentra ubicada en Ecuador, provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga en la Av. Simón Rodríguez y el Salvador, la latitud es -0.918195, 78.632715.

## Gráfico 6

### Ubicación Geográfica



Fuente: (Maps, 2014) Elaborado Por: Los Autores

## 2.2. Diseño Metodológico

### 2.2.1. Métodos de Investigación

Para el presente estudio se ha hecho uso de los siguientes métodos:

#### 2.2.1.1. Método Hipotético – Deductivo.

Este método ha sido empleado para evaluar el nivel de ruido de las actividades en la empresa y posteriormente compararlo con los niveles preestablecidos; esto fue de utilidad para hacer una deducción de la condición en la que se encuentra la empresa.

#### 2.2.1.2. Método Descriptivo.

Este método fue utilizado para realizar la descripción de los niveles de ruido que se tiene durante las labores de la empresa.

## ***2.2.2. Tipo de Investigación***

En la elaboración de este proyecto se desarrollará una investigación tipo:

### ***2.2.2.1. Bibliográfica.***

Esta investigación fue utilizada para determinar los criterios de diferentes autores en cuanto a los términos utilizados en el presente trabajo, permitiendo así, comprender los significados de cada uno de ellos.

### ***2.2.2.2. Experimental o de Campo.***

Este tipo de investigación fue de gran utilidad para el proceso de recolección de datos, tanto en lo relacionado al personal de Consorcio Cotopaxi, como en la medición de ruido.

## ***2.2.3. Técnicas de Investigación***

### ***2.2.3.1. Observación.***

Esta técnica sirvió para comprobar visualmente en el lugar de trabajo si los empleados de la constructora gozan de todos los implementos necesarios para realizar su trabajo sin sufrir daños físicos por el ruido.

### ***2.2.3.2. Encuesta.***

Esta técnica se utilizó para obtener información del personal de la empresa que está expuesto al ruido.

### ***2.2.3.3. Entrevista.***

La entrevista fue aplicada al funcionario de la empresa el mismo que tiene el cargo de Jefe de Área.

#### **2.2.4. Población y Muestra**

La población considerada para la realización del presente trabajo es el personal con el que cuenta la empresa, cuyo número es 33 personas.

**Tabla 4**  
**POBLACIÓN**

<b>CARGO</b>	<b>N°</b>
JEFE DE ÁREA	1
TRABAJADORES MONTAJES DE ESTRUCTURAS	8
ALBAÑILES	8
INSTALADORES DE PIEDRA Y CIELO RAZO	9
ELECTRICISTAS	4
AYUDANTES	3
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>

**Fuente:** Consorcio Cotopaxi

**Elaborado por:** Los Autores

En el presente estudio debido a que la población es pequeña no se ha realizado un proceso de muestreo con la formula respectiva, sino, se ha procedido a realizar un censo a todo el personal de la empresa.

#### **2.2.5. Operacionalización de variables**

##### **2.2.5.1. Hipótesis.**

¿Los resultados de la medición y evaluación del ruido laboral en las áreas en construcción del campus central de la Universidad Técnica de Cotopaxi; donde labora la empresa Consorcio Cotopaxi S. A., permitirán desarrollar una propuesta para reducir el efecto del ruido en sus trabajadores?

#### **2.2.5.2. Variables de la Investigación.**

- **Variable Independiente**

Medición y evaluación del ruido laboral en la construcción del Bloque A de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

- **Variable Dependiente**

Medidas de control del ruido en las áreas de construcción en el campus universitario.

#### **2.2.5.3. Indicadores.**

- Mediciones de nivel de ruido en dB con el sonómetro.
- Mediciones de la frecuencia de ruido Hz con el sonómetro.
- Manual de prevención de ruido laboral.
- Capacitación sobre los EPP's adecuados para el tipo de trabajo que realiza.

### **2.3. Análisis e Interpretación de Resultados**

#### **2.3.1. Análisis e Interpretación de Encuestas**

El diseño de la encuesta realizada a los trabajadores de Consorcio Cotopaxi se encuentra en el ANEXO 1, a continuación se presentan los resultados de la misma.

1. ¿Cree usted que el Ruido es?

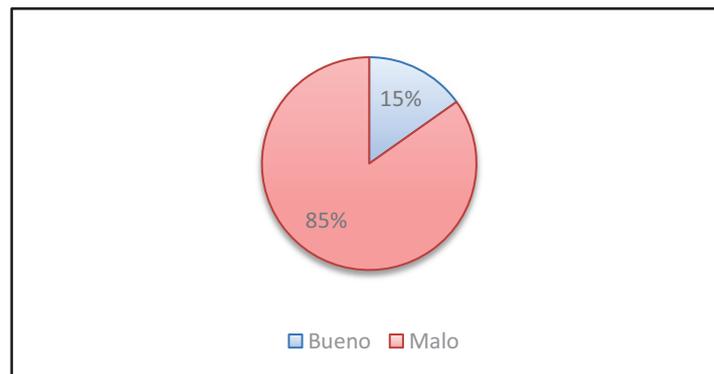
**Tabla 5:**  
**DEFINICIÓN DE RUIDO**

Opción	Respuesta	%
Bueno	5	15%
Malo	28	85%
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Los Autores

**Gráfico 7:**  
**DEFINICIÓN DE RUIDO**



**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Los Autores

Del gráfico anterior se puede concluir que la mayor parte de los trabajadores (28) no consideran que el ruido sea bueno, sin embargo el 5 si lo hace, por medio de esta pregunta nos damos cuenta que si es necesaria una investigación explicativa para que se pueda controlar el ruido.

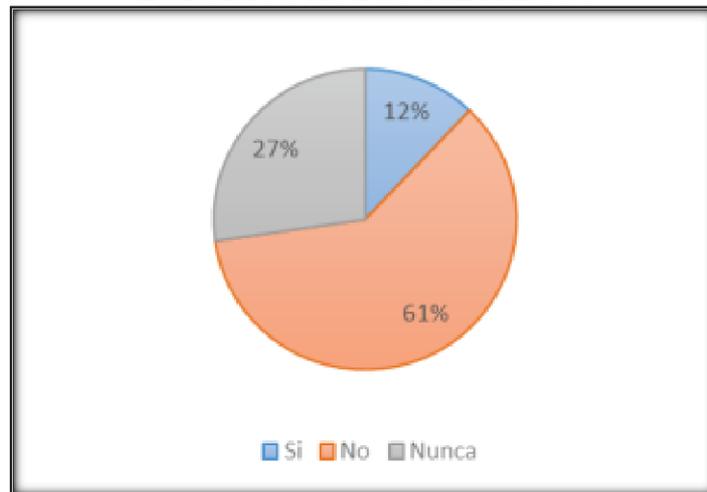
2. ¿Se ha realizado estudios audios métricos?

**Tabla 6:**  
**ESTUDIOS AUDIO MÉTRICOS**

Opción	Respuesta	%
Si	4	12%
No	20	61%
Nunca	9	27%
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuestas  
**Elaborado por:** Los Autores

**Gráfico 8:**  
**ESTUDIOS AUDIO MÉTRICOS**



**Fuente:** Encuestas  
**Elaborado por:** Los Autores

La realidad de la mayor parte de los empleados es que no se ha realizado un estudio audio métrico (20), nunca se ha realizado el (9) de los encuestados, y apenas, (4) ha tenido la oportunidad de realizarse este estudio.

3. ¿Considera que está expuesto al ruido durante la jornada de trabajo?

**Tabla 7:**  
**EXPOSICIÓN AL RUIDO**

Opción	Respuesta	%
Si	28	85%
No	4	12%
Nunca	1	3%
TOTAL	33	100%

**Fuente:** Encuestas  
**Elaborado por:** Los Autores

**Gráfico 9:**  
**EXPOSICIÓN AL RUIDO**



**Fuente:** Encuestas  
**Elaborado por:** Los Autores

Considerando que los trabajadores de Consorcio Cotopaxi trabajan con maquinaria generadora de ruido constantemente (28) de los encuestados opina que se encuentra expuesto al ruido, (4) considera que no lo está y (1) menciona que nunca se expone al ruido.

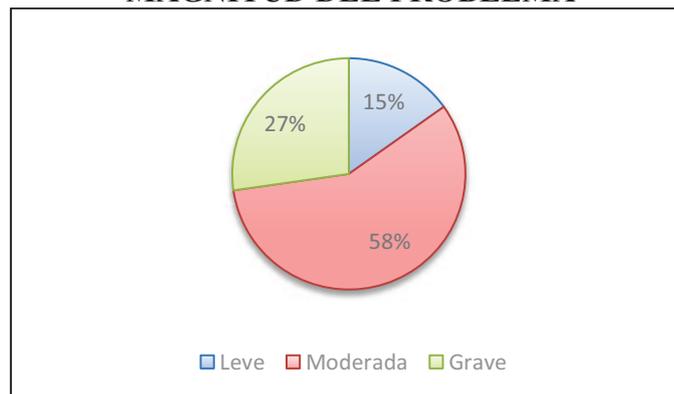
4. ¿Cómo describe la magnitud del problema?

**Tabla 8:**  
**MAGNITUD DEL PROBLEMA**

Opción	Respuesta	%
Leve	5	15%
Moderada	19	58%
Grave	9	27%
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuestas  
**Elaborado por:** Los Autores

**Gráfico 10:**  
**MAGNITUD DEL PROBLEMA**



**Fuente:** Encuestas  
**Elaborado por:** Los Autores

La magnitud del problema de ruido para (19) de los trabajadores es moderada, mientras que para (9) representa un problema grave; sin embargo, (5) trabajadores consideran que el problema tiene una magnitud leve.

5. ¿En qué momento de la jornada de trabajo percibe usted mayor ruido en su área de trabajo?

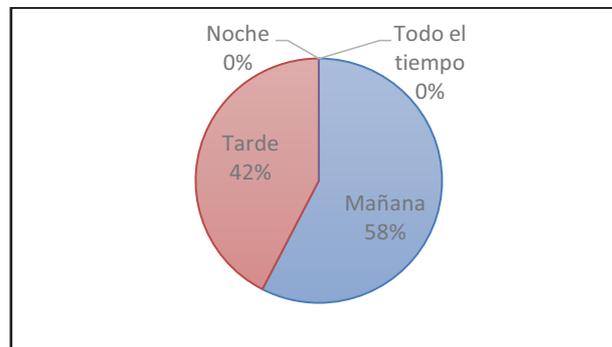
**Tabla 9:**  
**PERCEPCIÓN DE RUIDO POR HORARIOS**

Opción	Respuesta	%
Mañana	19	58%
Tarde	14	42%
Noche	0	0%
Todo el tiempo	0	0%
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Los Autores

**Gráfico 11:**  
**PERCEPCIÓN DE RUIDO POR HORARIOS**



**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Los Autores

Los trabajadores (19) respondieron que la mañana es el momento de la jornada laboral en la que perciben mayor ruido, mientras que (14) lo percibe en la tarde; en la noche y todo el tiempo no se percibe ruido debido al horario de trabajo.

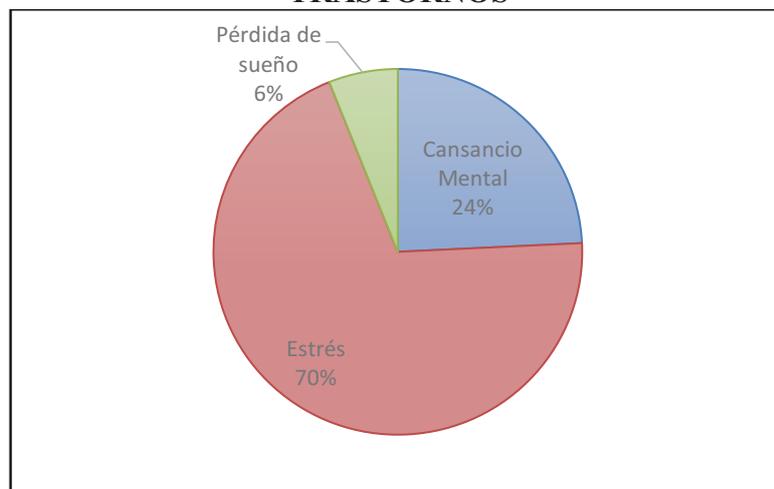
6. ¿Tiene cansancio mental, estrés o pérdida de sueño por causa del ruido?

**Tabla 10:  
TRASTORNOS**

Opción	Respuesta	%
Cansancio Mental	8	24%
Estrés	23	70%
Pérdida de sueño	2	6%
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuestas  
**Elaborado por:** Los Autores

**Gráfico 12:  
TRASTORNOS**



**Fuente:** Encuestas  
**Elaborado por:** Los Autores

A (23) de los encuestados el resultado del ruido es el estrés, para (8) les produce cansancio mental y (2) tienen como consecuencia pérdida de sueño.

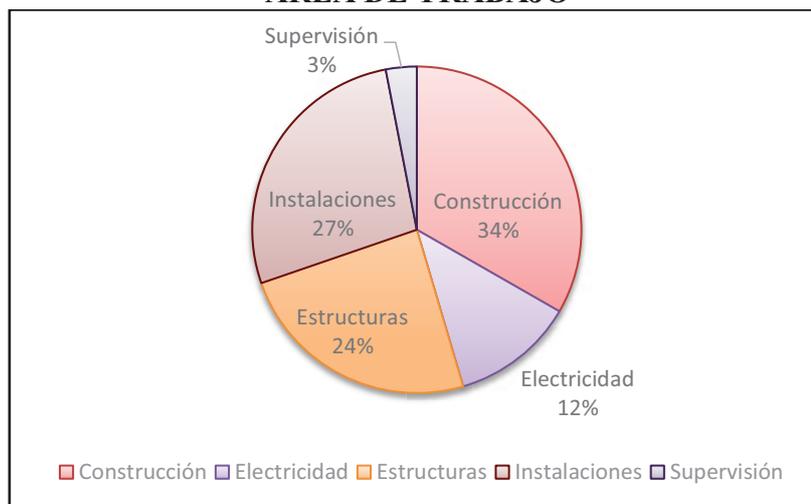
7. ¿En qué área de la empresa trabaja?

**Tabla 11:**  
**ÁREA DE TRABAJO**

Opción	Respuesta	%
Construcción	11	31%
Electricidad	4	13%
Estructuras	8	25%
Instalaciones	9	28%
Supervisión	1	3%
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuestas  
**Elaborado por:** Los Autores

**Gráfico 13:**  
**ÁREA DE TRABAJO**



**Fuente:** Encuestas  
**Elaborado por:** Los Autores

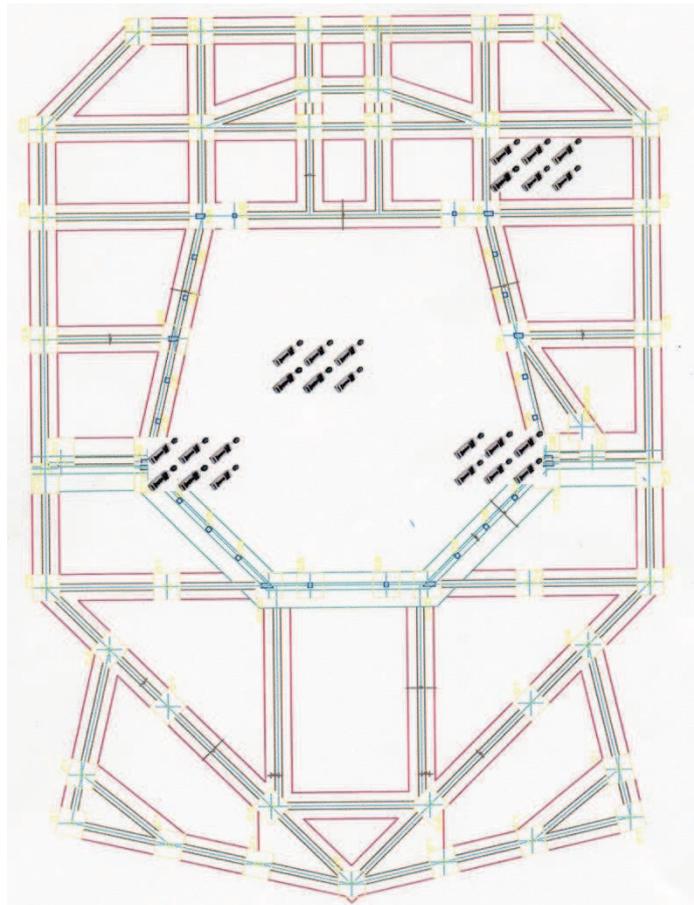
De las encuestas realizadas se puede apreciar que (11) de los trabajadores realiza labores de construcción, (9) se ubica en el área de instalaciones, (8) se dedica a actividades relacionadas con estructuras, (4) a electricidad, mientras que (1) realiza la supervisión de la obra.

### ***2.3.2. Análisis e Interpretación de la Entrevista***

De la entrevista realizada al Jefe del Área de construcción se puede notar que en su opinión aunque el ruido no es beneficioso, tiene magnitud moderada y los trabajadores están expuestos a él en la mañana y tarde debido a su horario de trabajo; sin embargo, no ha habido quejas al respecto por parte de los trabajadores, por lo cual, la empresa no realiza estudios audio métricos constantes al ingresar un nuevo trabajador. Los detalles de esta entrevista se encuentran en el ANEXO 2.

### ***2.3.3. MAPA DE MONITOREO***

**Gráfico 14**



**PLANIMETRÍA TEATRO UTC**

Fuente: Consorcio Cotopaxi

**Elaborado por:** Los Autores

**Tabla 12**  
**MEDICIONES TOMADAS DEL SONÓMETRO**

TRABAJO DE CAMPO													
Tomas	Puesto de trabajo: Montaje de estructura		Montaje de estructura			Fecha:	08/07/2014			Hora:			
	LA eqt	LC peak	LAE	LAF min	LAX max								
Toma 1 (LAF dB)	67.4	104.6	85.1	99.7	85.2								
Toma 2 (LAF dB)	58	95.2	75.6	47.5	69.4								
Toma 3 (LAF dB)	62	89	79.6	48.3	72.7								
Toma 4 (LAF dB)	63.4	88.3	81	49.8	74.8								
Toma 5 (LAF dB)	65	95.6	82.6	49	80.4								
Toma 6 (LAF dB)	62.7	93.1	80.3	55.2	74.4								
<b>Bandas de octava</b>	<b>31,5 Hz</b>	<b>62,5 Hz</b>	<b>125Hz</b>	<b>250Hz</b>	<b>500Hz</b>	<b>1KHz</b>	<b>2Khz</b>	<b>4KHz</b>	<b>8KHz</b>	<b>16KHz</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>Z</b>
	47.8	59	51.7	54.1	52.6	56.8	60.4	55.3	49.4	46.6	71.2	83	84.5

Elaborado por: Los investigadores

**Tabla 13**  
**MEDICIONES TOMADAS DEL SONÓMETRO**

TRABAJO DE AMPO													
Tomas	Puesto de trabajo: Montaje de estructura		movimiento estructural			Fecha:	08/07/2014			Hora:			
	LA eqt	LC peak	LAE	LAF min	LAX max								
Toma 1 (LAF dB)	69.8	106.6	94.4	44.7	93.5								
Toma 2 (LAF dB)	69.3	104.2	93.9	44.6	92.6								
Toma 3 (LAF dB)	66.8	105.5	90.8	45.4	91.9								
<b>Bandas de octava</b>	<b>31,5 Hz</b>	<b>62,5 Hz</b>	<b>125Hz</b>	<b>250Hz</b>	<b>500Hz</b>	<b>1KHz</b>	<b>2KHz</b>	<b>4KHz</b>	<b>8KHz</b>	<b>16KHz</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>Z</b>
	49.4	49	48.2	52.5	55.2	70.3	65.4	52.3	48.8	46.7	64.4	75.3	77.1

Elaborado por: Los investigadores

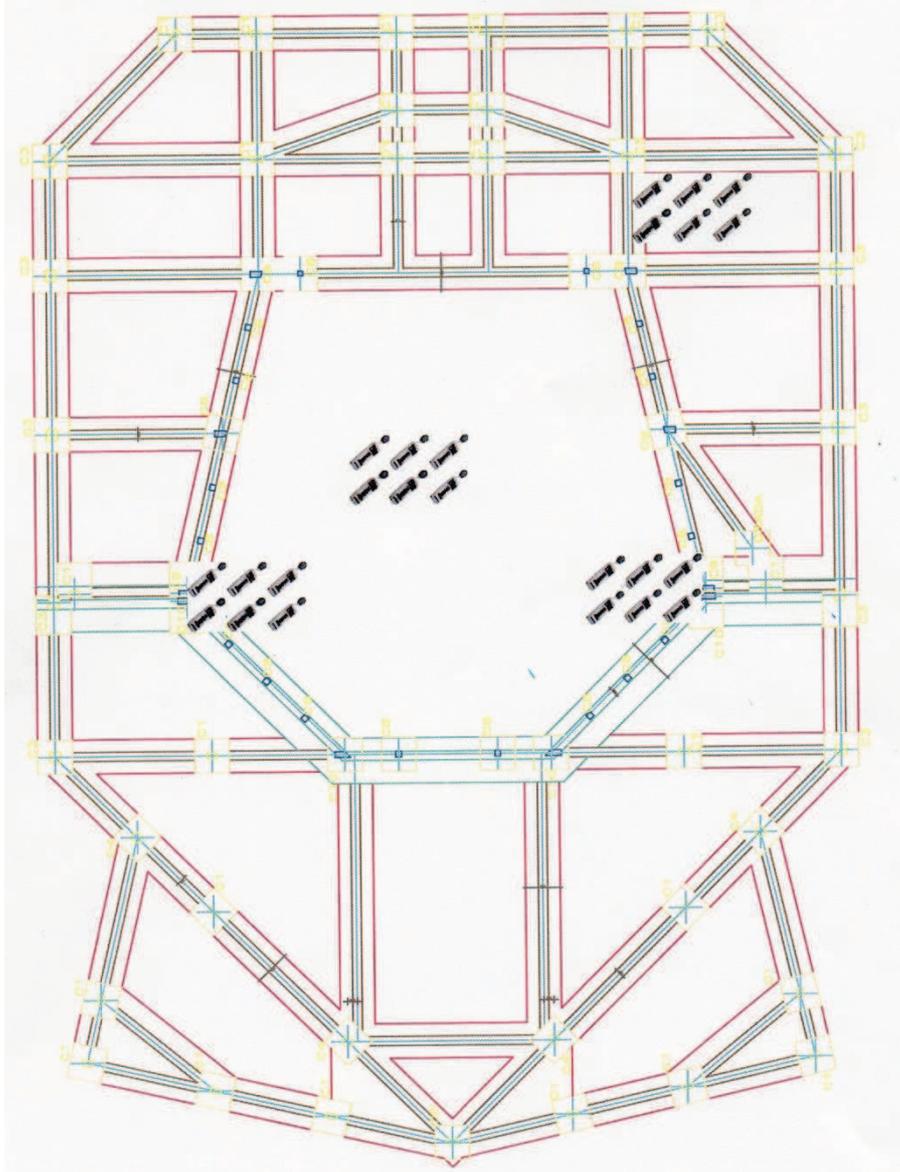
**Tabla 14**  
**MEDICIONES TOMADAS DEL SONÓMETRO**

<b>TRABAJO DE CAMPO</b>													
<b>Tomas</b>	<b>Puesto de trabajo: Montaje de estructura</b>		<b>Construcción (albañilería)</b>			<b>Fecha:</b>	<b>08/07/2014</b>			<b>Hora:</b>			
	LA eqt	LC peak	LAE	LAF min	LAX max								
<b>Toma 1 (LAF dB)</b>	58.3	99.1	82.9	43.9	81.2								
<b>Toma 2 (LAF dB)</b>	57.3	90.9	81.9	43.9	75.5								
<b>Toma 3 (LAF dB)</b>	60.4	103.1	86.9	43.9	85.5								
<b>Bandas de octava</b>	<b>31,5 Hz</b>	<b>62,5 Hz</b>	<b>125Hz</b>	<b>250Hz</b>	<b>500Hz</b>	<b>1KHz</b>	<b>2KHz</b>	<b>4KHz</b>	<b>8KHz</b>	<b>16KHz</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>Z</b>
	49.8	48.9	48.6	49.6	52.8	55.2	50.9	49	47.1	47.4	64.7	75.4	76.9

Elaborado por: Los investigadores

### 2.3.4. *Análisis e Interpretación de Puntos de Medición*

**Gráfico 15**  
**PUNTOS DE MEDICION**



**Fuente:** Taller de mecanizado UTC  
**Elaborado por:** Los Autores.

Una de las áreas de estudio en las que se tomó como referencia las mediciones son en el taller de mecanizado, sitio en el cual se encontraban realizando adecuaciones e instalaciones eléctricas los trabajadores de la

Constructora, pero al encontrarse en funcionamiento el torno, fresadora y la suelda afecta a los trabajadores en los siguientes puntos:

1. Movilización de estructuras
2. Movilización de estructuras
3. Movilización de estructuras
4. Movilización de estructuras
5. Movilización de estructuras
6. Movilización de estructuras
7. Albañilería
8. Albañilería
9. Albañilería
10. Armado de aluminio
11. Armado de aluminio
12. Armado de aluminio
13. Armado de aluminio
14. Armado de aluminio
15. Armado de aluminio
16. Corte con la tronadora
17. Corte con la tronadora.

#### ***2.3.4.1. Análisis e interpretación de resultados de mediciones en la construcción del teatro.***

Estas medidas son tomadas en la planta superior del taller de mecanizado en esta area se esta construyendo el teatro y se puede tomar medidas de las máquinas que se estan utilizando y poder visualizar el nivel sonoro existente en varios lugares del mismo a pesar de que las amoladoras no estan mucho tiempo encendidas, sin embargo debemos clarificar que los ruidos no sobrepasen el aspecto considerado que sera el adecuado. El equipo que se utilizó es un sonómetro **CIRRUS G 061399, CR162C**, es un equipo muy avanzado y adecuado para la realizacion de este tipo de mediciones ya que

por tener una medición de octavas logra la prolongación del ruido por ocho horas que son las que permitirán realizar correctamente este análisis, hay que aclarar que este equipo se encuentra con un problema en el pre amplificador, el mismo que no toma correctamente las mediciones por tal razón acudimos a un equipo alquilado con la siguiente denominación, **CIRRUS CR: 822C**, el mismo que lo calibramos antes de las mediciones como se miran en las fotografías en el área de los anexos. concluimos que los puntos donde se toman las mediciones son en diferentes lugares donde se realizan actividades como soldadura, martillado, amolado, etc., para poder saber donde se está teniendo mayor problema para el oído humano, además de realizar una comprobación con el sonómetro extech 407730, calibrado.

## CÁLCULOS DE RUIDO DE ACUERDO A LA NORMA ISO 9612, NTP 950, 951 Y 952

### Montaje de estructuras

Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido																			
<b>Medición basada en la tarea</b>																			
Especifique la incertidumbre típica $u_2$ de los instrumentos de medición utilizados:																			
<input type="radio"/> Sonómetro de clase 1, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002 (0,7 dB) <input type="radio"/> Exosímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61652 (1,5 dB) <input checked="" type="radio"/> Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002 (1,5 dB)																			
<small>Nota: Las incertidumbres típicas, <math>u_2</math>, especificadas se basan en datos empíricos representativos para la mayoría de situaciones relevantes y sólo son válidas para <math>L_{pAeqT}</math>. La incertidumbre para <math>L_{pCp100}</math> puede ser considerablemente superior.</small>																			
<b>Tarea</b>	Montaje de Estructuras																		
<b>Muestras</b>	<table border="0"> <tr> <td><b>Nivel de ruido dB(A)</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>67.4</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>58</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>62</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>63.4</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>65</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>62.7</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="button" value="Eliminar muestra"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="button" value="Añadir muestra"/></td> </tr> </table>	<b>Nivel de ruido dB(A)</b>		67.4	<input type="text"/>	58	<input type="text"/>	62	<input type="text"/>	63.4	<input type="text"/>	65	<input type="text"/>	62.7	<input type="text"/>		<input type="button" value="Eliminar muestra"/>		<input type="button" value="Añadir muestra"/>
<b>Nivel de ruido dB(A)</b>																			
67.4	<input type="text"/>																		
58	<input type="text"/>																		
62	<input type="text"/>																		
63.4	<input type="text"/>																		
65	<input type="text"/>																		
62.7	<input type="text"/>																		
	<input type="button" value="Eliminar muestra"/>																		
	<input type="button" value="Añadir muestra"/>																		
<b>Duración</b>	<table border="0"> <tr> <td><b>Duración (minutos)</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>	<b>Duración (minutos)</b>		5	<input type="text"/>														
<b>Duración (minutos)</b>																			
5	<input type="text"/>																		

**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

Datos obtenidos de acuerdo a las mediciones realizadas por medio del equipo antes mencionado previo al cálculo de ruido.

### Resultados

<b>Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:</b>		<b>44,1 dB(A)</b>	
<b>Incertidumbre expandida U:</b>		<b>3,7 dB</b>	
<b>Número de tareas:</b>		<b>1</b>	
<b>Duración total de las tareas:</b>		<b>5 minutos</b>	
<b>Balance de incertidumbre</b>		<b>Símbolos, relaciones</b>	<b>Montaje de Estructuras (dB)</b>
<b>Nivel de ruido</b>	<b>Incertidumbre típica</b>	$u_{1a,m}$	1,29
	<b>Coefficiente de sensibilidad</b>	$c_{1a,m}$	1,00
<b>Duración</b>	<b>Incertidumbre típica</b>	$u_{1b,m}$	0,00
	<b>Coefficiente de sensibilidad</b>	$c_{1b,m}$	52,08
<b>Contribución a la incertidumbre de los niveles de ruido</b>		$c_{1a,m} * u_{1a,m}$	1,29
<b>Contribución a la incertidumbre de la duración de la tarea</b>		$c_{1b,m} * u_{1b,m}$	0,00
<b>Contribución a la incertidumbre de los instrumentos de medición</b>		$c_{1a,m} * u_{2,m}$	1,50
<b>Contribución a la incertidumbre de la posición de los instrumentos de medición</b>		$c_{1a,m} * u_3$	1,00
<b>Resultados</b>		<b>Símbolos, relaciones</b>	<b>Montaje de Estructuras</b>
<b>Mediana nivel de ruido dB(A)</b>		$L_{p,A,eqT,m}$	64,0
<b>Duración (min)</b>		$T_m$	5
<b>Contribución de la tarea m a <math>L_{ex,8h}</math></b>		$L_{EX,8h,m}$	64,0
<b>Contribución a la incertidumbre</b>	<b>Nivel de ruido</b>	$(c_{1a,m} * u_{1a,m})^2$	1,65
	<b>Duración</b>	$(c_{1b,m} * u_{1b,m})^2$	0,00
	<b>Instrumentos de medición</b>	$(c_{1a,m} * u_{2,m})^2$	2,25
	<b>Posición de medición</b>	$(c_{1a,m} * u_3)^2$	1,00
	<b>Suma por tarea m</b>	$u^2(L_{EX,8h})_m$	4,90
<b>Datos de partida</b>			

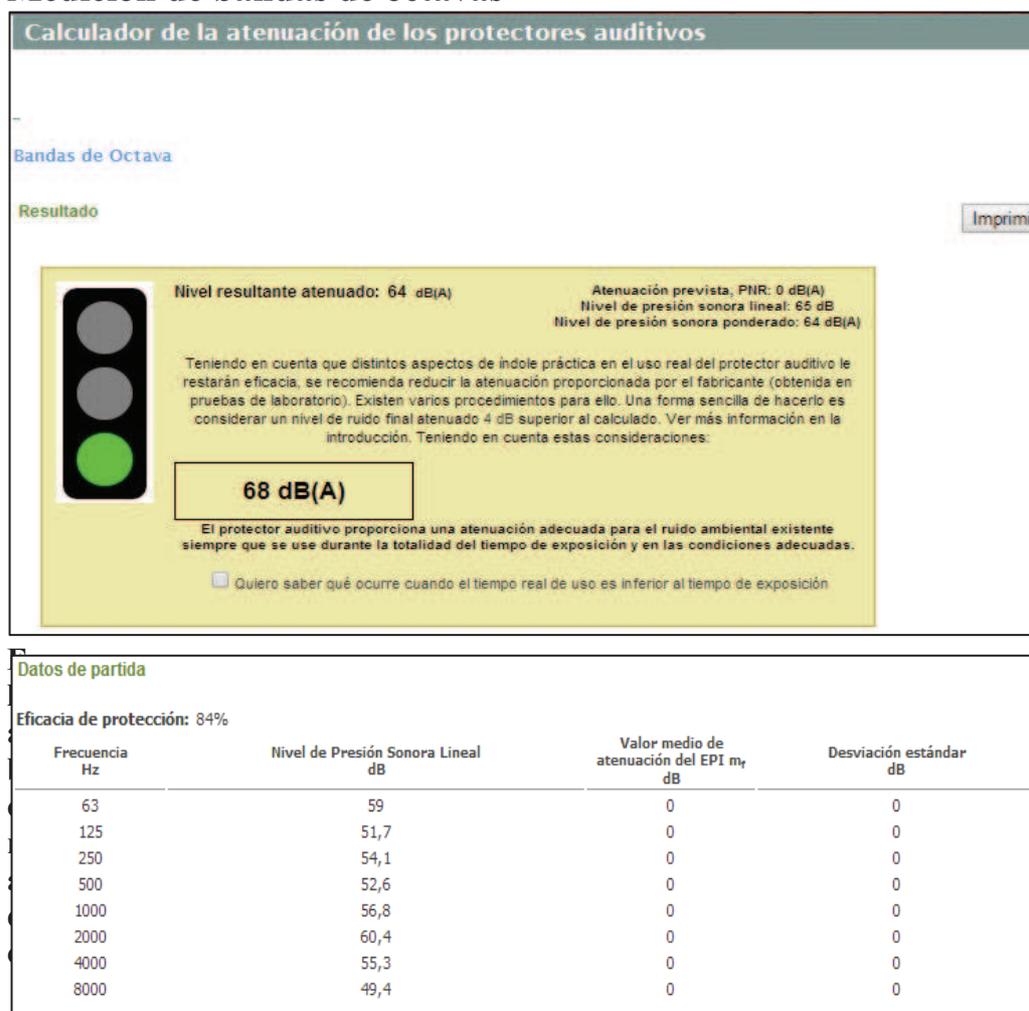
<b>Incertidumbre típica de los instrumentos:</b>	<b>1,5 dB</b> (Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)
--	---

**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Como podemos ver el nivel de exposición en esta área es muy baja como observamos en los resultados es 44,1 dB diarios, los mismos que no son dañinos para la salud ocupacional de los trabajadores.

### Medición de bandas de octavas



**Autor: los investigadores (cálculos INSHT)**

Como podemos darnos cuenta según las bandas de octavas en esta área los trabajadores no están expuestos a una cantidad de ruido excesiva por lo que la protección auditiva más allá de todo puede ser solo como manera de prevención en cuando a golpes.

## MOVIMIENTO DE ESTRUCTURAS

Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido	
<b>Medición basada en la tarea</b>	
Especifique la incertidumbre típica $u_2$ de los instrumentos de medición utilizados:	
<input type="radio"/> Sonómetro de clase 1, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002 (0,7 dB).	
<input type="radio"/> Exposímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61652 (1,5 dB)	
<input checked="" type="radio"/> Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002 (1,5 dB)	
<small>Nota: Las incertidumbres típicas, <math>u_2</math>, especificadas se basan en datos empíricos representativos para la mayoría de situaciones relevantes y sólo son válidas para <math>L_{p,Aeq,T}</math>. La incertidumbre para <math>L_{p,Cpl05}</math> puede ser considerablemente superior.</small>	
<b>Tarea</b>	Movimiento de Estructuras
<b>Muestras</b>	<b>Nivel de ruido dB(A)</b>
	69,7
	69,3
	66,8
	<a href="#">Añadir muestra</a>
<b>Duración</b>	<b>Duración (minutos)</b>
	1

**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

Datos obtenidos mediante las mediciones realizadas en el área de movimiento de estructuras antes del cálculo.

**Resultados**

<b>Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:</b>	<b>42,0 dB(A)</b>
<b>Incertidumbre expandida U:</b>	<b>3,3 dB</b>
<b>Número de tareas:</b>	<b>1</b>
<b>Duración total de las tareas:</b>	<b>1 minutos</b>

Balance de incertidumbre		Símbolos, relaciones	Movimiento de Estructuras (dB)
Nivel de ruido	Incertidumbre típica	$u_{1a,m}$	0,91
	Coefficiente de sensibilidad	$c_{1a,m}$	1,00
Duración	Incertidumbre típica	$u_{1b,m}$	0,00
	Coefficiente de sensibilidad	$c_{1b,m}$	260,40
Contribución a la incertidumbre de los niveles de ruido		$c_{1a,m} * u_{1a,m}$	0,91
Contribución a la incertidumbre de la duración de la tarea		$c_{1b,m} * u_{1b,m}$	0,00
Contribución a la incertidumbre de los instrumentos de medición		$c_{1a,m} * u_{2,m}$	1,50
Contribución a la incertidumbre de la posición de los instrumentos de medición		$c_{1a,m} * u_3$	1,00

Resultados		Símbolos, relaciones	Movimiento de Estructuras
Mediana nivel de ruido dB(A)		$L_{p, A, eqT,m}$	68,8
Duración (min)		$T_m$	1
Contribución de la tarea m a $L_{EX,8h}$		$L_{EX, 8h,m}$	68,8
Contribución a la incertidumbre	Nivel de ruido	$(c_{1a,m} * u_{1a,m})^2$	0,82
	Duración	$(c_{1b,m} * u_{1b,m})^2$	0,00
	Instrumentos de medición	$(c_{1a,m} * u_{2,m})^2$	2,25
	Posición de medición	$(c_{1a,m} * u_3)^2$	1,00
	Suma por tarea m	$u^2 (L_{EX,8h})_m$	4,07

**Datos de partida**

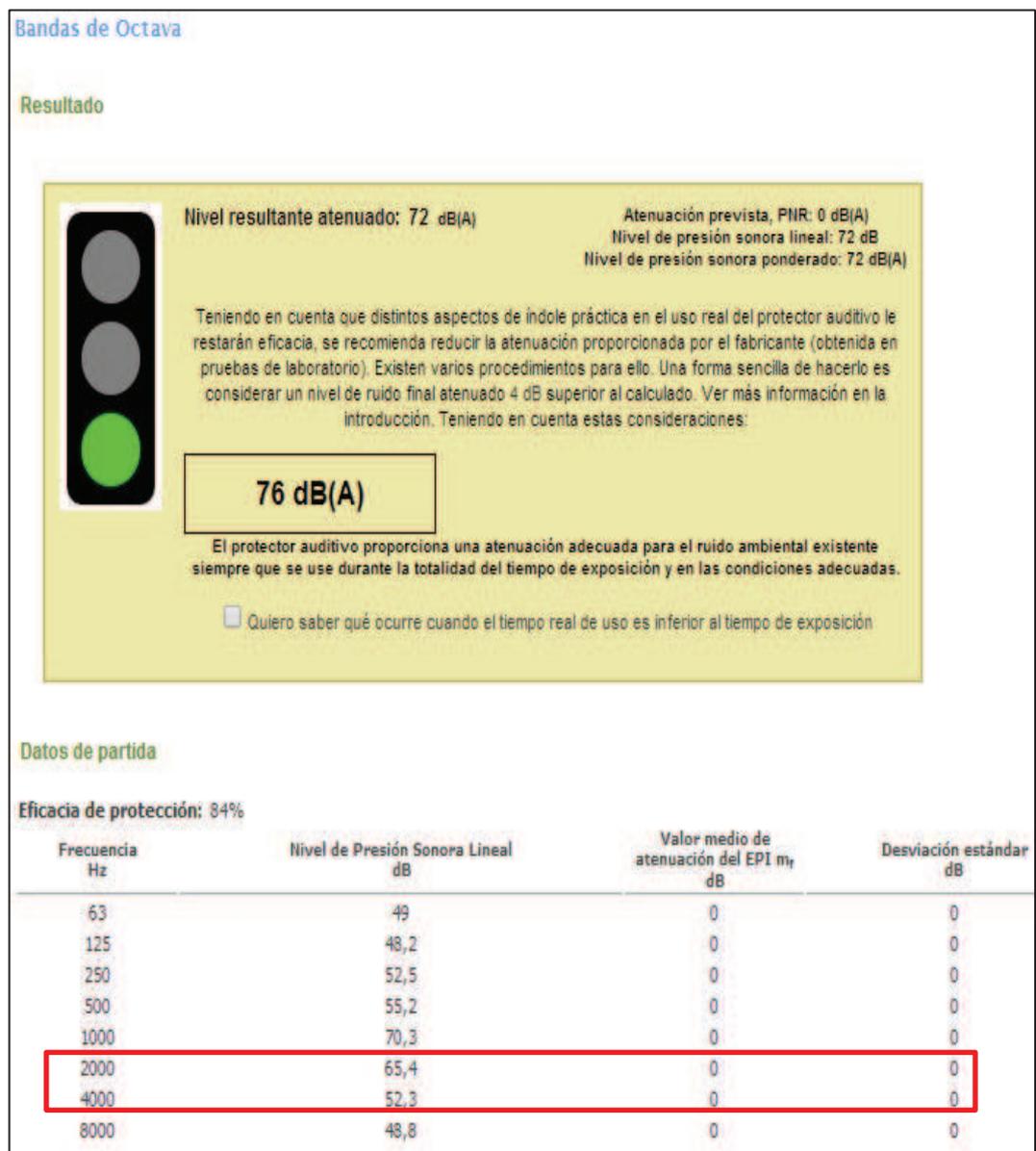
Incertidumbre típica de los instrumentos:	<b>1,5 dB</b> (Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)
---	---

**Elaborado Por: los investiga Elaborado Por: los investigadores**  
**(cálculos INSHT)**

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El nivel de ruido en este sector de la construcción también es muy bajo en toda la jornada laboral como podemos visualizar en los resultados es de 42 dB diarios, los mismos que no son dañinos para la salud ocupacional de los trabajadores.

### Medición de bandas de octavas



**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

De igual manera cómo podemos darnos cuenta en el rango permitido para los trabajadores es necesario que entendamos que al estar en los 75 dB el trabajador en ocho horas no está expuesto a peligros de desórdenes auditivos, sin embargo por querer proporcionar una protección integral del trabajador no está por demás que el empleador dote de los medios necesarios con la finalidad que se pueda estar protegido como manera preventiva.

## CONSTRUCCIÓN (ALBAÑILERÍA)

Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido	
<b>Medición basada en la tarea</b>	
Especifique la incertidumbre típica $u_2$ de los instrumentos de medición utilizados:	
<input type="radio"/> Sonómetro de clase 1, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002 (0,7 dB) <input type="radio"/> Exposímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61652 (1,5 dB) <input checked="" type="radio"/> Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002 (1,5 dB)	
<small>Nota: Las incertidumbres típicas, <math>u_2</math>, especificadas se basan en datos empíricos representativos para la mayoría de situaciones relevantes y sólo son válidas para <math>L_{p,A,eq,T}</math>. La incertidumbre para <math>L_{p,C,0100}</math> puede ser considerablemente superior.</small>	
<b>Tarea</b>	Construcción (Albañilería)
<b>Muestras</b>	<b>Nivel de ruido dB(A)</b> <input type="text" value="58.3"/> <input type="text" value="57.6"/> <input type="text" value="60.4"/> <a href="#">Añadir muestra</a>
<b>Duración</b>	<b>Duración (minutos)</b> <input type="text" value="5"/>

**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

Mediciones realizadas en el área de albañilería mientras se estaba pegando bloque en el campus de la Universidad Técnica de Cotopaxi, los mismos que arrojan los siguientes resultados.

**Resultados**

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:	<b>39,1 dB(A)</b>
Incertidumbre expandida U:	<b>3,3 dB</b>
Número de tareas:	<b>1</b>
Duración total de las tareas:	<b>5 minutos</b>

Balance de incertidumbre		Símbolos, relaciones	Construcción (Albañilería) (dB)
Nivel de ruido	Incertidumbre típica	$U_{1a,m}$	0,84
	Coficiente de sensibilidad	$C_{1a,m}$	1,00
Duración	Incertidumbre típica	$U_{1b,m}$	0,00
	Coficiente de sensibilidad	$C_{1b,m}$	52,08
Contribución a la incertidumbre de los niveles de ruido		$C_{1a,m} * U_{1a,m}$	0,84
Contribución a la incertidumbre de la duración de la tarea		$C_{1b,m} * U_{1b,m}$	0,00
Contribución a la incertidumbre de los instrumentos de medición		$C_{1a,m} * U_{2,m}$	1,50
Contribución a la incertidumbre de la posición de los instrumentos de medición		$C_{1a,m} * U_3$	1,00

Resultados		Símbolos, relaciones	Construcción (Albañilería)
Mediana nivel de ruido dB(A)		$L_{p, A, eqT,m}$	58,9
Duración (min)		$T_m$	5
Contribución de la tarea m a $L_{EX,8h}$		$L_{EX, 8h,m}$	58,9
Contribución a la incertidumbre	Nivel de ruido	$(C_{1a,m} * U_{1a,m})^2$	0,71
	Duración	$(C_{1b,m} * U_{1b,m})^2$	0,00
	Instrumentos de medición	$(C_{1a,m} * U_{2,m})^2$	2,25
	Posición de medición	$(C_{1a,m} * U_3)^2$	1,00
	Suma por tarea m	$U^2 (L_{EX,8h})_m$	3,96

**Datos de partida**

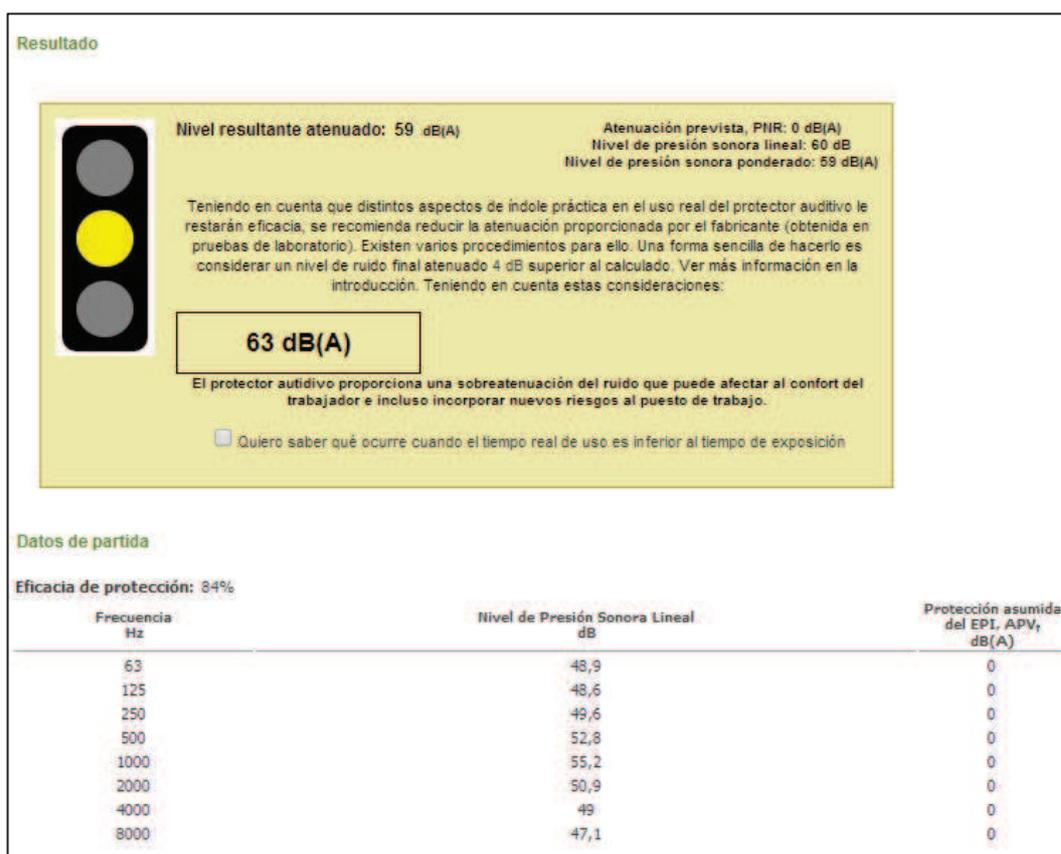
Incertidumbre típica de los instrumentos:	<b>1,5 dB</b> (Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)
---	---

**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La exposición en esta área es la más baja de todas las mediciones, como observamos en los resultados es 39,1 dB diarios, los mismos que no son dañinos para la salud ocupacional de los trabajadores, tomando en cuenta que el nivel de ruido llega hasta 60,4 dB.

### Medición con bandas de octavas



**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

En el área de albañilería podemos también darnos cuenta que por protección de ruido no se debe usar mientras se está realizando la operación de pegar bloque o ladrillo, ya el ruido no excede el límite permitido a pesar de esto si se considera necesario el uso por motivo de agentes nocivos como son el polvo del cemento, del piso y la arena que pueden dañar el oído de las personas que se encuentran laborando en esta área de la constructora.

## TRABAJOS EN ALUMINIO (2 TAREAS)

### TAREA 1: ARMAJE DE MARCOS DE ALUMINIO

#### Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido

Medición basada en la tarea

Especifique la incertidumbre típica  $u_2$  de los instrumentos de medición utilizados:

- Sonómetro de clase 1, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002 (0,7 dB).
- Exposímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61652 (1,5 dB)
- Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002 (1,5 dB)

Nota: Las incertidumbres típicas,  $u_2$ , especificadas se basan en datos empíricos representativos para la mayoría de situaciones relevantes y sólo son válidas para  $L_{p,A,eqT}$ . La incertidumbre para  $L_{p,C,100}$  puede ser considerablemente superior.

---

<b>Tarea</b>	<input type="text" value="Armaje de Marcos de Aluminio"/>
<b>Muestras</b>	<b>Nivel de ruido dB(A)</b>
	<input type="text" value="78,8"/>
	<input type="text" value="85,7"/>
	<input type="text" value="89,2"/>
	<input type="text" value="85,2"/>
	<input type="text" value="86,4"/>
	<input type="text" value="85,8"/>
	<input type="button" value="Eliminar muestra"/>
	<input type="button" value="Añadir muestra"/>
<b>Duración</b>	<b>Duración (minutos)</b>
	<input type="text" value="5"/>

**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

En esta área podemos mirar niveles de ruido más altos que en cualquier otra área de la construcción.

## TAREA 2: CORTE DE ALUMINIO

**Medición basada en la tarea**

Especifique la incertidumbre típica  $u_2$  de los instrumentos de medición utilizados:

- Sonómetro de clase 1, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002 (0,7 dB).
- Exposímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61652 (1,5 dB)
- Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002 (1,5 dB)

Nota: Las incertidumbres típicas,  $u_2$ , especificadas se basan en datos empíricos representativos para la mayoría de situaciones relevantes y sólo son válidas para  $L_{p,A,eqT}$ . La incertidumbre para  $L_{p,Cp100}$  puede ser considerablemente superior.

---

**Tarea**

**Muestras**

**Nivel de ruido dB(A)**

Eliminar muestra

Añadir muestra

**Duración**

**Duración (minutos)**

Añadir duración

---

[Tarea 1](#) [Tarea 2](#)

**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

**NOTA:** En cada una de las actividades se agregó 3 tomas adicionales, ya que los niveles entre las 3 mediciones superaban los 3 dB de diferencia

**Resultados**

<b>Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:</b>	<b>66,2 dB(A)</b>
<b>Incertidumbre expandida U:</b>	<b>3,8 dB</b>
<b>Número de tareas:</b>	<b>1</b>
<b>Duración total de las tareas:</b>	<b>5 minutos</b>

Balance de incertidumbre		Símbolos, relaciones	Armaje de Marcos de Aluminio (dB)
Nivel de ruido	Incertidumbre típica	$u_{1a,m}$	1,40
	Coefficiente de sensibilidad	$c_{1a,m}$	1,00
Duración	Incertidumbre típica	$u_{1b,m}$	0,00
	Coefficiente de sensibilidad	$c_{1b,m}$	52,08
Contribución a la incertidumbre de los niveles de ruido		$c_{1a,m} * u_{1a,m}$	1,40
Contribución a la incertidumbre de la duración de la tarea		$c_{1b,m} * u_{1b,m}$	0,00
Contribución a la incertidumbre de los instrumentos de medición		$c_{1a,m} * u_{2,m}$	1,50
Contribución a la incertidumbre de la posición de los instrumentos de medición		$c_{1a,m} * u_3$	1,00

Resultados		Símbolos, relaciones	Armaje de Marcos de Aluminio
Mediana nivel de ruido dB(A)		$L_{p, A, eqT,m}$	86,1
Duración (min)		$T_m$	5
Contribución de la tarea m a $L_{ex,8h}$		$L_{EX, 8h,m}$	86,1
Contribución a la incertidumbre	Nivel de ruido	$(c_{1a,m} * u_{1a,m})^2$	1,97
	Duración	$(c_{1b,m} * u_{1b,m})^2$	0,00
	Instrumentos de medición	$(c_{1a,m} * u_{2,m})^2$	2,25
	Posición de medición	$(c_{1a,m} * u_3)^2$	1,00
	Suma por tarea m	$u^2 (L_{EX,8h})_m$	5,22

**Datos de partida**

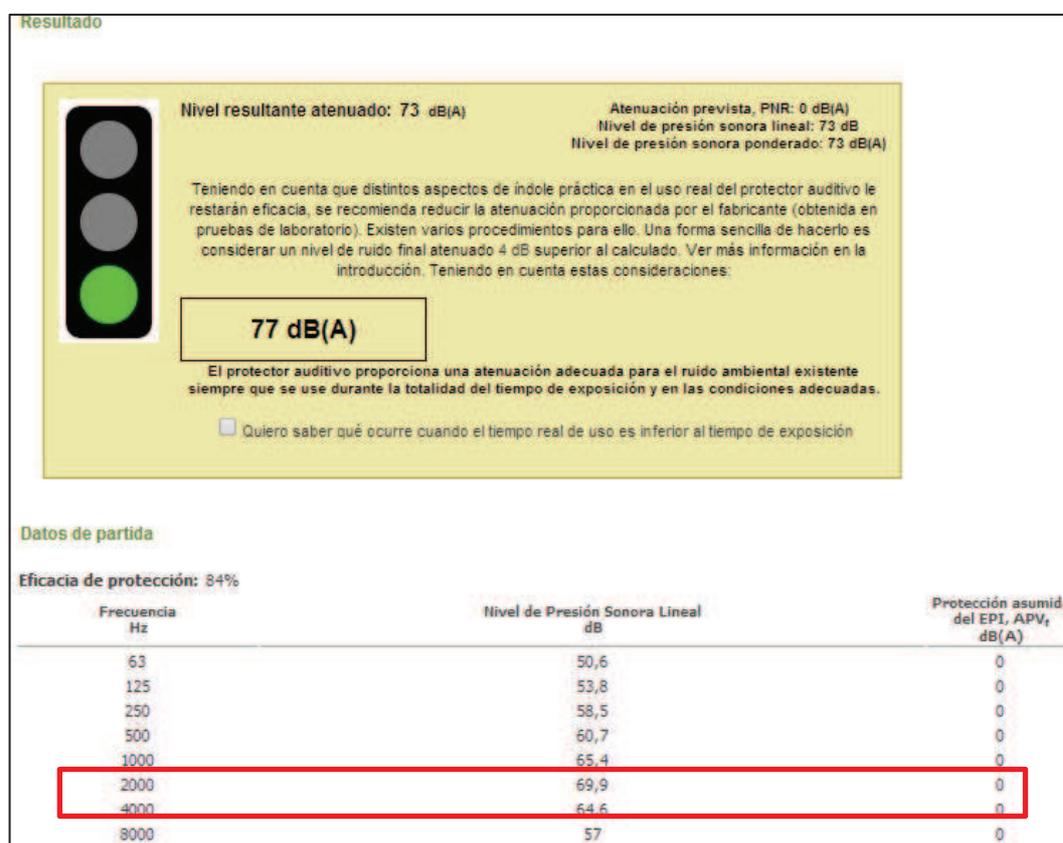
Incertidumbre típica de los instrumentos:	<b>1,5 dB</b> (Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)
---	---

**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Esta área es la más crítica de todas las áreas ya que mientras se arma no es mucho el ruido pero mientras se utiliza la tronadora los niveles de ruido tienden a subir más allá de lo normal a pesar que de manera global el resultado es de 69,8 dB diarios, es necesario tomar en cuenta que mientras se está utilizando esta máquina el nivel de ruido llega hasta los 96,2 por lo que es recomendable que se use protección auditiva, la misma que ayudará a aminorar el impacto del mismo en los trabajadores.

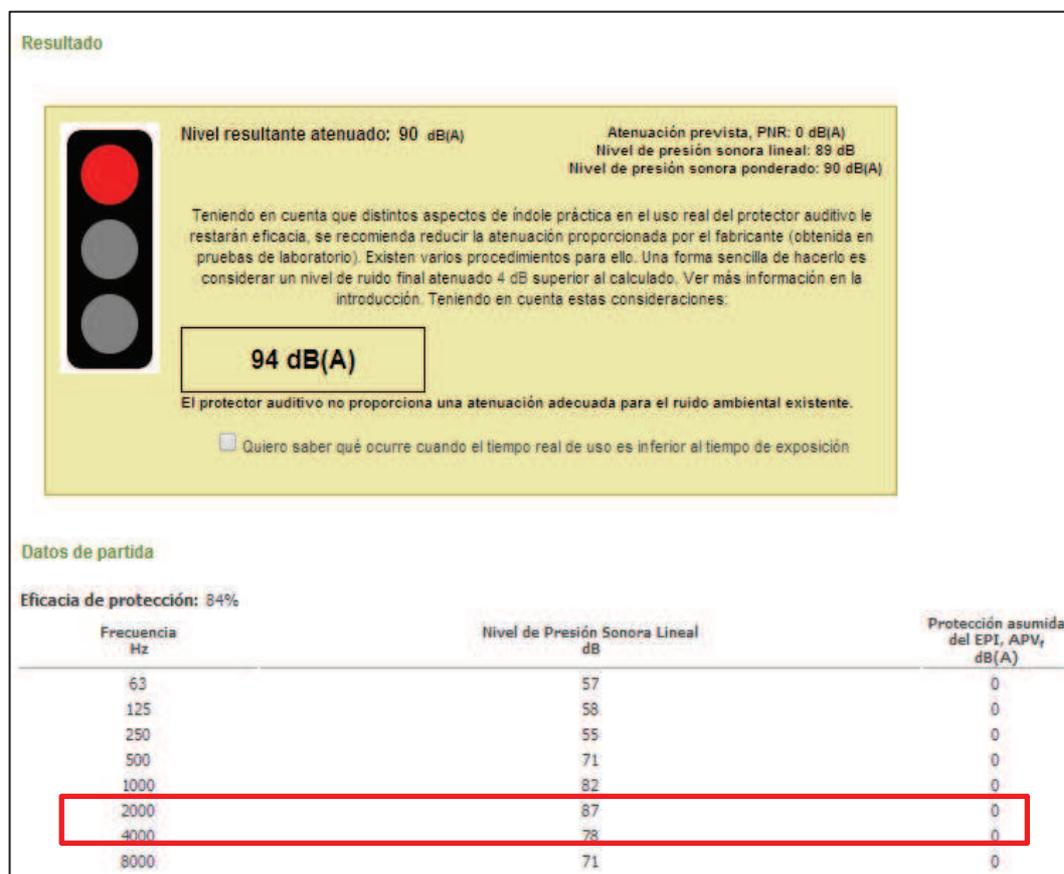
### Medición con bandas de octavas



### Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)

Existe un problema a pesar que la medición de octavas pareciera baja es necesario entender que esta medida se tomó en cuenta el golpe, por tal razón es que si existe una medida alta de ruido en cada golpe haciendo así necesario el uso de los equipos de protección personal.

## Medición con bandas de octavas



**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

En el área de corte es indispensable el uso de equipos de protección si se desea que la salud del trabajador se pueda mantener de la mejor forma por tal razón las recomendaciones se darán en la propuesta.

### **2.3.5. Verificación de Hipótesis**

Este proyecto presento la siguiente hipótesis:

*¿Los resultados de la medición y evaluación del ruido laboral en las áreas en construcción del campus central de la Universidad Técnica de Cotopaxi; donde labora la empresa Consorcio Cotopaxi S. A., permitirán desarrollar una propuesta para reducir el efecto del ruido en sus trabajadores?*

Con los análisis realizados por medio de la entrevista y las encuestas además de las mediciones realizadas nos traen como resultado lo siguiente:

- Que el primer objetivo y llamado también como objetivo General si se cumple.
- El segundo objetivo y primer objetivo específico según la investigación si se cumple.
- El tercer y cuarto objetivo de los cuales son el segundo y tercer objetivo específico respectivamente se cumple.

Por lo expuesto anteriormente nos damos cuenta que la medición y evaluación laboral comprueba que la hipótesis es factible, la misma que nos va a permitir desarrollar una propuesta para reducir el efecto del ruido en los trabajadores de la constructora Consorcio Cotopaxi.

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA**

Manual de prevención de riesgos laborales y el uso de los equipos de protección para la empresa Consorcio Cotopaxi.

#### ***3.1. Presentación***

El estudio realizado en el área de construcción de la empresa CONSORCIO COTOPAXI, ubicada en la ciudad de Latacunga, demuestra que los trabajadores se encuentran expuestos a niveles de ruido mayores a los 60 decibeles, y en algunos momentos sobrepasa los niveles superiores permitidos en los lugares y jornadas de trabajo; por lo cual se evidencia la necesidad de implementar un manual que ayude a prevenir los efectos del ruido en la salud de los trabajadores, sabiendo que en las actividades hay trabajos en condiciones que poseen rangos de ruidos intermitentes producidas por golpes, impactos, acoplamientos y utilización de máquinas móviles como: soldadora, amoladora, tecles, taladros, que debido a ciertas condiciones en periodos largos podrán producirán algunos problemas, ya que las personas constituyen la parte más importante en la empresa.

#### ***3.2. Justificación***

Los problemas detectados mediante este estudio, comprueban que los trabajadores del Consorcio Cotopaxi trabajan en niveles de ruido que no son permitidos, y

además lo hacen sin protecciones adecuadas, este tipo de negligencias puede causar grandes daños en la salud de los trabajadores llegando incluso a la pérdida completa de la audición.

Los resultados que se reflejen con las mediciones con el sonómetro **CIRRUS G061399.Cr162C**, no fueron las más adecuadas por el daño obtenido en el pre amplificador de ahí que se realizaron las mediciones con el sonómetro **CIRRUS clase 2, CR:822C**, que es profesional y útil para el trabajo realizado.

Este manual servirá como parte de la solución a los posibles problemas que puedan tener los trabajadores, debido que no es posible eliminar ciertos trabajos, salvaguardar la integridad física de los trabajadores expuestos, ya que en el manual se presentan los EPP's adecuados para el trabajador, capacitándolo de implementos necesarios y del uso de los mismos.

### ***3.3. Objetivos***

#### ***3.3.1. Objetivo General.***

Proteger a los trabajadores del CONSORCIO COTOPAXI, previniendo y controlando los efectos que puedan producir ruidos en las diversas áreas de trabajo mediante el manual de EPP's.

#### ***3.3.2. Objetivo Específicos.***

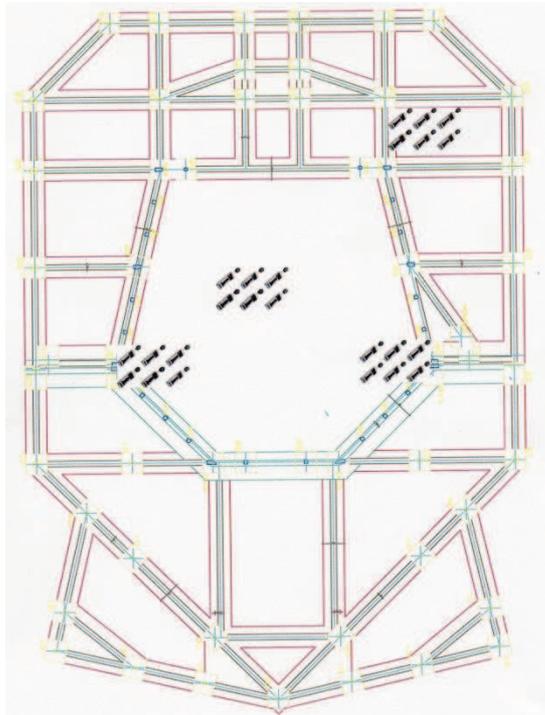
- Indicar a los trabajadores sobre los efectos nocivos del ruido, en las diferentes actividades que realizan.
- Aportar con una base inicial a la empresa constructora Consorcio Cotopaxi, para que pueda realizar y mejorar el aspecto físico, emocional y psicológico de los trabajadores.

- Capacitar a los trabajadores en el uso de implementos de Seguridad y Salud Ocupacional como son: orejeras, tapones que previenen los posibles daños del ruido.

### ***3.5. Desarrollo de la Propuesta***

#### ***3.5.1. Mapas de Ruido.***

**Gráfico 16**  
**MAPA DE RUIDO DEL TEATRO**



**Fuente:** Consorcio Cotopaxi  
**Elaborado por:** Los Autores.

#### ***3.4.2. Control de Ruido.***

Para poder controlar y mitigar el ruido es necesario la intervención en diferentes áreas de trabajo de la Constructora como son las siguientes:

- a) Maquinarias generadoras de ruido (fuente),
- b) ambiente de trabajo (medio),
- c) los trabajadores que se ven afectados ( hombre)

Las máquinas examinadas fueron: fresadora, compresor de aire, soldadoras, tecles y amoladoras en dos lugares diferentes así que con necesidad analizaremos cada una de las mismas con la finalidad de disminuir el ruido laboral.

**Tecles.-** Son herramientas las mismas que permiten mediante un sistema de transmisión levantar grandes pesos es así que se puede levantar grandes estructuras aun sin realizar gran fuerza, estas herramientas funcionan con cadenas en su mayoría pero al tocar las cadenas con los materiales hacen ruido de tal manera que puede ser molesto para el trabajador.

**Gráfico 17**  
**TECLES**



**Fuente:** Teatro UTC  
**Elaborado por:** Los Autores.

Hay que tomar en cuenta que en el momento de las mediciones se estaba utilizando un teclé eléctrico, el mismo que ayuda a disminuir el ruido pero existen momentos en los que se usan tecles manuales, los mismos que por el roce que existe entre cadenas con el metal producen más ruido.

**Gráfico 18**  
**TOMA DE MEDICIONES**



**Fuente:** Taller Mecánico  
**Elaborado por:** Los Autores.

*Montaje de estructuras.-* para este caso se utilizan todo tipo de tecles los mismos que ayudan que el trabajador no realice tanto esfuerzo físico, para este trabajo muchas de las veces se ve que existen situaciones un poco peligrosas ya que los métodos para utilizarlas a veces no es el correcto o las mismas no son las adecuadas para este trabajo.

**Gráfico 19**  
**ACCIONES PELIGROSAS**



**Fuente:** Teatro UTC  
**Elaborado por:** Los Autores.

En otros casos se ve también como las personas usan métodos empíricos los mismos que hacen que el trabajo sea más forzado y por ende más bullicioso como podemos mirar en el siguiente grafico que nos ayuda a que tomemos en cuenta que se está rompiendo con las medidas de seguridad que existen.

**Gráfico 20**  
**TECLES**



**Fuente:** Teatro UTC  
**Elaborado por:** Los Autores.

*Amoladoras.*- Son máquinas herramientas con un motor que producen grandes ruidos por la velocidad que llegan a tener, a más de eso son máquinas que permiten el corte y desbaste de materiales de acero que al contacto entre si producen grandes ruidos.

**Gráfico 21**  
**AMOLADORAS**



**Fuente:** Teatro UTC  
**Elaborado por:** Los Autores.

Como parte de la propuesta en base a la matriz de triple criterio realizada por los investigadores tenemos tres áreas críticas que son:

- El ruido.
- Proyección de sólidos o líquidos.
- Sobre esfuerzo físico.

### ***3.5. El Ruido.***

Para prevenir problemas como los mencionados anteriormente, se establece el uso de equipos de protección auditiva, ya que no se puede acudir al medio

ambiente ni en el ser humano es necesario el uso de EPP's, estos pueden ser Orejeras, Casco anti ruido y tapones auditivos.

**Gráfico 22**  
**EQUIPOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA**



**Fuente:** 3M  
**Elaborado por:** Los Autores.

**Orejeras:**

**Gráfico 23**  
**OREJERAS**



**Fuente:** Consorcio Cotopaxi  
**Elaborado por:** Los investigadores

**Uso:** El uso de este equipo es mediante dos casquetes, estos deben ser colocados en cada oreja y el arnés de fijación debe ajustarse a la cabeza.

Nivel de atenuación de 28dB, los cojines anti alergénicos brindan comodidad y garantizan un ajuste perfecto, mejorando la atenuación en las diferentes frecuencias, evitando lesiones e incomodidades.

**Tabla 15:**  
**TABLA DE ATENUACIÓN DE OREJERAS**

<i>Frecuencia (Hz) protector</i>	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000
Promedio atenuación dB	17,6	24,1	32,6	39,9	37,6	37,0	37,9	40,0	40,2
Desviación estándar	2,0	2,0	2,4	3,2	2,6	1,9	2,6	2,2	2,4

**Fuente:** 3M  
**Elaborado por:** Los Autores.

**Cuidados y Limpieza:** El operario que utilice orejeras deberá mantenerlas en un lugar seguro y seco, a fin de que la humedad no dañe el implemento. Cuando las almohadillas requieran limpieza deben lavarse con agua tibia y jabón.

**Sustitución:** La empresa deberá reemplazar este implemento una vez que se encuentre dañado o presente alguna ruptura que evite la protección del trabajador ante el ruido, generalmente deben cambiarse dos veces al año.

### Tapones Auditivos

**Gráfico 24**  
**TAPONES AUDITIVOS**



**Fuente:** Consorcio Cotopaxi (3M 1270/1271)

**Elaborado por:** Los investigadores

**Uso:** Su modo de uso es mediante la introducción del canal auditivo externo, estos objetos pueden ser pre moldeados (se adaptan al canal), sintéticos (materiales como cera u otras con alta viscosidad y algodón acústico) y también pueden ser tapones con arnés

**Cuidados y Limpieza:** Debe mantenerse especial cuidado debido a que son equipos delicados y pueden romperse fácilmente, en caso de ser reutilizables deben lavarse en agua tibia jabonosa y un cepillo de dientes o un cepillo pequeño utilizado para fregarlos.

**Sustitución:** La empresa deberá cambiar este tipo de equipos constantemente si son desechables la sustitución será cada vez que amerite, pero, si son reutilizables la sustitución deberá realizarse inmediatamente se presente algún defecto que imposibilite su funcionalidad.

Los niveles que son los que afectan a la salud son a partir de los 2000 hasta los 4000 Hz. Es así que en las áreas de golpe necesitamos atenuar hasta 35 dB es por eso que se sugiere el uso de tapones de cordón fabricado en polímero suave, que se introduce, dentro del tapón. Existen tapones de color naranja de alta visibilidad para fácil supervisión. Según la Norma de referencia ANSI S3. 19-1979

**Tabla 16:**  
**TABLA DE ATENUACIÓN**

<i>Frecuencia (Hz) protector</i>	250	500	1000	2000	4000	8000
Promedio atenuación dB	22,1	27,9	34,9	35,8	37,3	41,4
Desviación estándar	2,9	2,8	3,4	2,0	2,5	2,7

**Fuente:** 3M

**Elaborado por:** Los Autores.

## Casco Anti ruido

**Gráfico 25**  
**CASCO ANTI RUIDO**



**Fuente:** 3M (orejeras 1440)  
**Elaborado por:** Los Autores.

**Uso:** Deberá utilizarse en lugares ruidosos, el usuario debe asegurarse que este adaptado, regulado, cuidado e inspeccionado de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

**Cuidados y Limpieza:** Para mantener el casco en buen estado es necesario guardarlo en un lugar fresco y seco, protegido de la luz y hielo, además de una limpieza adecuada. La limpieza se la realizará mediante agua jabonosa y para secarlo se lo hará con un paño suave sin hacer uso de disolventes ni productos nocivos,

**Sustitución:** La vida útil de estos utensilios depende del uso, generalmente duran de dos a tres años, y se los debe reemplazar una vez que presenten daños que no ayuden en su función.

Giran 180° sobre el eje adaptador, hacia adelante o hacia atrás, permitiendo colocarlas, contra el casquete, mientras no sea necesario el uso.

La apertura de las copas puede controlar mediante un tope interno para mantenerlas abiertas en posición de descanso. NRR 26dB.

**Tabla 17**  
**ATENUACIÓN DE CASCO ANTI RUIDOS**

<i>Frecuencia (Hz) protector</i>	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000
Promedio atenuación dB	14,1	18,8	28,1	36,2	35,6	35,0	35,5	36,0	
Desviación estándar	2,1	2,0	3,0	2,1	2,2	2,1	2,1	2,4	

**Fuente:** 3M  
**Elaborado por:** Los Autores.

NRR 24 dB para el uso de talleres aeropuertos, campos petroleros, construcciones, sierras, taladros, guadañadoras, remachadoras, entre otras.

La vida útil del protector auditivo se maximiza gracias a la disponibilidad de repuestos como la almohadilla de la diadema, el cojinete y las espumas internas de las copas Norma de referencia NTC -2272. Para los lugares donde exista riesgo combinado de altos niveles de ruido y posibilidades de golpes y objetos fijos u objetos que caen. (Arseg, 2014).

### **3.6. Proyección de Sólidos o Líquidos**

Para la proyección de sólidos o líquidos es necesaria la protección física y hay una parte que es muy delicada en el cuerpo humano que son los ojos ya que este aspecto está un poco descuidado por la empresa, por esta razón se sugiere el uso de lentes de protección, estos deben cumplir con la norma ANSI Z87, de ahí que se sugieren este tipo de gafas que por comodidad y lo más importante es protección ocular, van a paliar el peligro que existe en los trabajadores de la empresa Constructora Consorcio Cotopaxi.

**Gráfico 26**

#### **LENTE DE PROTECCIÓN**



**Fuente:** 3M  
**Elaborado por:** Los Autores.

(3M, 2008) Las características de este tipo de lentes de protección son las siguientes:

- Se aclaran y oscurecen cuando cambian las condiciones exteriores de luz en el lente.
- Se oscurecen en menos de 20 seg.
- Se aclaran en menos de 3 minutos.
- Patillas con resorte para un mejor ajuste
- Lentes con recubrimiento para protección contra abrasión.
- Armazón durable con la frente de nylon y las patillas con aleación de magnesio.
- Cumple con las normas ANSI Z87.1-2003 y CSA Z94.3.

### *Gráfico 27*

#### **OPERADOR UTILIZANDO MEDIOS DE PROTECCIÓN.**



**Fuente:** (<http://articulo.mercadolibre.com.ve/>)

**Elaborado por:** Los Autores.

### ***3.7. Sobre esfuerzo físico***

Es un gran problema que existe en la empresa Constructora Consorcio Cotopaxi, ya que cuenta con tecles manuales para poder movilizar las grandes estructuras, que hacen que los trabajadores de esta área tengan sobre esfuerzo físico, así como se muestra la figura.

**Gráfico 28**  
**TECLES**



**Fuente:** Teatro UTC  
**Elaborado por:** Los Autores.

En el ambiente no se puede cambiar nada, en la fuente que serían las estructuras tampoco se puede hacer nada, pero si se puede realizar un estudio de personal y ver si es posible el aumento de personal en los momentos más críticos que existen que sería mientras se mueven las estructura, por esto se recomienda uso de equipos de protección personal.

### ***3.8. Impacto Técnico***

Los resultados obtenidos en la investigación muestran que la magnitud del ruido al que están expuestos los trabajadores del CONSORCIO COTOPAXI llega a los límites permitidos, haciéndose necesaria la implementación de medidas que permitan reducirlo en los diferentes puntos. Estos puntos hacen mención a: las

máquinas generadoras de ruido (fuente de ruido), ambiente de trabajo (medio), y los trabajadores que se ven afectados por este factor (hombre).

### ***3.9. Impacto Económico***

La implementación de medidas que reduzcan el ruido en la jornada laboral, es una de las inversiones más considerables que debe realizar la empresa, ya que, es una manera de proteger a los trabajadores en cuanto a su integridad física; pero, también proteger a la empresa de demandas laborales futuras. Estas demandas pueden producirse debido a enfermedades profesionales, lo cual conlleva a costosas indemnizaciones y también ocasiona pérdida de la imagen empresarial, lo cual genera costos y puede afectar a la empresa en la preferencia por parte de los clientes.

### ***3.10. Impacto Social***

Como ya se ha mencionado, el ruido al que están expuestos los trabajadores causa ciertos trastornos de salud, estos pueden tener un efecto a corto plazo, mediano plazo y largo plazo; por lo cual es necesario que la empresa establezca acciones de prevención para cada uno de los casos, los efectos más comunes son:

- ***Corto Plazo:*** Mala comunicación entre compañeros, falta de concentración, estrés laboral, daños en el ambiente de trabajo, etc.
- ***Mediano Plazo:*** Cansancio mental, fatiga auditiva, pérdida de sueño, distracciones, etc.
- ***Largo Plazo:*** Enfermedad profesional caracterizada por una pérdida total de la audición, para este momento el daño es irreversible.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### *Conclusiones*

Finalizando este trabajo podemos tener claras las siguientes conclusiones:

1. Esta investigación nos permitió conocer la forma de medición, evaluación y control del ruido.
2. Las entrevistas realizadas al residente de la obra y las encuestas a los trabajadores formaron parte estructural e indispensable para esta investigación.
3. Concluimos que no todas las empresas constructoras no realizan controles rutinarios y estudios de riesgos laborales.
4. El problema de comunicación por el ruido se minoraría ya que se reducirían los ruidos por el mantenimiento a los equipos proveyendo de una mejor forma de comunicarse y evitar mal entendidos que pueden arrojar en accidentes laborales.
5. El aspecto de protección con orejeras, casco de ruido y tapones auditivos permitirían paliar el ruido que sufren cada uno de los trabajadores.
6. Es necesario implementar un programa de vigilancia y control del uso de EPP así como también determinar audiometrías periódicas.
7. El sonómetro **CIRRUS G061399 Cr 162C** que es de la Universidad Técnica de Cotopaxi, está dañado el pre amplificador y los datos obtenidos por son nulos, por lo que, para el trabajo investigativo fue necesario alquilar

un sonometro profesional **CIRRUS clase 2, CR:822C**, debidamente calibrado como se muestra es en el anexo: 5, ademas de estar calibrado antes de tomar las mediciones como se muestra en el anexo:3, ilustracion 7,

**8.** Los sonometros adquiridos para este trabajo fueron didacticos (no tienen descargas ni lecturas de datos en octavas), son para un nivel de seguridad basica o para medir ruidos ambientales.

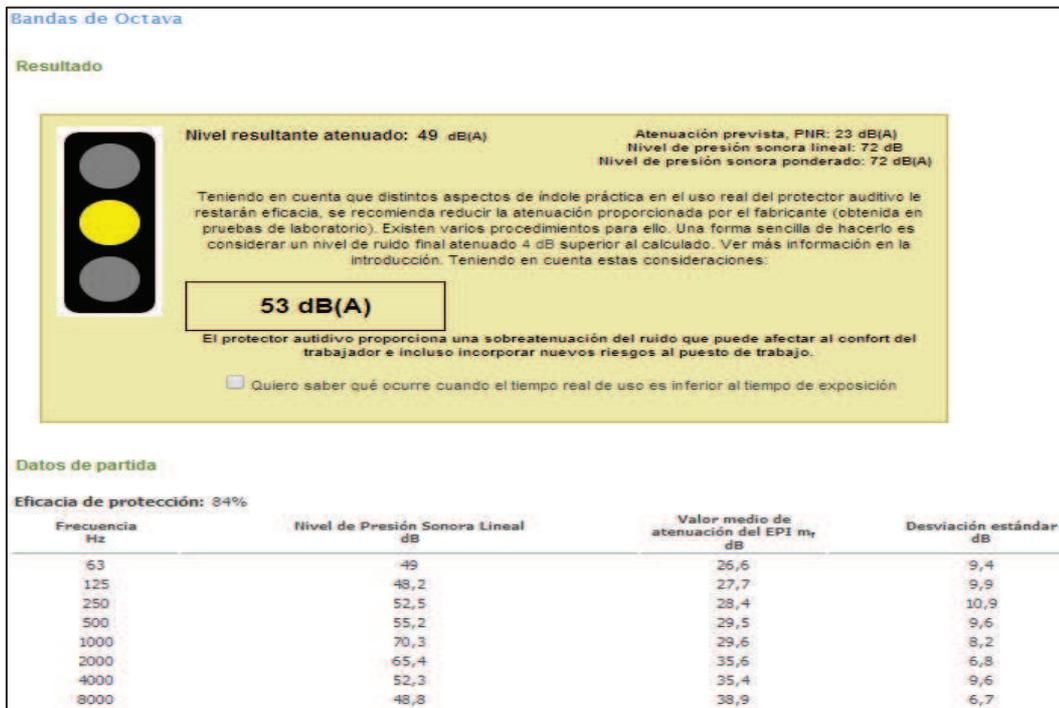
## ***RECOMENDACIONES:***

Con las conclusiones antes mencionadas podemos concluir este trabajo de investigación con los siguientes aspectos:

1. Si una persona va a ingresar a la constructora es necesario primeramente una evaluación audiométrica con la finalidad de saber en qué estado ingresa esta persona para evitar a futuro problemas con las personas y a la postre indemnizaciones por enfermedades profesionales.
2. Es necesario que las constructoras cumplan con las normas SSO.
3. Realizar evaluaciones audiométricas por lo menos una vez por año para conocer si los trabajadores están sufriendo de sordera profesional y redoblar el esfuerzo en cuanto a protección.
4. Verificar el estricto cumplimiento en el uso de EPP's, así como también en lo posible eliminar el ruido excesivo.
5. Colocar señalética que permita que toda persona que entre a la construcción tome precaución al momento de ingresar a la construcción y se tenga un personal que le dote de las medidas de protección.
6. En base que se hizo la comprobación y no se puede acudir a la fuente ni al ser humano es necesario acudir directamente a los equipos de protección, que mediante el cálculo de software da como resultado los siguientes datos:
7. Comprar el repuesto del sonómetro que es de la Universidad Técnica de Cotopaxi, **CIRRUS G061399 Cr 162C**, ya que se puede volver a necesitar y como estudiantes no se puede adquirir o alquilar.

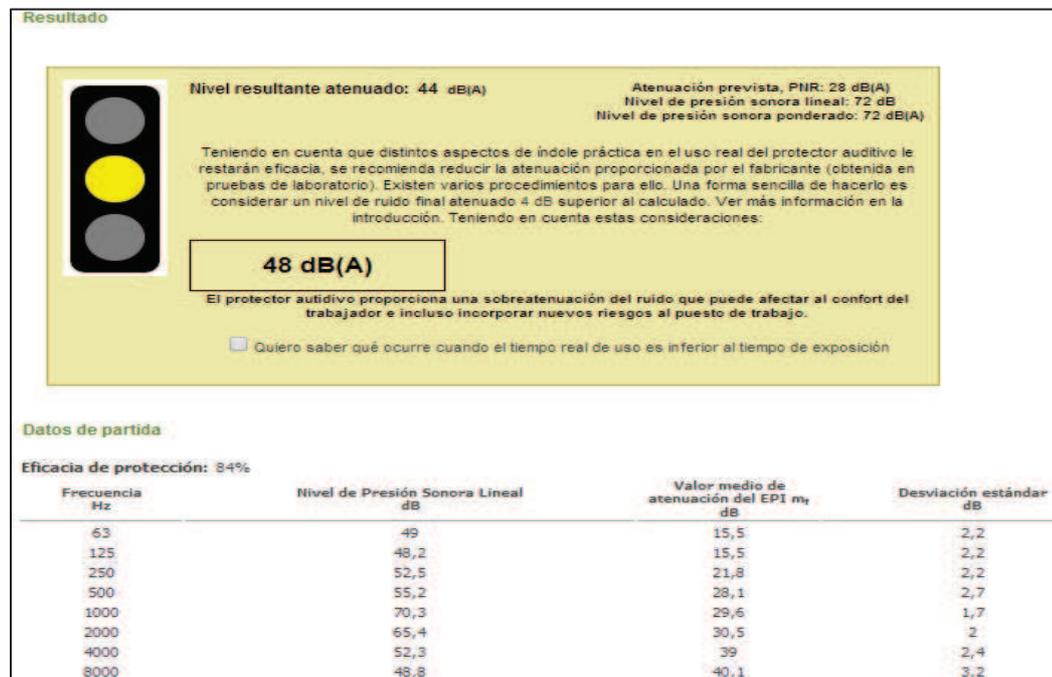
## MOVIMIENTO DE ESTRUCTURAS

### Atenuación Con Tapones Auditivos 3m 1270/1271



Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)

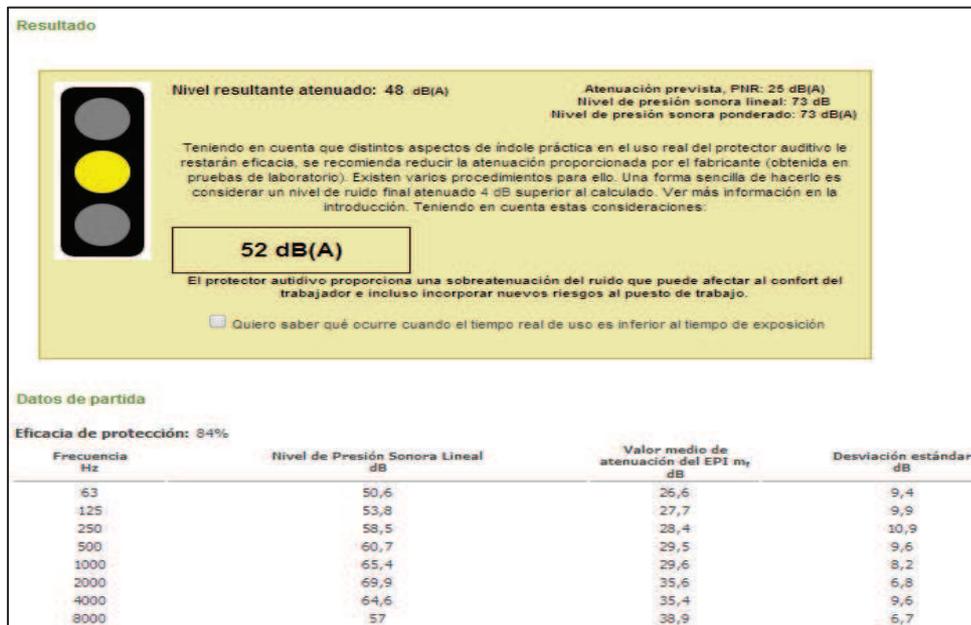
### ATENUACIÓN CON OREJERAS 3M 1440



Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)

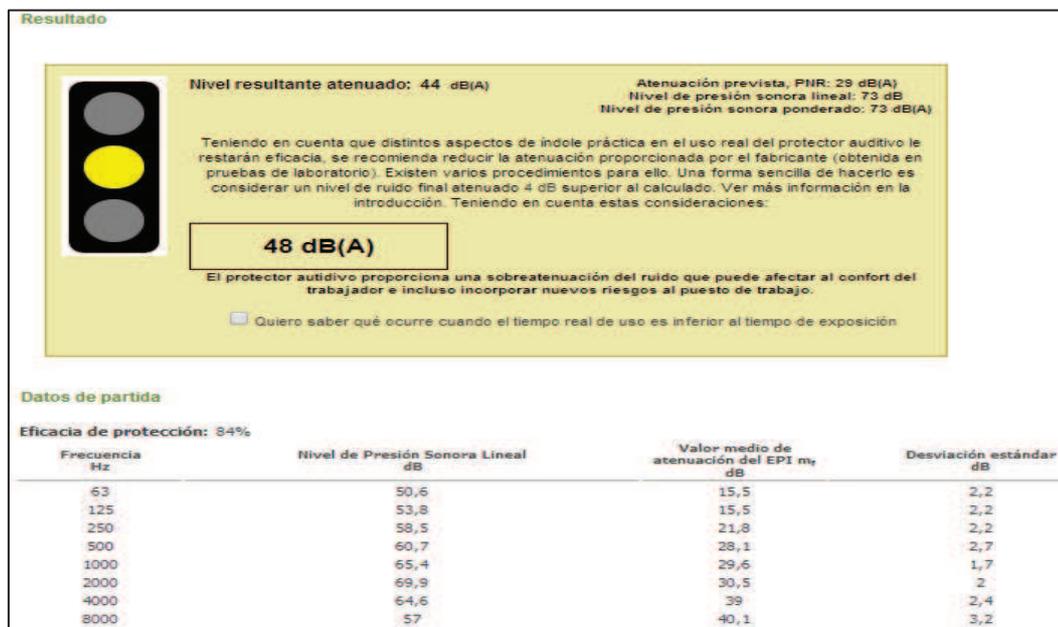
## ARMAJE DE MARCOS DE ALUMINIO

### Atenuación Con Tapones Auditivos 3m 1270/1271



Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)

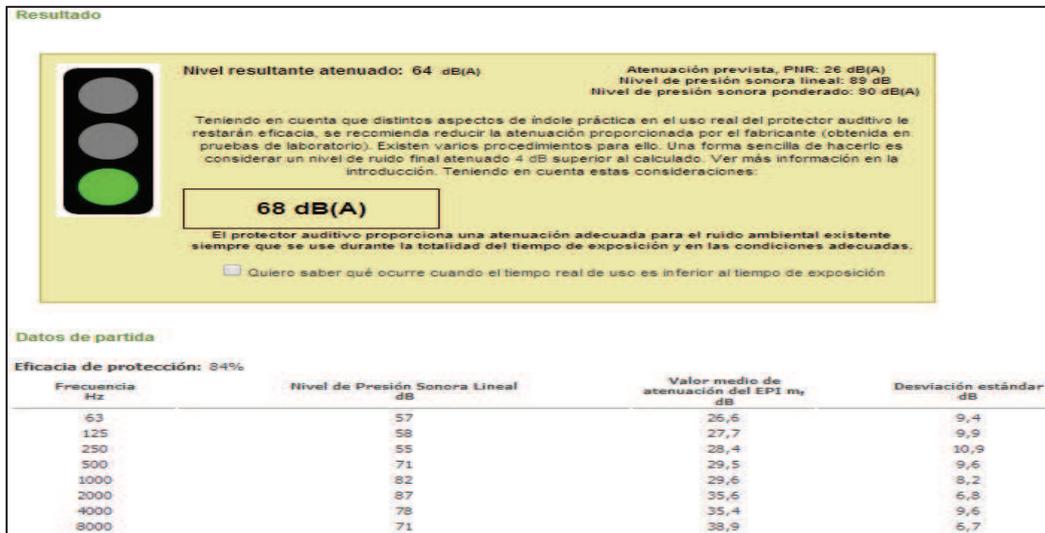
### ATENUACIÓN CON OREJERAS 3M 1440



Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)

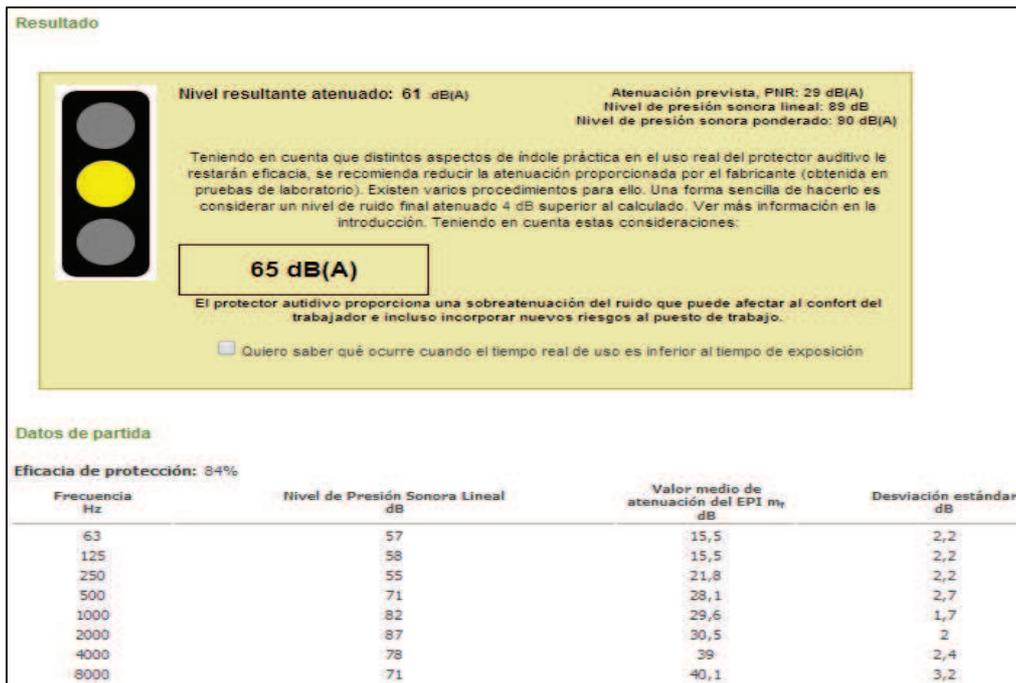
## CORTE DE ALUMINIO

### Atenuación Con Tapones Auditivos 3m 1270/1271



**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

## ATENUACIÓN CON OREJERA



**Elaborado Por: los investigadores (cálculos INSHT)**

## Bibliografía

**3M.2008.**

[http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSufSevTs\\_xtU5xtZMY\\_UevUqevTSevTSevTSeSSSSSS--](http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSufSevTs_xtU5xtZMY_UevUqevTSevTSevTSeSSSSSS--). [En línea] 5 de Enero de 2008. [Citado el: 23 de Julio de 2014.]

**Academic. 2012.** Enciclopedia Universal. [En línea] 2012. [http://enciclopedia\\_universal.esacademic.com/](http://enciclopedia_universal.esacademic.com/).

**AHUMADA, Pedro. 1983.** *Principios y Procedimientos de Evaluación Educativa*. Chile : s.n., 1983.

**2014.** Aire acondicionado y Clima. [En línea] 2014. [www.aireacondicionadoyclima.com](http://www.aireacondicionadoyclima.com).

**Arseg. 2014.** <http://www.arseg.com/?redir=frame&uid=www53cecbfe6b7e75.78137733>. [En línea] 2014.

**ASFAHL, Ray. 2010.** *Seguridad Industrial y Administración de la Salud*. Mexico : Pearson, 2010.

**Barreto, Enrique. 2012.** Scribd. [En línea] 6 de Diciembre de 2012. [http://www.academia.edu/4248564/Experiencia\\_De\\_Reynolds](http://www.academia.edu/4248564/Experiencia_De_Reynolds).

**Barreto, Enrique. 2012.** Scribd. [En línea] 6 de Diciembre de 2012. [http://www.academia.edu/4248564/Experiencia\\_De\\_Reynolds](http://www.academia.edu/4248564/Experiencia_De_Reynolds).

**2013.** Calculators Casa. [En línea] 2013. <http://es.ncalculators.com/statistics/weighted-mean-calculadora.htm>.

**Caso, A. 2009.** Scribd. [En línea] Agosto de 2009. <http://es.scribd.com/doc/5870933/cap1-TIPOS-YMETODOS-DE-MEDICION>.

**CORTEZ, Jose. 2007.** *Seguridad e Higiene del Trabajo*. s.l. : Tebar, S.L., 2007.

**Corzo, Gilberto. 2009.** Ruido industrial y efectos a la salud. [En línea] 2009. <http://www.medspain.com/colaboraciones/ruidoindustrial.htm>.

**Cyclopedia. 2014.** [En línea] 2014. <http://www.cyclopaedia.es/wiki/Decibelio>.

**DE LA SOTA, Sergio. 2011.** *Prevención de Riesgos Laborales*. España : Paraninfo, 2011.

**2011.** Definicionde. [En línea] 2011. <http://definicion.de/susceptible/>.

**Díaz, Pilar. 2009.** *Prevención de Riesgos Laborales Seguridad y Salud Laboral.* Australia : Paraninfo S.A., 2009.

**Dine, Daniel. 2008.** Revista empresarial y laboral. [En línea] 2008. [http://www.revistaempresarial.com/revistaempresarial/index.php?option=com\\_content&view=article&id=511:enfermedad-profesional-silenciosa-sordera-profesional&catid=99&Itemid=272](http://www.revistaempresarial.com/revistaempresarial/index.php?option=com_content&view=article&id=511:enfermedad-profesional-silenciosa-sordera-profesional&catid=99&Itemid=272).

*Diseño e Implementación de un Prototipo que permita cuantificar el nivel de presión sonora en una biblioteca con indicación visual y audible.* **Chimarro Quimbiulco, Diego Armando. 2008.** 2008, Tesis previa a la obtención del título de ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, págs. 18-25.

**Estopá Navarro, Mariano. 2011.** Clínica Dr. Estopa. [En línea] 2011. <http://www.clinicaestopa.es/web/historia.aspx>.

**Farlex. 2011.** The Free Dictionary. [En línea] 2011. <http://es.thefreedictionary.com/>.

**Fundación de la Vida. 2014.** Diabetics. [En línea] 23 de Marzo de 2014. <http://www.diabetics.co/Sindrome-Metabolico/Hipertension.aspx>.

**GIRALDO, Andres. 2008.** *Salud Ocupacional Prevención de Accidentes.* Colombia : Colombia: Ecoe Ediciones, 2008.

**Gobierno Ecuatoriano. 1999.** Ley de Gestión Ambiental. Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., 30 de Julio de 1999.

**Gobierno Ecuatoriano Ley de Gestión Ambiental. Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., 30 de Julio de 1999. 1999.** Ley de Gestión Ambiental. Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., 30 de Julio de 1999.

**Gobierno Ecuatoriano. 2008.** Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., 10 de Enero de 2008.

**GONZÁLES, Ramón. 2011.** *Manual Básico Prevención de Riesgos Laborales.* España : Paraninfo, 2011.

**Grupo Valero. 2010.** Proyecto Universidad de Palermo. *Conociendo un sentido.* 2010.

<http://articulo.mercadolibre.com.ve/>. Mercado Libre. [En línea]

**Industrial, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene. 2012.** NORMA NTP 951. 26 de 11 de 2012.

**Instituto de Salud Pública de Chile. 2012.** Departamento Salud Pública. [En línea] 2012. [http://www.ispch.cl/sites/default/files/u5/Guia\\_Preventiva.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/u5/Guia_Preventiva.pdf).

**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2008.** Ministerio de Empleo y Seguridad Social. [En línea] 2008. <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>.

**Maps, Google. 2014.** Google Maps. [En línea] 2 de Junio de 2014. [google.com/maps/dir/Universidad+T%C3%A9cnica+de+Cotopaxi](http://google.com/maps/dir/Universidad+T%C3%A9cnica+de+Cotopaxi).

**Mendoza Roca, José Antonio y Palomares Gimeno, Antonio Eduardo. 2008.** *Ciencia y tecnología del medio ambiente*. Valencia : Repraval, S.L., 2008.

**Ministerio de Salud Pública Guatemala. 2011.** MANUAL DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL. PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO DE LA RED HOSPITALARIA. 2011.

**Ministerio de Salud Pública. 2013.** *Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido*. Quito : s.n., 2013.

**Monitoreo de Ruido en el Ecuador. 2013.** Ecuacustica. [En línea] 2013. <http://www.ecuacustica.com/analisis-laboratorio-equipos-monitoreo-medicion-de-ruido-insonorizacion-ambiental-seguridad-industrial-ecuador.php?tablajb=servicios&p=15&t=Mediciones-de-Ruido-Laboral/Industrial/Ocupacional&>.

**Pardos Martínez, Fernando, Rubio Blanco, Beatriz y Gamoneda Vélez, Carmen. 202.** *Diccionario Esencial de las Ciencias*. s.l. : Espasa, 202.

**Presidencia de la República Ley de Gestión Ambiental. Quito, Pichincha, Ecuador. 2011.** LIMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES. *Anexo 5*. Quito : s.n., 2011, págs. 416 - 428.

**Presidencia de la República Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. 2011.** LIMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES. *Anexo 5*. Quito : s.n., 2011, págs. 416 - 428.

**Real Academia de la Lengua. 2012.** *Diccionario*. España : s.n., 2012.

**Resonance Rепatterining. 2011.** Cambio cuántico. [En línea] 2011. <http://www.cambiocuántico.com/p/sesiones.html>.

**Schuler, Charles A. 2002.** *Electrónica, principios y aplicaciones*. España : Reverté S.A, 2002.

**UHU 2012.** [En línea] 2012. <http://www.uhu.es/servicio.prevencion/menuservicio/actividades/higiene/sonometro.pdf>.

**wikipedia. 2014.** es.wikipedia.org/wiki/presbiacucia. [En línea] 04 de marzo de 2014. [Citado el: 22 de julio de 2014.]

**Wikipedia.** [http://es.wikipedia.org/wiki/Amplitud\\_\(f%C3%ADsica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplitud_(f%C3%ADsica)). *wikipedia*. [En línea]

Academic. (2012). *Enciclopedia Universal*. Obtenido de [http://enciclopedia\\_universal.esacademic.com/](http://enciclopedia_universal.esacademic.com/)

Barreto, E. (6 de Diciembre de 2012). *Scribd*. Obtenido de [http://www.academia.edu/4248564/Experiencia\\_De\\_Reynolds](http://www.academia.edu/4248564/Experiencia_De_Reynolds)

*Calculators Casa*. (2013). Obtenido de <http://es.ncalculators.com/statistics/weighted-mean-calculadora.htm>

Caso, A. (Agosto de 2009). *Scribd*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/5870933/cap1-TIPOS-YMETODOS-DE-MEDICION>

Corzo, G. (2009). *Ruido industrial y efectos a la salud*. Obtenido de <http://www.medspain.com/colaboraciones/ruidoindustrial.htm>

Cyclopaedia. (2014). Obtenido de <http://www.cyclopaedia.es/wiki/Decibelio>

*Definicion de*. (2011). Obtenido de <http://definicion.de/susceptible/>

Dine, D. (2008). *Revista empresarial y laboral*. Obtenido de [http://www.revistaempresarial.com/revistaempresarial/index.php?option=com\\_content&view=article&id=511:enfermedad-profesional-silenciosa-sordera-profesional&catid=99&Itemid=272](http://www.revistaempresarial.com/revistaempresarial/index.php?option=com_content&view=article&id=511:enfermedad-profesional-silenciosa-sordera-profesional&catid=99&Itemid=272)

Estopá Navarro, M. (2011). *Clínica Dr. Estopa*. Obtenido de <http://www.clinicaestopa.es/web/historia.aspx>

Farlex. (2011). *The Free Dictionary*. Obtenido de <http://es.thefreedictionary.com/>

Fundación de la Vida. (23 de Marzo de 2014). *Diabetrics*. Obtenido de <http://www.diabetrics.co/Sindrome-Metabolico/Hipertension.aspx>

*Google Maps*. (2 de Junio de 2014). Obtenido de [google.com/maps/dir/Universidad+T%C3%A9cnica+de+Cotopaxi](http://google.com/maps/dir/Universidad+T%C3%A9cnica+de+Cotopaxi)

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2008). *Ministerio de Empleo y Seguridad Social*. Obtenido de <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>

Instituto de Salud Pública de Chile. (2012). *Departamento Salud Pública*. Obtenido de [http://www.ispch.cl/sites/default/files/u5/Guia\\_Preventiva.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/u5/Guia_Preventiva.pdf)

Monitoreo de Ruido en el Ecuador. (2013). *Ecuacustica*. Obtenido de <http://www.ecuacustica.com/analisis-laboratorio-equipos-monitoreo-medicion-de-ruido-insonorizacion-ambiental-seguridad-industrial-ecuador.php?tablajb=servicios&p=15&t=Mediciones-de-Ruido-Laboral/Industrial/-Ocupacional&>

Resonance Repatterning. (2011). *Cambio cuántico*. Obtenido de <http://www.cambiocuantico.com/p/sesiones.html>

Schuler, C. A. (2002). *Electrónica, principios y aplicaciones*. España: Reverté S.A. Obtenido de <http://es.calameo.com/read/00286213360b604c0b743>

UHU. (2012). Obtenido de <http://www.uhu.es/servicio.prevencion/menuservicio/actividades/higiene/sonometro.pdf>

## **ANEXO 1: Encuesta a Trabajadores de la empresa CONSORCIO COTOPAXI S.A.**

**1. ¿Cómo define usted el Ruido?**

Bueno \_\_\_\_\_ Malo \_\_\_\_\_

**2. ¿Se ha realizado estudios audio métrico?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Nunca \_\_\_\_\_

**3. ¿Considera que está expuesto al ruido durante la jornada de trabajo?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Nunca \_\_\_\_\_

**4. ¿Cómo describe la magnitud del problema?**

Leve \_\_\_\_\_ Moderada \_\_\_\_\_ Grave \_\_\_\_\_

**5. ¿En qué momento de la jornada de trabajo percibe usted mayor ruido en su área de trabajo?**

Mañana \_\_\_\_\_ Tarde \_\_\_\_\_ Noche \_\_\_\_\_ Todo el tiempo \_\_\_\_\_

**6. ¿Tiene cansancio mental, estrés o pérdida de sueño por causa del ruido?**

Cansancio mental \_\_\_\_\_ Estrés \_\_\_\_\_ Pérdida de sueño \_\_\_\_\_

**7. ¿En qué área de la empresa trabaja?**

\_\_\_\_\_

## **ANEXO 2: Entrevista a Funcionario de la empresa CONSORCIO COTOPAXI S.A.**

1. ¿En qué área trabaja actualmente?

Jefe del Área de Construcción\_\_\_\_\_

2. ¿Conoce usted sobre el ruido? ¿Cómo lo definiría?

Bueno \_\_\_\_\_ Malo \_\_\_\_\_

3. ¿Cómo definiría la magnitud del problema?

Leve \_\_\_\_\_ Moderada \_\_\_\_\_ Grave \_\_\_\_\_

4. ¿Considera usted que los trabajadores están expuestos al ruido en la empresa?

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

5. ¿En qué momento del día el trabajador está expuesto al ruido?

Mañana \_\_\_\_\_ Tarde \_\_\_\_\_ Noche \_\_\_\_\_ Todo el tiempo \_\_\_\_\_

6. ¿Los trabajadores expresan sus molestias a causa del ruido?

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

7. ¿La empresa realiza estudios audios métricos para el ingreso de nuevo personal?

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

## **ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO REALIZADO.**

### **Trabajos en Albañilería**



*Ilustración 1: Pegado de bloque*

**Elaborado Por: los investigadores.**



*Ilustración 2: Trabajador pegando Bloque*

**Elaborado Por: los investigadores.**

### Trabajos Armaje de Aluminio



*Ilustración 3: Marcos de aluminio mal ensamblado*

**Elaborado Por: los investigadores.**



*Ilustración 4: Trabajos en andamios sin protección*

**Elaborado Por: los investigadores.**



*Ilustración 5: Trabajadores sin protección auditiva*

**Elaborado Por: los investigadores.**

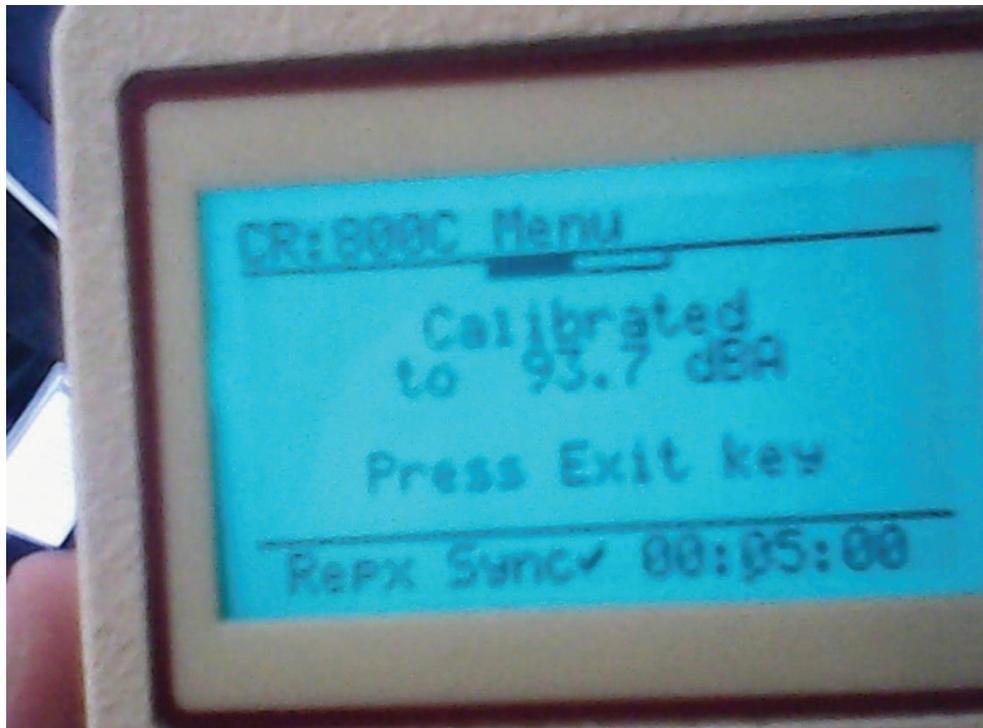


*Ilustración 6: Falta de orden (desorden)*

**Elaborado Por: los investigadores.**



*Ilustración 7: Calibración del sonómetro*  
Elaborado Por: los investigadores.



*Ilustración 8: Sonómetro calibrado*  
Elaborado Por: los investigadores.



*Ilustración 9: Especificaciones del sonómetro*  
**Elaborado Por: los investigadores.**



*Ilustración 10: Colocación del sonómetro en trípode para evitar movimientos*

Elaborado Por: los investigadores.

## **ANEXO 4:**

# **PLAN DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE LA EMPRESA CONSORCIO COTOPAXI**

### **Evaluación de riesgos laborales auditivos**

Mediante la observación y las mediciones realizadas podemos darnos cuenta que en algunas áreas de trabajo existen trabajadores que cuentan con el equipo de protección pero lamentablemente no lo están usando, convirtiéndose esto en riesgo laboral.

### **Análisis y uso de equipos de protección.**

En esta etapa miraremos si el personal de la empresa está usando el equipo de protección, a partir de ahí podremos ver si hay negligencia por parte de la empresa o por parte de los trabajadores los mismos que pueden ser dotados de los equipos de protección (en este caso auditivos), si no son usados haría falta de control.

### **Capacitación al personal en cuanto a la necesidad del uso de EPP's.**

Realizamos una capacitación al personal con la finalidad de lograr concienciar a cada trabajador de la necesidad del uso de los equipos de protección además de los problemas que pueden tener si no los están usando, en este tiempo y a lo largo de los años, ya que el objetivo de toda empresa es que el trabajador salga de la empresa como ingreso.

### **Capacitación al personal en cuanto al uso de los EPP's.**

Se indicó a los trabajador la manera correcta del mantenimiento y la forma correcta del uso de los protectores auditivos, además de enseñarles el aseo que es una parte primordial antes de usar y luego de usar ya que esto también puede causar daños en el aspecto auditivo de los trabajadores y el riesgo al que se presentan si no cumplen con los requerimientos que exige la normativa de ley.

## ANEXO: 5

### FOTOGRAFÍAS DE LA CAPACITACIÓN.



*Ilustración 11: Capacitación al personal*  
Elaborado Por: los investigadores.



*Ilustración 12: capacitación al personal*  
Elaborado Por: los investigadores.



***Ilustración 13: Primer Grupo Del Personal Capacitado.***

**Elaborado Por: los investigadores.**

# ANEXO 6: Certificado de Calibración del sonómetro Cirrus CR: 822C

## Certificate of Calibration



DEGSO

### Equipment Details

Instrument Manufacturer Cirrus Research plc  
Instrument Type CR 822C  
Description Sound Level Meter  
Serial Number D21491FB

### 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

22 November 2012

Calibration Certificate Number

202199

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: 8 Estimación de riesgos**

<b>CUALIFICACIÓN O ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO - METODO TRIPLE CRITERIO - PGV</b>											
<b>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA</b>			<b>GRAVEDAD DEL DAÑO</b>			<b>VULNERABILIDAD</b>			<b>ESTIMACION DEL RIESGO</b>		
<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>LIGERAMENTE DAÑINO</b>	<b>DAÑINO</b>	<b>EXTREMADAMENTE DAÑINO</b>	<b>MEDIANA GESTIÓN (acciones puntuales, aisladas)</b>	<b>INCIPIENTE GESTIÓN (protección personal)</b>	<b>NINGUNA GESTIÓN</b>	<b>RIESGO MODERADO</b>	<b>RIESGO IMPORTANTE</b>	<b>RIESGO INTOLERABLE</b>
1	2	3	1	2	3	1	2	3	4 Y 3	6 Y 5	9, 8 Y 7

<b>RIESGO MODERADO</b>	<b>RIESGO IMPORTANTE</b>	<b>RIESGO INTOLERABLE</b>
------------------------	--------------------------	---------------------------

Para cualificar el riesgo (estimar cualitativamente), el o la profesional, tomará en cuenta criterios inherentes a su materialización en forma de accidente de trabajo, enfermedad profesional o repercusiones en la salud mental. ESTIMACIÓN: Mediante una suma del puntaje de 1 a 3 de cada parámetro establecerá un total, este dato es primordial para determinar prioridad en la gestión.

## ANEXO: 9 Gestión preventiva.

### GESTIÓN PREVENTIVA

FACTORES DE RIESGO PRIORIZADOS	FUENTE acciones de sustitución y control en el sitio de generación	MEDIO DE TRANSMISIÓN acciones de control y protección interpuestas entre la fuente generadora y el trabajador	TRABAJADOR mecanismos para evitar el contacto del factor de riesgo con el trabajador, EPPs, adiestramiento, capacitación	COMPLEMENTO apoyo a la gestión: señalización, información, comunicación, investigación
RUIDO	N/A	Paneles de aislamiento.	Uso de tapones u orejeras	
PROYECCION DE SOLIDOS	Utilizar la tronadora con sus accesorios de seguridad	N/A	Usar gafas para protección visual	
SOBRESFUERZO FÍSICO	Utilizar techos para el levantamiento y arrastre de las estructuras	N/A	Levantar los objetos de una forma ergonomica para evitar daños en la columna vertebral	
MANEJO DE HERRAMIENTA CORTANTE Y/O PUNZANTE	Extremar las precauciones al cortar objetos en pedazos cada vez más pequeños.	Las mesas de trabajo deben ser lisas y no tener astillas.	Al utilizar este tipo de herramientas se debe proteger las manos como la vista.	 
ESPACIO FÍSICO REDUCIDO	N/A	N/A	Encontrar la forma ergonomica de trabajar en espacios reducidos	
OBSTACULOS EN EL PISO	Mantener en orden las herramientas	Limpiar el piso de materiales o herramientas para circular con seguridad.	Atencion con los obstaculos al circular.	
TRABAJO EN ALTURA	N/A	Buscar partes fijas de la estructura para poder anclar el arnes	Uso de ameses de seguridad	
LEVANTAMIENTO MANUAL DE OBJETOS	Buscar aligerar el peso a levantar	N/A	Levantar los objetos en lo posible entre dos personas y si es necesario tres.	
INADECUADA SUPERVISIÓN	N/A	Ubicar señalética para las distintas areas	Designar el estricto control en los EPP	
TEMPERATURAS ELEVADAS	N/A	Aislamiento del area donde se esta soldando	Utilizar mascara protectora para soldar, guantes y pechera de cuero	
ILUMINACIÓN EXCESIVA	N/A	N/A	Utilizar gafas protectoras oscuras para la visión.	
VENTILACIÓN INSUFICIENTE	N/A	Evitar encerrarse donde emiten los gases producidos por soldar.	Utilizar mascarillas para protegerse de los gases de la suelda.	
CAÍDA DE OBJETOS EN MANIPULACIÓN	Tener buen agarre en las herramientas al manipular	Prohibir el paso abajo donde se esta trabajando con herramientas o materiales	Usar el casco ptector para evitar golpes en la cabeza	 
QUEMADURAS POR ARCO ELECTRICO	N/A	Aislar el area donde se suelda	Protegerse con EPP como pechera, masca y protecciones para los brazos de cuero	
SUPERFICIES O MATERIALES CALIENTES	N/A	N/A	Uso de guantes para aislar latas temperaturas	
TRABAJO A PRESIÓN	Organizar las tareas diarias	N/A	Realizar las actividades	

## ANEXO 10: Normas NTP 950, NTP 951, NTP 952.

# Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): Incertidumbre de la medición

Strategies for measuring and assessing noise exposure (I): Measurement uncertainty.  
Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (I) : l'incertitude de mesure.

### Redactores:

Julia García Ruiz-Barrán  
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS  
TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendoza  
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES  
DE TRABAJO

En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 951 y 952, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. Esta NTP se centra en el cálculo de la incertidumbre. La bibliografía se ha incluido al final de la NTP 952.

Vigencia	Actualizada	Observaciones
VALIDA		Complementado por las NTP 951 y 952. Junto con las NTP 951 y 952 sustituyen a la NTP 270

## 1. INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, introdujo el concepto de incertidumbre en su articulado. Este hecho ha obligado a considerar el dato de la incertidumbre en la expresión final del resultado de una medición de ruido, tal y como ya reflejaba la Directiva europea 2003/10/CE, de la que emana la citada norma española.

En su Anexo II, el citado real decreto establece la necesidad de comparar el resultado de la medición de ruido con los valores de referencia teniendo en cuenta el intervalo de incertidumbre asociado. Asimismo, dispone que la determinación del referido intervalo de incertidumbre se llevará a cabo de conformidad con la práctica metroológica.

En el marco de esa práctica metroológica, la Norma UNE-EN ISO 9612:2008 aporta un método para la medición de la exposición al ruido de los trabajadores y para el cálculo del nivel de exposición y de la incertidumbre asociada.

Durante el proceso de redacción de la mencionada norma, se elaboró la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006, publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el año 2008. El Apéndice 5 de dicha Guía Técnica, que recoge los aspectos relativos a las mediciones del nivel del ruido, se inspiró en un borrador de la mencionada norma que, finalmente, no coincidió con la versión definitiva de la misma.

## 2. CONCEPTOS RELATIVOS A LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO

El resultado de la medición de cualquier magnitud física, como es el ruido, debe ir acompañado de una indicación de la calidad de dicho resultado, de manera que quienes manejen ese dato puedan evaluar la idoneidad del mismo. Sin esta indicación, que es precisamente la incertidumbre, las mediciones no podrían compararse entre sí ni con valores de referencia.

La incertidumbre de medida se define como el parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando (siendo el mensurando la magnitud particular objeto de la medición). En el caso de la medición de la exposición laboral al ruido, el mensurando es el nivel de exposición diario equivalente,  $L_{Aeq}$ .

Por lo general, en la realización de cualquier medición (no sólo de la exposición al ruido) se cometen imperfecciones que dan lugar a un error en el resultado de la medición.

Los términos error e incertidumbre no son sinónimos, sino que se trata de conceptos diferentes.

El error se define como la diferencia entre el resultado de una medición y el valor verdadero del mensurando. Se trata, por tanto, de un valor y de un concepto ideal que, como tal, puede no conocerse con exactitud jamás. La incertidumbre, en cambio, es un rango, se estima para un procedimiento de medición y, posteriormente, se aplica

# Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición

*Strategies for measuring and assessing noise exposure (I): Measurement uncertainty.  
Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (I) : l'incertitude de mesure.*

## Redactores:

Julia García Ruiz-Bazán  
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS  
TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendaza  
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES  
DE TRABAJO

*En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 951 y 952, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. Esta NTP se centra en el cálculo de la incertidumbre. La bibliografía se ha incluido al final de la NTP 952.*

Vigencia	Actualizada	Observaciones
VÁLIDA		Complementada por las NTP 951 y 952. Junto con las NTP 951 y 952 sustituyen a la NTP 270

## 1. INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, introdujo el concepto de incertidumbre en su articulado. Este hecho ha obligado a considerar el dato de la incertidumbre en la expresión final del resultado de una medición de ruido, tal y como ya reflejaba la Directiva europea 2003/10/CE, de la que emana la citada norma española.

En su Anexo II, el citado real decreto establece la necesidad de comparar el resultado de la medición de ruido con los valores de referencia teniendo en cuenta el intervalo de incertidumbre asociado. Asimismo, dispone que la determinación del referido intervalo de incertidumbre se llevará a cabo *de conformidad con la práctica metrológica*.

En el marco de esa práctica metrológica, la Norma UNE EN ISO 9612:2009 aporta un método para la medición de la exposición al ruido de los trabajadores y para el cálculo del nivel de exposición y de la incertidumbre asociada.

Durante el proceso de redacción de la mencionada norma, se elaboró la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006, publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el año 2008. El Apéndice 5 de dicha Guía Técnica, que recoge los aspectos relativos a las mediciones del nivel del ruido, se inspiró en un borrador de la mencionada norma que, finalmente, no coincidió con la versión definitiva de la misma.

## 2. CONCEPTOS RELATIVOS A LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO

El resultado de la medición de cualquier magnitud física, como es el ruido, debe ir acompañado de una indicación de la *calidad* de dicho resultado, de manera que quienes manejen ese dato puedan evaluar la idoneidad del mismo. Sin esta indicación, que es precisamente la incertidumbre, las mediciones no podrían compararse entre sí ni con valores de referencia.

La incertidumbre de medida se define como el parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando (siendo el mensurando la magnitud particular objeto de la medición). En el caso de la medición de la exposición laboral al ruido, el mensurando es el nivel de exposición diario equivalente,  $L_{Aeq,d}$ .

Por lo general, en la realización de cualquier medición (no sólo de la exposición al ruido) se cometen imperfecciones que dan lugar a un error en el resultado de la medición.

Los términos error e incertidumbre no son sinónimos, sino que se trata de conceptos diferentes.

El *error* se define como la diferencia entre el resultado de una medición y el valor verdadero del mensurando. Se trata, por tanto, de un valor y de un concepto ideal que, como tal, puede no conocerse con exactitud jamás. La *incertidumbre*, en cambio, es un rango, se estima para un procedimiento de medición y, posteriormente, se aplica

a todas las determinaciones descritas en el mencionado procedimiento. Es una expresión del hecho de que, para un mensurando y un resultado de medida dados, no existe un único valor, sino un infinito número de valores dispersos en torno al resultado que son compatibles con todas las observaciones, datos y conocimientos que se poseen y que, con diferentes grados de credibilidad, pueden atribuirse al mensurando.

En la realización de una medición de la exposición al ruido existen numerosas fuentes posibles de incertidumbre debidas tanto a errores como a alteraciones naturales de las condiciones de trabajo. La exactitud y precisión de la medición de la exposición al ruido, objetivos primordiales, van a depender fundamentalmente de un conocimiento profundo de la/s exposición/es, de los aparatos empleados y de la estimación de los tiempos de exposición.

Entre las posibles fuentes de incertidumbre cabe destacar:

- La instrumentación empleada y su calibración.
- La posición del micrófono.
- Las variaciones en el trabajo diario, en las condiciones operativas, etc.
- El tipo de muestreo llevado a cabo, como tal.
- Falsas contribuciones, tales como el viento, corrientes de aire o impactos en el micrófono.
- Un análisis inicial de las condiciones de trabajo deficiente.
- Las contribuciones de fuentes de ruido atípicas tales como conversaciones, música, señales de alarma o comportamientos anormales.

Los errores derivados de los posibles impactos sobre el micrófono, las corrientes de aire o las contribuciones anómalas deben ser controlados y minimizados al máximo, en la medida de lo posible.

Las demás fuentes de incertidumbre en la medición de ruido, por su parte, deben ser también controladas pero en algunos casos imposibles de minimizar. Para su evaluación, son tratadas matemáticamente de forma independiente. Cada componente de incertidumbre se expresa como una desviación estándar y se denomina incertidumbre estándar,  $u_i$ .

Para el resultado de la medición de ruido, se calcula la incertidumbre estándar combinada,  $u$ , que proviene de la combinación de todas las componentes de la incertidumbre estándar,  $u_i$ . Las contribuciones de cada componente se calculan utilizando los correspondientes coeficientes de sensibilidad,  $c_i$ . El cálculo es mediante la ecuación:

$$u^2 = \sum c_i^2 u_i^2$$

La incertidumbre estándar combinada,  $u$ , de una función,  $y$ , es la raíz cuadrada de la suma de ciertos términos que son las varianzas de las variables medibles ponderadas de acuerdo a la importancia, que la variación de cada una, tiene en el resultado final. Los coeficientes de sensibilidad (también llamados de ponderación) son las derivadas parciales de la función respecto a las variables medibles.

$$u^2(y) = \left(\frac{\partial y}{\partial x_1}\right)^2 u^2(x_1) + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2}\right)^2 u^2(x_2) + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_n}\right)^2 u^2(x_n)$$

La incertidumbre estándar combinada  $u$  de la función  $y$  es una estimación de la desviación estándar y caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pueden ser atribuidos al mensurando, y  $u(x_i)$  es la incertidumbre

estándar asociada a las variables medidas. Esta última, cuando se han realizado varias mediciones y se dispone de  $N$  valores se calcula a partir de la desviación estándar ( $\sigma$ ) de la muestra de la siguiente manera:

$$u(x_i) = \frac{\sigma(x_i)}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N [x_{ij} - \bar{x}_i]^2}{N(N-1)}}$$

A partir de la incertidumbre estándar combinada,  $u$ , se obtiene la incertidumbre expandida,  $U$ , que aporta el intervalo dentro del cual se encuentra el valor del mensurando con un determinado nivel de confianza. Se calcula multiplicando la incertidumbre estándar combinada,  $u$ , por un factor de cobertura,  $k$ , que es función del nivel de confianza que queramos asumir.

$$U = k u$$

En este punto se puede escoger entre un intervalo de confianza unilateral o un intervalo de confianza bilateral simétrico. De este modo, el resultado de la medición de la exposición al ruido vendría dado, en el primer caso, por la expresión:

$$L_{Aeq,d} + U$$

Y en el segundo caso por la expresión:

$$L_{Aeq,d} \pm U$$

En cada caso, el valor del factor de cobertura,  $k$ , varía, adoptando los valores de la tabla 1 para una distribución logarítmica normal, como es la que se asume para los valores de exposición al ruido.

Nivel de confianza	k	
	Intervalo bilateral simétrico	Intervalo unilateral
90	1,645	1,2816
95	1,96	1,645
95.45	2	-
97.5	-	1,96

Tabla 1. Valores del factor de cobertura,  $k$ , para una distribución normal y en función del intervalo

Este es el proceso matemático habitual y adoptado en la Norma UNE EN ISO 9612:2009, que propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza.

### 3. COMPONENTES DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DEL RUIDO

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 propone tres estrategias de medición (tareas, puesto de trabajo (función) o jornada completa) de cara a garantizar la representatividad de una medición de la exposición al ruido, aportando también los cálculos necesarios para la obtención de las correspondientes incertidumbres.

Para cada estrategia de muestreo existe un trata-

miento matemático diferente de las componentes de la incertidumbre asociada al resultado. Sin embargo, las incertidumbres debidas tanto a los instrumentos de medida empleados como a la posición del micrófono son comunes a las tres estrategias, tal y como se describe a continuación.

**Incertidumbre debida a los instrumentos de medida empleados,  $u_2$**

En función del instrumento de medida utilizado, se aplicará un valor de incertidumbre estándar diferente.

La utilización de un sonómetro de clase 1, según las especificaciones de la norma UNE EN 61672-1:2005, conlleva un menor valor de incertidumbre estándar, al tratarse de equipos más precisos y con límites de tolerancia menores.

Sin embargo, el empleo de un sonómetro de clase 2, según las especificaciones de la norma UNE EN 61672-1:2005, o de un dosímetro, que cumpla con la norma UNE EN 61252/A1:2003, supone aplicar un valor mayor de incertidumbre estándar.

Los valores a aplicar según la Norma UNE EN ISO 9612:2009 se recogen en la tabla 2.

Como ya se comentó al inicio del presente documento, para la elaboración de la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006 del INSHT se empleó un borrador de la Norma UNE EN ISO 9612:2009. Dicho borrador incluía valores inferiores a los reflejados en la tabla 2 para la incertidumbre estándar de los instrumentos de medida, tal y como recoge la citada Guía Técnica.

Tipo de instrumento	$u_2$
Sonómetro Clase 1	0,7 dB
Dosímetro personal	1,5 dB
Sonómetro Clase 2	1,5 dB

Tabla 2. Incertidumbre estándar de los instrumentos

Para el posterior cálculo de la incertidumbre expandida, estos valores de incertidumbre estándar debida a los instrumentos de medida se multiplican por un coeficiente de sensibilidad,  $c_i$ . En el caso de las estrategias de muestreo basadas en el puesto de trabajo (función) y en la jornada completa, este coeficiente tiene un valor de 1. En el caso de la estrategia de muestreo basada en la tarea, requiere de un cálculo matemático específico que se desarrolla en la parte II de esta NTP.

**Incertidumbre debida a la posición del micrófono,  $u_3$**

La Norma UNE EN ISO 9612:2009, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB.

Sin embargo, conviene señalar que la Guía Técnica refleja diferentes valores para esta incertidumbre estándar, en función del instrumento empleado y la ubicación del trabajador.

# Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias

*Strategies for measuring and assessing noise exposure (II): Types of strategies*  
*Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (II) : types de stratégies*

## Redactores:

Julia García Ruiz-Bazán  
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS  
TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendaza  
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES  
DE TRABAJO

*En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 950 y 952, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. Esta NTP trata de la planificación de las mediciones. La bibliografía se ha incluido al final de la NTP 952.*

Vigencia	Actualizada	Observaciones
VÁLIDA		Complementada por las NTP 950 y 952. Junto con las NTP 950 y 952 sustituyen a la NTP 270

## 1. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO CON EXPOSICIÓN AL RUIDO

El desconocimiento de las características de las exposiciones, es decir, de las condiciones de trabajo en lo que respecta a la exposición al ruido es una de las fuentes de incertidumbre más importantes. Se trata asimismo de una fuente de incertidumbre no evaluable o medible por lo que su control y minimización son muy importantes. Por todo ello, es imprescindible un análisis previo de dichas condiciones en el que deberá participar activamente la empresa en cuestión, tanto los mandos como los trabajadores expuestos, en estrecha colaboración con el técnico de prevención.

La figura 1 muestra el diagrama de flujo de la metodología global aquí descrita.

El objetivo básico de esta metodología es preparar un plan de medición que permita obtener una evaluación representativa y fiable de la exposición.

En primer lugar, conviene realizar un análisis de las condiciones de trabajo lo más exhaustivo posible, estudiando las características de la empresa. El técnico de prevención deberá, asimismo, contrastar los datos aportados con las siguientes fuentes de información:

- Observaciones propias de las condiciones existentes.
- Entrevistas con los mandos y los trabajadores expuestos.
- Si existe una evaluación de la exposición al ruido previa, es importante su consulta.
- En algunos casos, incluso resultará conveniente el realizar medidas puntuales “exploratorias”, sobre todo en el caso de situaciones en cierto modo desconocidas.

Con todo ello, el técnico de prevención debe:

1. Delimitar en qué áreas de trabajo deberá llevarse a cabo la evaluación de la exposición al ruido.

2. Sobre qué puestos de trabajo o trabajadores deberá realizarse la evaluación y si existe la posibilidad de constituir Grupos de exposición homogénea (en adelante GEH).
3. Tener en cuenta si existe la posibilidad de que ocurran episodios de ruido significativos en la jornada de trabajo.

## 2. GRUPOS DE EXPOSICIÓN HOMOGÉNEA (GEH)

Un Grupo de exposición homogénea (GEH) es un grupo de trabajadores asignados a puestos de trabajo o tareas similares que están expuestos de forma análoga a fuentes de ruido semejantes. La definición de un GEH requiere del criterio profesional de un técnico de prevención en base a la información recabada con anterioridad.

Los GEH pueden constituirse siguiendo diferentes criterios: en función del puesto de trabajo, de la tarea a desarrollar, del área de trabajo o incluso según el proceso productivo. Su constitución permite muestrear sobre un número representativo de trabajadores de exposición similar. Sin embargo, se trata de un proceso complejo ya que, por un lado, GEH demasiado grandes supondrán exposiciones no del todo homogéneas y, por otro lado, GEH demasiado pequeños conllevarán un mayor esfuerzo de medición. Un GEH puede estar constituido por un solo trabajador, si su exposición es muy específica.

## 3. ESTUDIO DE UNA JORNADA DE TRABAJO NOMINAL

Con el objetivo de obtener una visión general y una comprensión global de todos los factores que van a influir en

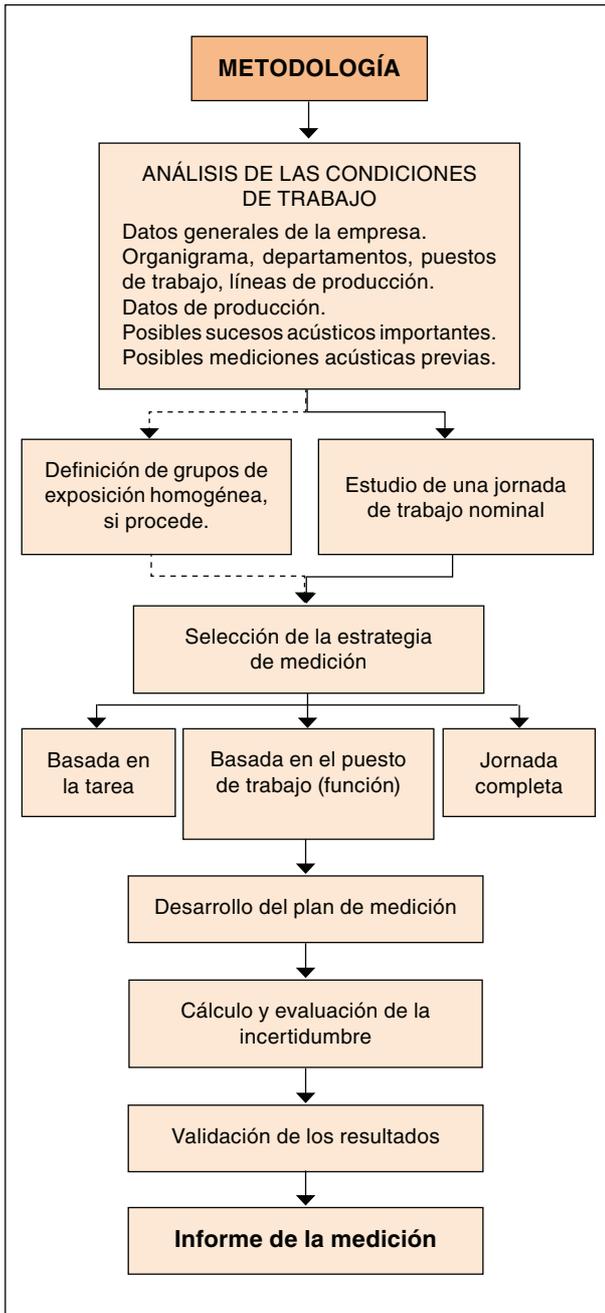


Figura 1. Metodología de actuación para la medición del ruido

la exposición al ruido, conviene determinar una jornada de trabajo nominal, contemplando los siguientes aspectos de la misma:

- Tareas que se realizan, incluyendo sus características y su duración, y variaciones entre las diferentes tareas.
- Principales fuentes de ruido y áreas de trabajo más ruidosas.
- Patrón de trabajo y episodios de ruido significativos que puedan influir en el nivel de ruido.
- Número y duración de posibles descansos, reuniones, etc. y su inclusión o no dentro de la jornada de trabajo habitual.

Esta jornada de trabajo nominal será objeto de la medición para determinar la exposición al ruido, pudiendo tratarse de la jornada en la que se prevea una exposición mayor. En aquellos casos en los que el trabajo varíe notablemente de una jornada a otra, puede ser necesario el

utilizar el promedio semanal, definido en el Real Decreto 286/2006.

#### 4. SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

Las tres estrategias de medición desarrolladas para la determinación de la exposición al ruido en el trabajo son:

- Basada en la tarea:* el trabajo a realizar en la jornada laboral se subdivide en un determinado número de tareas representativas que son medidas independientemente.
- Basada en el puesto de trabajo (función):* la medición se realiza sobre trabajadores que desarrollan diferentes tareas en su puesto de trabajo, difícilmente subdivisibles y, por lo general, en el marco de un GEH.
- Jornada completa:* la medición se lleva a cabo a lo largo de toda la jornada laboral.

La selección de la estrategia de medición más apropiada va a depender de muchos factores tales como el objeto de la medición, la complejidad de las condiciones de trabajo, el número de trabajadores expuestos, la duración de la exposición a lo largo de la jornada de trabajo, e incluso del tiempo disponible por el técnico de prevención para la medición en sí misma y para el posterior análisis de los resultados.

Asimismo, la selección se basará en el conocimiento previo de la exposición al ruido de que se disponga. Cada una de las estrategias presenta diferentes peculiaridades que la hacen más o menos apropiada para cada situación y que se desarrollan en los siguientes apartados.

#### 5. ESTRATEGIA BASADA EN LA TAREA

La jornada de trabajo nominal estudiada debe poder dividirse en tareas u operaciones diferentes y concretas, de manera que durante la realización de cada una de ellas el trabajador tenga una exposición al ruido similar, es decir, que se obtengan valores de  $L_{Aeq,T}$  homogéneos.

Ejemplos de aplicación:

- Taller de corte de piezas y posterior soldadura de las mismas.
- Cadena de montaje de la industria del automóvil.

Las claves del enfoque por tareas son las siguientes:

- Amplio y profundo conocimiento de las condiciones de trabajo.
- Tener en cuenta los posibles episodios de exposición a ruido significativos y asegurarse de que están incluidos en las tareas definidas y en los períodos de medición.
- La estimación de la duración de la tarea es fundamental y es un factor de incertidumbre a calcular posteriormente.
- Tiempos de medición cortos, menor esfuerzo de medición que las otras estrategias.

Cuando resulta aplicable, esta estrategia aporta una valiosa información sobre las contribuciones de las diferentes tareas u operaciones al nivel de exposición diario global. Esto supone una gran ventaja si el objetivo es priorizar actuaciones preventivas en el marco de un programa de control de la exposición al ruido.

Asimismo, esta estrategia permite la posibilidad de calcular el nivel de exposición al ruido de jornadas de trabajo diferentes a aquéllas en las que se han llevado a cabo las mediciones propiamente dichas, en función

de la distribución y la duración de las tareas definidas y medidas.

### Duración de la tarea

La duración de la tarea puede ser estimada a partir de la información obtenida de los trabajadores y demás personal entrevistado o bien puede medirse tras repetidas observaciones.

Se calculará entonces la media aritmética,  $\bar{T}_m$ , de la duración de cada tarea  $m$  a partir de los  $J$  valores obtenidos,  $T_{m,j}$ , aplicando la siguiente ecuación:

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

La suma de las duraciones de las diferentes tareas,  $T_m$ , se corresponderá con la duración de la jornada de trabajo nominal,  $T_e$ , según la ecuación:

$$T_e = \sum_{m=1}^M \bar{T}_m \quad (2)$$

donde  $T_m$  es la duración media de la tarea  $m$  y  $M$  es el número total de tareas identificadas.

### Obtención de $L_{Aeq,d}$ en la estrategia basada en la tarea

Para cada tarea,  $m$ , se medirá el  $L_{Aeq,T,m}$  correspondiente.

La duración de cada medición se prolongará lo suficiente como para que sea ésta representativa de la exposición al ruido durante el desarrollo de la tarea en cuestión.

En este sentido, se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Si la tarea dura menos de 5 minutos, la duración de cada medición será equivalente a la duración de la tarea.
- Para tareas de más de 5 minutos, la medición durará, al menos, 5 minutos.
- Si el ruido es cíclico a lo largo de la tarea, cada medida debe cubrir, al menos, 3 ciclos bien definidos. Si la duración de 3 ciclos definidos es menor de 5 minutos, cada medida debe durar, al menos, 5 minutos. La duración de cada medición debe corresponderse siempre con la duración de un determinado número de ciclos enteros.
- También puede optarse por tiempos de medición menores en los casos en los que el nivel de ruido sea constante o bien la tarea contribuya muy poco al nivel de exposición global<sup>1</sup>.

En cuanto al número de mediciones a realizar, la norma considera que deben llevarse a cabo, al menos, 3 medidas. Atendiendo a los resultados de estas 3 mediciones, si los valores difieren en 3 dB o más se deberá:

- a) Llevar a cabo 3 o más mediciones de la tarea,
- b) o bien revisar la definición de las tareas y subdividir en tareas más sencillas,
- c) o bien repetir las medidas pero con mayores tiempos de medición.

Con ello lo que se pretende es reducir la incertidumbre asociada.

1. A título orientativo, el NORDTEST METHOD (ver referencia bibliográfica al final de la parte III de esta NTP) considera que si el nivel de presión sonora es inferior en 10dB al valor de referencia su contribución es mínima

Ejemplo: Un trabajador realiza dos tareas A y B bien definidas a lo largo de su jornada laboral de 8h, con una pausa de 30 minutos. La tarea A se realiza durante 5 h. Se trata de una tarea cíclica, cuyos ciclos duran 6 minutos. La tarea B no es cíclica y se lleva a cabo durante 2,5 h.

¿qué tiempos de medición se deberían emplear?

Para la tarea A se tienen que cubrir al menos 3 ciclos en la medición, es decir, la duración mínima de la medida sería de 18 minutos. Y se deben realizar 3 mediciones de dicha duración.

Para la tarea B se llevarán a cabo 3 mediciones de al menos 5 minutos.

A continuación, se calcula el  $L_{Aeq,T,m}$  correspondiente a cada tarea mediante la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \lg \left[ \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,mi}} \right] \text{dB(A)} \quad (4)$$

donde  $L_{Aeq,T,mi}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición y  $I$  es el número total de mediciones de la tarea llevadas a cabo.

A partir de aquí, para calcular el nivel de exposición diario equivalente global,  $L_{Aeq,d}$ , hay dos opciones:

1. Por un lado, puede calcularse el nivel de exposición diario equivalente para cada tarea  $m$ ,  $L_{Aeq,d,m}$  mediante la siguiente expresión (5):

$$L_{Aeq,d,m} = L_{Aeq,T,m} + 10 \lg \left[ \frac{\bar{T}_m}{T_0} \right] \text{dB(A)} \quad (5)$$

Y a continuación, calcularse el nivel de exposición diario equivalente global,  $L_{Aeq,d}$ , mediante la ecuación (6):

$$L_{Aeq,d} = 10 \lg \left[ \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,mi}} \right] \text{dB(A)} \quad (6)$$

donde  $M$  es el nº total de tareas.

2. O bien, obtener directamente el nivel de exposición diario equivalente global,  $L_{Aeq,d}$ , a partir de los  $L_{Aeq,T,m}$  correspondientes a cada tarea, calculados según ecuación (4), mediante la expresión matemática (7) a continuación:

$$L_{Aeq,d} = 10 \lg \left[ \sum_{m=1}^M \left( \frac{\bar{T}_m}{T_0} \right) \times 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,m}} \right] \text{dB(A)} \quad (7)$$

donde  $T_0$  es el tiempo de referencia, en este caso siempre 8 horas.

### Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en la tarea

Teniendo en cuenta lo recogido en la parte I de esta NTP la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario  $u(L_{Aeq,d})$  se calcula a partir de las distintas contribuciones  $c_i u_i$  de las diferentes componentes de incertidumbre, según la siguiente ecuación (8):

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

donde  $m$  corresponde a cada tarea definida y  $M$  es el número total de tareas y además:

$u_{1a,m}$  es la incertidumbre estándar debida al muestreo por tareas.

$u_{1b,m}$  es la incertidumbre estándar debida al cálculo de la duración de la tarea.

$u_{2,m}$  es la incertidumbre estándar debida al instrumento de medida empleado.

$u_3$  es la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono.

$c_{1a,m}$  y  $c_{1b,m}$  son los diferentes coeficientes de sensibilidad. La Norma UNE EN ISO 9612:2009 considera que los coeficientes de sensibilidad debidos tanto al instrumento de medida empleado,  $c_{2,m}$ , como a la posición del micrófono,  $c_{3,m}$ , son iguales al del muestreo por tareas,  $c_{1a,m}$ , de forma que en la fórmula se ha simplificado y sólo queda reflejado éste último.

Los valores de  $u_{2,m}$  y  $u_3$  son los recogidos en la parte I de esta NTP.

A continuación se muestra el cálculo para los restantes parámetros de la fórmula (8).

Los coeficientes de sensibilidad se calculan según:

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \times (L_{AeqT,m} - L_{Aeq,d})} \quad (9)$$

$$c_{1b,m} = 4,34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m} \quad (10)$$

Las incertidumbres estándar se calculan según:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[ \sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,mi} - \bar{L}_{Aeq,T,m})^2 \right]} \quad (11)$$

siendo  $I$  el número total de mediciones de la tarea.

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[ \sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]} \quad (12)$$

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

Asimismo, cuando se trate de rangos de tiempo, es posible aproximar la incertidumbre estándar debida a la duración de la tarea mediante la fórmula:

$$u_{1b,m} = 0,5 \times (T_{máx} - T_{mín}) \quad (13)$$

Por último, la incertidumbre expandida se calcularía según lo recogido en la parte I de esta NTP.

## 6. ESTRATEGIA BASADA EN EL PUESTO DE TRABAJO (FUNCIÓN)

Esta estrategia es útil cuando no es sencillo describir el patrón de trabajo y dividirlo en tareas bien definidas. También se aplica cuando no resulta práctico llevar a cabo un análisis de las condiciones de trabajo muy detallado y, por lo tanto, no es necesario un conocimiento de las mismas tan exhaustivo como ocurriría en el caso de la estrategia por tareas.

Se realizan mediciones aleatorias entre los diferentes trabajadores que ocupan puestos de trabajo equivalentes o de exposiciones al ruido muy similares, por lo general, en el marco de un GEH.

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 no recomienda el empleo de esta estrategia cuando el trabajo consta de un pequeño número de tareas muy ruidosas.

El desarrollo de esta estrategia conlleva un mayor tiempo de medición pero el resultado final suele presentar una incertidumbre menor.

Ejemplos de aplicación:

- Línea de emblistado, encajado y empaquetado de una industria farmacéutica.
  - Línea de plegado/tren de acabados de una imprenta.
- Al igual que en el caso de la estrategia basada en la tarea, es imprescindible no descuidar los posibles episodios de elevada exposición al ruido durante el tiempo de medición.

Ambas estrategias - la basada en la tarea y la basada en el puesto de trabajo (función) - no son excluyentes y puede haber casos en los que puedan aplicarse ambas, con resultados igualmente representativos de la exposición.

### Plan de medición en la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)

Una vez identificados los puestos de trabajo a evaluar, deben definirse los GEH que correspondan.

En función del número de trabajadores que constituyan de cada GEH, existe una duración mínima de la duración de la medición, a distribuir entre los miembros de dicho GEH. La tabla 1 muestra el cálculo a realizar.

Número de trabajadores del GEH $n_G$	Duración mínima acumulada de la medición a distribuir entre los miembros del GEH
$n_G \leq 5$	5h
$5 < n_G \leq 15$	5h + $(n_G - 5) \times 0,5$ h
$15 < n_G \leq 40$	10h + $(n_G - 15) \times 0,25$ h
$n_G > 40$	17h ó subdividir el GEH

Tabla 1. Duración mínima del muestreo en función del nº de trabajadores del GEH

A continuación, teniendo en cuenta que según esta estrategia, deben realizarse, como mínimo, 5 mediciones, se determina el número de medidas y la duración de las mismas de manera que se cumpla la duración mínima obtenida de la tabla 1 o bien se supere.

Ejemplo de cálculo de duración de la medición para un GEH dado, según tabla 1:

Se constituye un GEH de 15 trabajadores. El plan de medición será como sigue:

- La duración mínima acumulada de la medición es de 10 h, según la tabla 1
- Se decide realizar 5 mediciones de 2 h cada una
- Se escogen aleatoriamente 5 trabajadores sobre los realizar las mediciones del tiempo estipulado y a lo largo de la jornada de trabajo.

A la vista del ejemplo de cálculo de duración mínima acumulada, se aprecia el mayor esfuerzo de medición que

supone la estrategia basada en el puesto de trabajo (función), frente a la estrategia basada en la tarea. Además, en el cómputo posterior de la incertidumbre no se contempla la componente debida al cálculo de la duración de la tarea (a menudo muy importante).

**Obtención de  $L_{Aeq,d}$  en la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)**

El  $L_{Aeq,Te}$  correspondiente a cada puesto de trabajo definido en el marco de un GEH se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,n}} \right] \text{ dBA} \quad (14)$$

donde  $L_{Aeq,T,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición y  $N$  es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

Es importante señalar que el valor de  $T_e$  se define como el correspondiente a la duración efectiva de la jornada de trabajo y, por lo tanto, NO es el de la duración de cada medición individual realizada sobre los miembros del GEH, según los cálculos de la tabla 1.

A continuación, se promedia a 8 horas para obtener el  $L_{Aeq,d}$  en el marco de la estrategia basada en el puesto de trabajo:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,Te} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{ dB(A)} \quad (15)$$

**Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)**

Teniendo en cuenta lo recogido en la parte I de esta NTP, la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario  $u(L_{Aeq,d})$  se calcula a partir de las diferentes contribuciones  $c_i u_i$  de las diferentes componentes de incertidumbre, según la ecuación (16):

$$u^2(L_{Aeq,d}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad (16)$$

El valor del factor  $c_1 u_1$  es función del número de mediciones,  $N$ , llevadas a cabo durante el muestreo y del valor de la componente de incertidumbre  $u_1$  asociada a los valores de  $L_{Aeq,T,n}$  obtenidos.

De esta manera, el valor de  $u_1$  se calcula según la fórmula (17):

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{Aeq,T,n} - \bar{L}_{Aeq,T})^2 \right]} \quad (17)$$

donde:

$L_{Aeq,T,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición.

$N$  es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

$\bar{L}_{Aeq,T}$  es la media aritmética de las  $N$  muestras de nivel de presión sonora equivalente realizadas.

Cabe destacar que este valor de  $u_1$  sólo se calcula para

utilizarlo como entrada en la tabla 3<sup>2</sup>, junto con el valor de  $N$ , y obtener el valor del factor  $c_1 u_1$ .

De cara a una validación de los datos obtenidos, al igual que en el caso de la estrategia por tareas, la norma establece que si el factor  $c_1 u_1$  obtenido de la tabla 3 es superior a 3,5 dB (resaltados en negrita) se debe revisar el plan de medición diseñado y estudiar la posibilidad bien de modificar los GEH definidos o bien de aumentar el número de mediciones,  $N$ , con objeto de reducir la incertidumbre.

Los coeficientes de sensibilidad  $c_2$  y  $c_3$  debidos, respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad. Por su parte, los valores de  $u_2$  y  $u_3$  son los recogidos en la parte I de esta NTP.

Por último, la incertidumbre expandida se calcularía según lo recogido en la parte I de esta NTP.

**7. ESTRATEGIA BASADA EN LA JORNADA COMPLETA**

Esta estrategia cubre la jornada de trabajo por entero, incluyendo tanto exposiciones elevadas al ruido como períodos de menor nivel o “silenciosos”.

La estrategia basada en la jornada completa resulta útil cuando no es sencillo o práctico el describir o “disecionar” el patrón de trabajo, al igual que ocurría en el caso de la estrategia basada en el puesto de trabajo. Por ello, requiere un menor esfuerzo de análisis de las condiciones de trabajo pero, a cambio, supone mayor esfuerzo de tiempo de medición.

Se recomienda especialmente cuando la exposición al ruido se desconoce en mayor o menor grado, o bien es impredecible o excesivamente compleja. Se emplea también cuando quieren cubrirse todas las contribuciones a la exposición al ruido con total seguridad. Sin embargo, precisamente por este motivo, hay un mayor riesgo de registrar contribuciones falsas (impactos en el micrófono, interferencias deliberadas o no, etc). Para minimizar este riesgo, conviene observar al trabajador durante el desarrollo de la medición, en la medida de lo posible, o bien preguntarle a la finalización de la jornada por las tareas desarrolladas y/o las ubicaciones en las que ha trabajado.

Los instrumentos más comúnmente empleados en esta estrategia son los dosímetros. Se recomienda además el empleo de instrumentos de medición personal dotados con registro temporal de la exposición, con el objeto de reparar dicho historial con el trabajador al final del turno y confirmar la actividad laboral desarrollada por éste. De esta forma, además, podrán eliminarse contribuciones irrelevantes e incluso detectar las tareas de mayor exposición.

Asimismo, es recomendable la realización de entrevistas con los trabajadores y los supervisores e incluso la realización de mediciones puntuales para verificar los niveles de exposición al ruido registrados por los dosímetros, todo ello con el objetivo de confirmar, en la medida de lo posible, la validez de las mediciones. También se contempla la posibilidad de medir determinadas tareas con objeto de contrastar los datos obtenidos, siguiendo la estrategia correspondiente del apartado 3 del presente documento.

2. En Abril de 2011 se publicó un erratum de la Norma UNE EN ISO 9612:2009 consistente en un archivo Excel que permite calcular la incertidumbre de medida del ruido y que aporta este factor  $c_1 u_1$ , sin necesidad de recurrir a la tabla 3 aquí reproducida.

N	Incertidumbre estándar $u_1$											
	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

Tabla 3. Valores (en dB) del factor  $c_1 u_1$ .

PATRÓN DE TRABAJO		ESTRATEGIA DE MEDICIÓN		
		Basada en la tarea	Basada en el puesto de trabajo (función)	Basada en la jornada completa
Puesto fijo	Tarea sencilla o única operación	RECOMENDADA	-	-
Puesto fijo	Tarea compleja o varias operaciones	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Patrón de trabajo definido y con pocas tareas	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Trabajo definido con muchas tareas o con un patrón de trabajo complejo	APLICABLE	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto móvil	Patrón de trabajo impredecible	-	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto fijo o móvil	Tarea compuesta de muchas operaciones cuya duración es impredecible	-	RECOMENDADA	APLICABLE
Puesto fijo o móvil	Sin tareas asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	-	RECOMENDADA	APLICABLE

Tabla 4. Selección de la estrategia de medición según el patrón de trabajo

#### Obtención de $L_{Aeq,d}$ en la estrategia basada en la jornada completa

Deben realizarse tres mediciones en tres jornadas de trabajo representativas de la exposición al ruido. Aunque, siempre que sea posible, debe cubrirse la jornada completa de trabajo, hay ocasiones en las que esto no es posible. En esos casos, se medirá la mayor parte de la jornada que sea factible, asegurándose de cubrir todos los períodos de exposición significativa.

Si los resultados de las tres jornadas medidas difieren en 3 dB o más, deberán medirse, al menos, dos jornadas más.

Se empleará la ecuación (14) para calcular la “media energética” de los diferentes  $L_{Aeq,T}$  registrados y posteriormente, mediante la ecuación (15) se obtiene el  $L_{Aeq,d}$ .

#### Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en la jornada completa

El procedimiento es el mismo que el descrito para el caso de la estrategia basada en el puesto de trabajo.

En primer lugar, se calculará el valor de  $u_1$  mediante la ecuación (17). Con el valor así calculado y con el número,  $N$ , de mediciones realizadas, se obtendrá el valor del factor  $c_1 u_1$  mediante el empleo de la tabla 3. Por

último, se empleará la ecuación (16) para el cálculo de la incertidumbre estándar y posteriormente, mediante la multiplicación por el factor de confianza que se considere, se obtendría el valor de la incertidumbre expandida,  $U$ .

## 8. OBSERVACIONES ADICIONALES

Existe la posibilidad de emplear más de una estrategia de medición en alguna ocasión. Pueden ocurrir casos en los que durante las jornadas en las que se llevan a cabo las

mediciones, bien siguiendo la estrategia basada en la jornada completa o la basada en la tarea, no se desarrollen algunas tareas que pueden contribuir significativamente a la exposición a ruido. En ese caso, se requerirán mediciones adicionales de dichas tareas.

También es posible que determinados trabajadores desarrollen su jornada laboral de manera desigual y durante la mañana se les aplique una estrategia para el cálculo de su exposición y durante la tarde otra estrategia diferente.

La tabla 4 recoge una guía para la selección de la estrategia de medición en función del patrón de trabajo.

# Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): ejemplos de aplicación

*Strategies for measuring and assessing noise exposure (III): Examples of application*  
*Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (III) : exemples d'application*

## Redactores:

Julia García Ruiz-Bazán  
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS  
TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendaza  
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES  
DE TRABAJO

En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 950 y 951, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. En esta NTP se muestran casos prácticos y se incluye la bibliografía correspondiente al documento completo.

Vigencia	Actualizada	Observaciones
VÁLIDA		Complementada por las NTP 950 y 951. Junto con las NTP 950 y 951 sustituyen a la NTP 270

## 1. CONSIDERACIONES PREVIAS

El decibelio es la unidad adimensional empleada para medir niveles de presión acústica. Es el logaritmo decimal de la razón entre el valor eficaz de la presión acústica medida y una presión acústica de referencia, expresadas ambas en Pascales. Se trata por tanto de una unidad (decibelio) que fluctúa en una escala logarítmica con una amplitud de rango de 0 a 140 frente a otra (Pascal) que varía en una escala aritmética normal con una amplitud muchísimo mayor, cuyo rango va de 20 a 200.000.000.

Debido a la diferencia de escalas entre ambos parámetros, pequeñas diferencias en la medición de un ruido expresadas en decibelios, representan un importante aumento de la energía asociada a ese ruido. Pero al mismo tiempo, esa diferencia en la amplitud de ambas escalas supone que las variaciones en decibelios expresadas a nivel de decimales se corresponden con variaciones poco significativas en la presión acústica.

Por ello, mientras en los cálculos de decibelios se puede emplear un decimal, al expresar el resultado final en las mediciones de ruido conviene redondear al número entero que corresponda.

Lo mismo ocurre en lo referente a la expresión de la incertidumbre asociada. No obstante, en los ejemplos de la presente NTP se ha optado por mantener un decimal para hacer notar las ligeras variaciones entre la aplicación de los diferentes factores de cobertura,  $k$ .

En lo que respecta a la valoración de los resultados, una vez calculado el nivel de exposición diario equivalente y el intervalo de incertidumbre asociado se debe comparar el resultado con los valores de referencia. La Norma UNE EN ISO 9612:2009 sólo considera un intervalo de confianza unilateral, de manera que lo que compara con el valor de referencia es la suma  $L_{Aeq,d} + U$ .

Sin embargo, la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006 asume un intervalo de confianza bilateral, de forma que se compara el valor de referencia con el intervalo comprendido entre  $L_{Aeq,d} - U$  y  $L_{Aeq,d} + U$ . En este caso, puede darse

la situación contemplada en el Anexo II del Real Decreto 286/2006, en la que el valor de referencia se sitúa dentro del intervalo de incertidumbre, esto es entre los valores  $L_{Aeq,d} - U$  y  $L_{Aeq,d} + U$ . Se puede optar entonces bien por suponer que se supera dicho valor de referencia o bien por incrementar el número de medidas y/o su duración con el objetivo de reducir el intervalo de incertidumbre.

Esta filosofía queda resumida en la tabla 1, extraída del Apéndice 5 de la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006.

Si $L_{A,eq,d} - U \leq L_{ref} \leq L_{A,eq,d} + U$	No se puede extraer una conclusión respecto a la superación del valor de referencia. Debe repetirse o ampliarse el muestreo y conseguir mayor precisión. Se puede optar, a efectos de prevención, por considerar que se sobrepasa el valor de referencia, $L_{ref}$
Si $L_{A,eq,d} + U \leq L_{ref}$	No se sobrepasa el valor de referencia
Si $L_{A,eq,d} - U > L_{ref}$	Se sobrepasa el valor de referencia

Tabla 1. Intervalos de decisión

Es importante señalar en este punto que el intervalo bilateral es el adecuado para conocer y expresar el valor de la exposición a ruido. Sin embargo, para la comparación con los valores de referencia, resulta más práctico emplear el intervalo unilateral superior, que para el mismo valor de coeficiente  $k$ , aporta un mayor nivel de confianza.

En los ejemplos de esta parte III de la NTP se reflejan ambos para dejar constancia de las diferencias que puede llegar a haber.

## 2. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO EN LA ESTRATEGIA BASADA EN LA TAREA

Se desea valorar la exposición a ruido en un puesto de trabajo de recuperación de vidrio en el que se realizan las siguientes operaciones:

- transporte con traspalé del material de vidrio
- descarga en tolva de molino con polipasto
- control del molino de triturar
- descargar molienda en container

Se puede optar por preguntar el tiempo de duración de cada tarea pero para mayor seguridad, en esta ocasión se mide el tiempo de duración de las operaciones que se indica en la tabla 2.

TAREA	Tiempo (minutos)		
Transporte con traspalé	10	9	9
Descarga en tolva	7	10	9
Control del molino	30	31	30
Descargar molienda en container	5	7	6

Tabla 2. Tiempo de duración de las tareas

Los trabajadores que ocupan el puesto a estudiar realizan el trabajo en tres turnos durante 8 horas por turno con 30 minutos de descanso, donde el nivel de presión sonora es menor de 72 dBA.

Se calcula que en cada turno realizan 7 ciclos completos del conjunto total de las cuatro tareas identificadas, repitiéndose tras la descarga el transporte con los traspalé vacíos. De este modo, las duraciones totales de las tareas serían las que se indican en la tabla 3.

TAREA	Tiempo (horas)		
Transporte con traspalé	2,33	2,10	2,10
Descarga en tolva	0,82	1,17	1,05
Control del molino	3,50	3,50	3,62
Descargar molienda en container	0,58	0,82	0,72

Tabla 3. Tiempo acumulado de duración de las tareas

Se decide realizar mediciones del  $L_{Aeq, T}$  durante las distintas operaciones, diferenciando bien entre ellas para conocer la aportación de las diferentes fuentes de ruido, con dosímetros personales y se obtienen los resultados indicados en la tabla 4.

TAREA	$L_{Aeq, T}$ (dBA)		
Transporte con traspalé	79,0	81,9	80,2
Descarga en tolva	90,6	92,2	90,0
Control del molino	85,8	86,2	85,0
Descargar molienda en container	85,4	80,2	79,5

Tabla 4. Niveles de presión sonora medidos en las tareas

Como la diferencia entre los valores obtenidos al descargar la molienda es demasiado grande se hacen otras tres mediciones aumentando un poco la duración de cada una. Los resultados se indican en la tabla 5.

TAREA	$L_{Aeq, T}$ (dBA)		
Descargar molienda en container	80,1	82,4	80,6

Tabla 5. Mediciones adicionales en la tarea de descarga

### Cálculo de la duración de la tarea

Se calculan las medias aritméticas,  $T$ , de la duración de cada tarea a partir de los valores obtenidos (Ecuación (1) de la parte II de esta NTP) (tabla 6).

TAREA	T (h)
Transporte con traspalé	2,2
Descarga en tolva	1,0
Control del molino	3,5
Descargar molienda en container	0,7

Tabla 6. Duración media acumulada de cada tarea

### Cálculo de los niveles de exposición equivalentes y diarios de cada tarea en dB(A)

(Ecuaciones (4) y (5) de la parte II de esta NTP) (tabla 7).

TAREA	$L_{A,eq,T}$	$L_{A,eq,d}$
Transporte con traspalé	80,5	74,9
Descarga en tolva	91,0	82,1
Control del molino	85,7	82,2
Descargar molienda en container	81,9	71,3

Tabla 7. Niveles de presión sonora medios por tarea

### Cálculo del nivel de exposición diario de la jornada habitual

(Ecuación (6) de la parte II de esta NTP)

El  $L_{A,eq,d}$  obtenido es de 86 dB(A)

### Cálculo de la incertidumbre asociada al nivel de exposición diario obtenido

El cálculo de los coeficientes de sensibilidad se realiza según las ecuaciones (9) y (10) de la parte II de esta NTP, los coeficientes de sensibilidad debidos al muestreo por tareas,  $C_{1a}$ , y al cálculo de la duración de la tarea,  $C_{1b}$ , para cada una de las cuatro tareas identificadas son los indicados en la tabla 8.

El cálculo de las incertidumbres estándar de cada tarea se efectúa según las ecuaciones (11) y (12) de la parte II de esta NTP, las incertidumbres estándar debidos al

TAREA	$c_{1a}$	$c_{1b}$
Transporte con traspalé	0.08	0.17
Descarga en tolva	0.43	1.86
Control del molino	0.44	0.55
Descargar molienda en container	0.04	0.23

Tabla 8. Coeficientes de ponderación  $C_{1a}$  y  $C_{1b}$  por tarea

muestreo por tareas,  $u_{1a}$ , y al cálculo de la duración de la tarea,  $u_{1b}$ , para cada una de las tres tareas identificadas se indican en la tabla 9.

TAREA	$u_{1a}$	$u_{1b}$
Transporte con traspalé	0,85	0,08
Descarga en tolva	0,66	0,10
Control del molino	0.35	0.04
Descargar molienda en container	0.93	0.07

Tabla 9. Incertidumbre estándar  $u_{1a}$  y  $u_{1b}$  por tarea

Según la parte I de esta NTP, los valores de la *incertidumbre combinada estándar* debidas al instrumento de medida empleado,  $u_2$ , y a la posición del micrófono,  $u_3$ , en este caso serían:  $u_2 = 1,5$  y  $u_3 = 1$ .

Según la ecuación (8) de la NTP 951 la incertidumbre combinada estándar,  $u$ , sería la indicada en la tabla 10.

Resultando  $u^2 = 1,44$  y  $u = 1,2$

### Cálculo de la incertidumbre expandida, U

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 aplica un factor de cobertura,  $k$ , para un intervalo unilateral de manera que, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 86 + 2,0 \text{ dB(A)}$$

Si aplicamos un factor de cobertura,  $k$ , para un intervalo bilateral simétrico, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} \pm U = 86 \pm 2,3 \text{ dB(A)}$$

Al comparar con los valores de referencia del Real Decreto 286/2006, en el primer caso el nivel de exposición diario equivalente es menor o igual que 88dB(A) en el 95% de los casos, de manera que se supera el nivel superior de exposición, sin lugar a dudas.

En el segundo caso, tendríamos un nivel de exposición diario equivalente que oscilaría entre los valores de 83,7 y de 88,3 dB(A). Siguiendo con la filosofía de la Guía Técnica, a efectos de prevención, se optaría por considerar que se supera el nivel superior de exposición.

### 3. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO EN LA ESTRATEGIA BASADA EN EL PUESTO DE TRABAJO (FUNCIÓN)

Se trata de una pequeña empresa de artes gráficas con varios equipos de impresión offset en una misma nave. Los 5 trabajadores son considerados como un Grupo de Exposición Homogénea, desarrollando todos ellos su trabajo en diferentes puntos de la nave y estando expuestos de manera similar a las máquinas en funcionamiento. Realizan jornadas de 8 horas con media hora de descanso en una zona donde el nivel de ruido se estima inferior a 70 dB(A). Se desea valorar la exposición al ruido de los trabajadores.

Según la Norma UNE EN ISO 9612:2009, la duración mínima acumulada de la medición para un GEH de 5 trabajadores es de 5 horas. Por lo tanto el plan de medición consiste en medir 1 hora a cada uno de los trabajadores de la empresa. Se emplean dosímetros personales.

Se obtienen los siguientes valores de nivel de exposición equivalente indicados en la tabla 11.

$L_{Aeq,T}$ (dBA)	85,5	84,8	86,2	83,9	82,9

Tabla 11. Mediciones sobre un GHE

Para el cálculo del nivel de exposición equivalente y diario del puesto de trabajo en dB(A) se emplean las ecuaciones (14) y (15) de la NTP 951, obteniéndose  $L_{Aeq,Te}$  (dBA) = 84,8 y  $L_{Aeq,d}$  (dBA) = 84,5.

### Cálculo de la incertidumbre asociada al nivel de exposición diario obtenido

Según la ecuación (17) de la NTP 951, se calcula el valor de la *incertidumbre debida al muestreo basado en el puesto de trabajo (función)*,  $u_1$ , para luego obtener el valor del factor  $c_1 * u_1$ , en la tabla 3 de dicha NTP<sup>1</sup>.

$$u_1 = 1,30$$

$$c_1 * u_1 \approx 1$$

1. En abril de 2011 se publicó un erratum de la norma UNE EN ISO 9612:2009 consistente en un archivo Excel que permite calcular la incertidumbre de medida del ruido y que aporta este factor  $c_1 * u_1$ , sin necesidad de recurrir a la tabla 3 de la parte II de esta NTP y aproximar. El valor en este caso es de 0,94.

TAREA	$(u_{1a}^2 + u_2^2 + u_3^2)$	$c_{1a}^2 * (u_{1a}^2 + u_2^2 + u_3^2)$	$c_{1b} * u_{1b}$
Transporte con traspalé	3,97	0,03	0,01
Descarga en tolva	3,69	0,69	0,19
Control del molino	3,33	0,67	0,02
Descargar molienda en container	4,12	0,01	0,02

Tabla 10. Factores para el cálculo de la incertidumbre combinada

Según la ecuación (16) de la NTP 951, se calcula el valor de la *incertidumbre combinada estándar*,  $u$ , teniendo en cuenta que en esta estrategia  $c_2 = c_3 = 1$ , obteniéndose:

$$u^2 = 4,13 \quad u = 2$$

Para el cálculo de la *incertidumbre expandida*,  $U$  la norma UNE EN ISO 9612:2009 aplica un factor de cobertura,  $k$ , para un intervalo unilateral de manera que, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 85 + 3,3 \text{ dB(A)}$$

Si aplicamos un factor de cobertura,  $k$ , para un intervalo bilateral simétrico, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} \pm U = 85 \pm 4 \text{ dB(A)}$$

En el primer caso, al comparar con los valores de referencia del Real Decreto 286/2006 asumiríamos como nivel de exposición diario equivalente muy probable un valor de 88 dB(A) aproximadamente, de manera que se supera el nivel superior de exposición, sin lugar a dudas.

En el segundo caso, el nivel de exposición diario equivalente oscilaría entre los valores de 81 y 89 dB(A). Siguiendo con la filosofía de la Guía, a efectos de prevención, se optaría por considerar que se supera el nivel superior de exposición.

#### 4. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO EN LA ESTRATEGIA BASADA EN LA JORNADA COMPLETA

Se desea valorar la exposición al ruido de los trabajadores del departamento de mantenimiento de una industria. Se trata de un equipo de 6 trabajadores que realizan labores a demanda y muy diversas a lo largo de su jornada laboral. Trabajan en turnos de 8 horas, por las mañanas y por las tardes.

Tras analizar las condiciones de trabajo se destacan las siguientes tareas:

- Arreglos en despachos de oficinas de la industria
- Arreglos con radial en el taller
- Sala de calderas
- Transporte con carretillas elevadoras
- Mantenimiento de instalaciones (cambio de luminarias, electricidad, etc)

Se deben muestrear tres jornadas de trabajo diferentes. Por lo tanto, el plan de medición consiste en medir a tres trabajadores: dos en turno de mañana y uno de tarde durante 7,5 horas, que es lo que se considera que dura la jornada efectiva de trabajo. Se emplean dosímetros personales.

Se obtienen los siguientes valores de nivel de exposición equivalente:

$L_{Aeq,T}$ (dBA)	83,4	81,5	78,9
-------------------	------	------	------

Como los resultados obtenidos difieren en más de 3 dB(A) se miden dos jornadas más, dos trabajadores, uno en turno de mañana y otro de tarde.

Se obtienen los siguientes valores de nivel de exposición equivalente:

$L_{Aeq,T}$ (dBA)	82,8	80,4
-------------------	------	------

#### Cálculo del nivel de exposición equivalente y diario del puesto de trabajo en dB(A)

(Ecuaciones (14) y (15) de la NTP 951)

$L_{Aeq,Te}$ (dBA)	81,7
$L_{Aeq,d}$ (dBA)	81,4

#### Cálculo de la incertidumbre asociada al nivel de exposición diario obtenido

Para el cálculo de la *incertidumbre estándar debida al muestreo basado en la jornada completa* se siguen los mismos pasos que en el caso del muestreo basado en el puesto de trabajo (función). Así que según la ecuación (17) de la NTP 951, se calcula el valor de la incertidumbre debida al muestreo,  $u_1$ , para luego obtener el valor del factor  $c_1 * u_1$  en la tabla 3 de dicha NTP<sup>2</sup>.

$$u_1 = 1,82$$

$$c_1 * u_1 \approx 1,5$$

Para el cálculo de la *incertidumbre combinada estándar*, según la ecuación (16) de la NTP 951, se calcula el valor de la incertidumbre combinada estándar,  $u$ , teniendo en cuenta que en esta estrategia  $c_2 = c_3 = 1$ .

$$u = 2,3$$

Para el cálculo de la *incertidumbre expandida*,  $U$ , la norma UNE EN ISO 9612:2009 aplica un factor de cobertura,  $k$ , para un intervalo unilateral de manera que, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 81 + 3,8 \text{ dB(A)}$$

Si aplicamos un factor de cobertura,  $k$ , para un intervalo bilateral simétrico, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} \pm U = 81 \pm 4,5 \text{ dB(A)}$$

En el primer caso, para comparar con los valores de referencia del Real Decreto 286/2006 asumiríamos como nivel de exposición diario equivalente un valor máximo de 84.8 dB(A), de manera que no se supera el nivel superior de exposición. Siguiendo con la filosofía del Anexo II del Real Decreto 286/2006, se optaría tomar más medidas para intentar estrechar el intervalo de incertidumbre y así quedar por debajo del nivel superior de exposición con mayor nivel de seguridad.

En el segundo caso, tendríamos un nivel de exposición diario equivalente que oscilaría entre los valores de 76,5 y de 85,5 dB(A). Siguiendo con la filosofía de la Guía Técnica, a efectos de prevención, se optaría tomar más medidas para intentar estrechar el intervalo de incertidumbre y así quedar por debajo del nivel superior de exposición con mayor nivel de seguridad.

2. En Abril de 2011 se publicó un erratum de la Norma UNE EN ISO 9612:2009 consistente en un archivo Excel que permite calcular la incertidumbre de medida del ruido y que aporta este factor  $c_1 * u$ , sin necesidad de recurrir a la tabla 3 de la parte II de esta NTP y aproximar. El valor en este caso es de 1,49.

## BIBLIOGRAFÍA

---

CANETTO, P., THIÉRY, L.

**Évaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit.**

*INRS. 2009:77.*

GRZEBYK, M., THIÉRY, L.

**Confidence Intervals for the Mean of Sound Exposure Levels.**

*AIHA Journal. 2003;64(5):640-645.*

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

**Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. 2008.**

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

**Calculadores para la prevención. 2011.**

Disponible en: <http://calculadores.insht.es:86/Incertidumbredelruido/Introducción.aspx>.

MAUE, JH.

**Messunsicherheit bei Lärmmessungen an Arbeitsplätzen nach ISO 9612.**

*In: Deutsche Jahrestagung für Akustik, Dresden.; 2008:2.*

NORDTEST METHOD NT ACOU 114.

**Measurement of occupational noise exposure of workers: Part I: Survey method. 2003:12.**

NORDTEST METHOD NT ACOU 115.

**Measurement of occupational noise exposure of workers: Part II: Engineering method. 2003:19.**

OIML. G 1-100

**Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement. 2008:120.**

NORMA UNE EN ISO 9612

**Acústica - Determinación de la exposición al ruido en el trabajo – Método de ingeniería. 2009:51.**

NORMA UNE EN ISO 9612:2009 ERRATUM

**Acústica - Determinación de la exposición al ruido en el trabajo – Método de ingeniería. 2011:1.**