



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN AUDITIVA
PARA MÚSICOS Y MONITOREO SEGURO DE SEÑALES DE METRÓNOMO
BASADO EN EL PRINCIPIO DE TRANSMISIÓN ÓSEA DE LA ESTRUCTURA
CRANEAL.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos
establecidos para optar por el título de

INGENIERO EN SONIDO Y ACÚSTICA

Autor

Gabriel Rivadeneira

Año

2010



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN AUDITIVA
PARA MÚSICOS Y MONITOREO SEGURO DE SEÑALES DE METRÓNOMO
BASADO EN EL PRINCIPIO DE TRANSMISIÓN ÓSEA DE LA ESTRUCTURA
CRANEAL.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos
establecidos para optar por el título de

INGENIERO EN SONIDO Y ACÚSTICA

Profesor Guía

Ingeniero Marcelo Lazzati

Autor

Gabriel Rivadeneira

Año

2010

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

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

.....

Marcelo Darío Lazzati Corellano

Ingeniero en Ejecución de Sonido

171163573-8

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

.....

Gabriel Alejandro Rivadeneira Fiel

170969432-5

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que mediante sus acciones y gestos, positivos y negativos, permitieron que llegue al lugar donde estoy, brindándole diversión al camino trazado.

A todos aquellos quienes supieron con su ejemplo mostrarme el camino correcto y a quienes supieron con sus experiencias alejarme de lo indebido.

A quienes creyeron en mi forma de ver el mundo y mi forma de interpretarlo.

A mi madre por brindarme el criterio para ignorar todo lo antes dicho y vivir la vida a mi manera.

A mi abuelito por creer ciegamente en mí.

A quienes me acompañaron a disfrutar de las experiencias diversas que se vivieron en el camino recorrido, después de ignorarlo todo.

A quienes me ayudaron mientras recorría el camino trazado a recuperar lo que en algún punto se me había perdido.

A quienes hoy me acompañan a disfrutar de lo bueno que se obtuvo al recorrer esta pequeña parte del camino y me ayudan a superar lo malo que se obtuvo de él.

Por último a quienes me enseñaron a superar los obstáculos que se presenten en el interminable camino trazado diciendo "...No se preocupe, la vida es hermosa...".

DEDICATORIA

A mi madre, a mi abuelito y a mí mismo, porque aportamos increíblemente en el diseño del camino a seguir; y por el gran compromiso con mi formación.

A todos los que mediante merito propio o ajeno, con buenos o malos actos, lograron llegar a los agradecimientos.

A quienes les apasione y compartan conmigo el arte de investigar y el deleite que se obtiene con el conocimiento.

A quienes hoy me acompañan a disfrutar de lo bueno que se obtuvo al recorrer esta pequeña parte del camino trazado y me ayudan a superar lo malo que se obtuvo de él.

RESUMEN

El presente tema de tesis se plantea como un aporte efectivo y asequible para cuidar la salud auditiva de los músicos, independientemente de su funcionamiento, particularmente de bateristas y percusionistas; adicionalmente se brinda una alternativa ante posibles inconvenientes que se pueden presentar tanto logísticos como económicos en un proceso de acondicionamiento o aislamiento acústico.

El proyecto parte con el análisis del cuidado de la audición, sea esta normal o no, como en el caso de personas con deficiencias auditivas adquiridas o congénitas, es decir que busca dar una solución efectiva y eficiente, ante problemas de pérdida auditiva, tanto de orden proactivo como reactivo. Con esto se logra no solo cuidar la audición sana con el fin de no perderla, sino la audición anómala con el fin de mantenerla y no empeorarla.

Para cumplir con los objetivos del proyecto se propone la utilización de protectores auditivos industriales, en los cuales se adapta un altavoz a su diadema, el mismo que se controla con un circuito electrónico que posee las funciones de un metrónomo (causante de gran parte de la pérdida auditiva en músicos debido a su contenido espectral pobre, fácil enmascaramiento y alto NPS).

Éste sistema funciona bajo el principio de transmisión ósea, mejorando el tempo musical de la interpretación del músico, aprovechando la disminución del trabajo del oído a causa del uso de los protectores.

Se regulan a las actividades laborales musicales dentro de lo establecido por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo [2], disminuyendo el nivel sonoro percibido por los órganos de transmisión auditiva de aproximadamente 94 dB a un rango de 65 a 73 dB, quedando eliminado el problema de posibles pérdidas auditivas según lo evalúa el Ministerio de Trabajo y Empleo.

Se concluye que el sistema diseñado tiene la capacidad de mejorar no solo los ensayos individuales y grupales de los bateristas en general sino todas las circunstancias musicales laborales en los que éstos se encuentren; mejorando la comprensión de su entorno sonoro.

ABSTRACT

This thesis topic is presented as a contribution to effective and affordable hearing health care for musicians, regardless of their performance, particularly drummers and percussionists; additionally provides an alternative to possible logistical and economic problems that may occur in both of conditioning or sound insulation processes.

The project begins with an analysis of hearing care, be it normal or not, as in the case of people with acquired or congenital hearing impairments, i.e. searches for effective and efficient solutions, early or reactive, to issues of hearing loss. With this it is achieved not only to take care of the healthy hearing in order not to lose it, but the anomalous hearing in order to support it and not to worsen it.

To achieve the goals of the project, it's proposed the use of industrial hearing protection, in which a speaker is adapted to its headset. This speaker is controlled by an electronic circuit that has the functions of a metronome (which causes much of the hearing loss in musicians due to its poor spectral content, easy masking and high SPL).

This system operates under the principle of osseous transmission, improving the musical tempo interpretation of a performer, taking advantage of the decrease in work due to use ear protectors.

Musical working activities are regulated within established by the Regulation on Safety and Occupational Health and Improvement of Working Environment, decreasing the noise level perceived by the auditory transmission organs, from approximately 94 dB to a range of 65 to 73 dB, being eliminated the problem of possible hearing loss as assessed by the Ecuadorian Ministry of Labor and Employment.

It's concluded that the designed system has the ability to improve not only individual and group rehearsals of drummers in general, but all working musical circumstances in which they are located, improving the understanding of their sound environment.

ÍNDICE

Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Análisis del Problema	1
1.2 Justificación	1
1.3 Alcance.....	2
1.4 Análisis de Realidades.....	2
1.4.1 Global.....	2
1.4.2 Nacional	3
1.4.3 Local.....	3
1.5 Objetivos.....	3
1.5.1 General	3
1.5.2 Específicos.....	4
1.6 Hipótesis.....	4
Capítulo 2. Marco Teórico	5
2.1 Propagación del Sonido al Aire Libre	5
2.1.1 Atenuación Sonora.....	5
2.1.1.1 Atenuación por Divergencia Geométrica (A_{div})	5
2.1.1.2 Atenuación Debida a la Absorción del Aire (A_{aire})	7
2.1.1.3 Atenuación Debida al Suelo (A_{suelo})	9
2.1.1.4 Otros Tipos de Atenuaciones (A_{misc}).....	9
2.2 El Sonido en Espacios Cerrados	10
2.2.1 Reflexión y Absorción de Ondas Sonoras.....	11
2.3 Estructura y Funcionamiento del Oído	14
2.3.1 Anatomía y Funcionamiento del Oído	14
2.3.1.1 Oído Externo.....	15
2.3.1.2 Oído Medio	15
2.3.1.3 Oído Interno.....	17
2.3.1.4 Equilibriocepción.....	18
2.3.1.5 Transmisión Ósea.....	19
2.3.2 Sonoridad.....	19

2.3.2.1 Curvas de Igual Sonoridad	21
2.3.3 Ponderación de Frecuencia	22
2.3.3.1 Ponderación A	23
2.3.3.2 Ponderación C	23
2.3.3.3 Ponderación Z	23
2.4 Constitución de los Huesos del Cráneo	24
2.5 Pérdida de Audición por Exposición al Ruido.....	26
2.5.1 Trauma Acústico	28
2.5.2 Desplazamiento Temporal del Umbral	28
2.5.3 Pérdida Permanente de la Audición	29
2.6 Sistemas de Protección Auditiva.....	29
2.6.1 Tipos de Sistemas de Protección Auditiva	29
2.6.1.1 Auriculares.....	31
2.6.1.2 Eficacia de los Auriculares.....	32
2.6.1.3 Efecto de Oclusión.....	33
2.6.1.4 Comodidad y Modo de Empleo.....	33
2.7 Sistemas de Referencia Musicales	34
2.7.1 Tempo Musical.....	35
Capítulo 3. Desarrollo Experimental	37
3.1 Metodología.....	37
3.1.1 Diseño del Proyecto y Aplicación del Marco Teórico.....	37
3.1.2 Desarrollo del Experimento	41
3.1.3 Experimentación.....	50
3.2 Presentación de Resultados	52
3.3 Análisis de Resultados.....	64
Capítulo 4. Estudio Económico del Proyecto.....	70
Capítulo 5. Proyecciones a Futuro	72
Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones	73
6.1 Conclusiones	73

6.2 Recomendaciones	79
Capítulo 7. Bibliografía	82
7.1 Libros.....	82
7.2 Documentos de Internet.....	82
7.3 Páginas web	83
Capítulo 8. Anexos	86
Anexo 1. Definiciones, Abreviaturas y Símbolos.....	86
Anexo 2. Término de Corrección C en la Ecuación (2.2), en Función de la Temperatura, Para Tres Valores de Presión Atmosférica: 1000 mbar (1 atm), 1100 mbar y 900 mbar	101
Anexo 3. Esquema del Sistema Auditivo Periférico con la Cóclea Desenrollada	102
Anexo 4. Enfermedades Auditivas	103
Hipoacusia	103
Tipos de Hipoacusia:	103
Hiperacusias	106
Acúfeno.....	107
Tipos de Acúfenos:.....	107
Diploacusias.....	107
Tipos de Diploacusias:.....	108
Pérdida de la Audición por Exposición al Ruido.....	108
Tipos de Pérdida de Audición por Exposición al Ruido:	108
Ubicación de la Patología Orgánica	109
Anexo 5. Datos Provistos por los Fabricantes del Protector Auditivo TRUPER	110
Anexo 6. Desviación Estándar y Varianza	111
Desviación Estándar	111
Varianza	111
Anexo 7. Distribución Normal o Gaussiana.....	114
Anexo 8. Hoja de Especificaciones, Nylon 6 (Grilón)	116

Anexo 9. Hoja de Especificaciones, Nylon 66 (Duralón)	117
Anexo 10. Planos y Vistas del Acople Mecánico en Milímetros	118
Anexo 11. Formato de Encuesta.....	119
Anexo 12. Artículos 55 y 179 del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Ministerio de Trabajo y Empleo del Ecuador) [2]	121
Anexo 13. Desviación Media del Umbral Auditivo en 4 kHz en Función del Nivel de Ruido, Analizado Bajo la Norma ISO 1999-2003 con una Estadía Laboral Entre 4 y 5 Años	125
Anexo 14. Curvas NC (Noise Criterion Curves)	126
Anexo 15. Curvas NR (Noise Rating Curves)	127
Anexo 16. Código Fuente de la Aplicación de MATLAB	128
Anexo 17. Diseño de una Cotización del Servicio Prestado en el Diseño del Proyecto.....	135
Anexo 18. Espectro de Frecuencia del Metrónomo Utilizado por Transmisión Ósea.....	136
Anexo 19. Auspicio Ferrogama.....	137
Anexo 20. Auspicio Procelec	138

Capítulo 1. Introducción

1.1 Análisis del Problema

En el año 1910 aproximadamente William F. Ludwig inventa el pedal de transmisión por cadena utilizado actualmente para el bombo, con lo cual la batería se convierte en un instrumento para la interpretación de una sola persona.

A mediados de los años sesenta su uso se vuelve masivo debido al auge de grupos de rock y pop en los cuales cumple una función protagónica debido a su conducción mayormente rítmica.

En el proceso de evolución musical se desarrolló una tendencia en la cual cada vez se buscaba una mayor generación de nivel de presión sonora (NPS), la cual es y sigue siendo independiente al género musical. Este incremento progresivo del NPS ha generado una pérdida proporcional en la audición humana en cuanto a su umbral de audición se refiere, siendo uno de los grupos más sensibles los músicos, particularmente los bateristas y percusionistas.

Es intuitivamente notorio que una fuente al aire libre genera menor NPS que confinado en un recinto que posee cierto índice de reflexión sonora en sus superficies, al igual que confinado en un recinto de volumen reducido.

De las dos afirmaciones anteriores es posible deducir que al introducir una batería o grupo de percusión en un espacio reducido, junto con otras fuentes que generan un alto NPS y sumado a las múltiples reflexiones de la sala se incrementan considerablemente las posibilidades de pérdida auditiva.

1.2 Justificación

El presente tema de tesis se plantea como un aporte efectivo y accesible para cuidar la salud auditiva de los músicos, particularmente de los bateristas, adicionalmente brindar una alternativa previa a la presentación de inconvenientes que se pueden presentar tanto logísticos como económicos ante un proceso de acondicionamiento acústico; se propone la utilización de

tapones industriales en los cuales se adapta un altavoz a su diadema, el cual será controlado con un circuito electrónico que posee las funciones de un metrónomo. Este metrónomo transmite sus señales hacia un medio rígido basándose en el principio de transmisión ósea, para adicionalmente mejorar el tempo musical de la interpretación del músico aprovechando la disminución del trabajo del oído.

1.3 Alcance

Para el desarrollo del presente tema de tesis es necesario investigar y conjugar los siguientes campos de la carrera y ciencias afines: Acústica, Psicoacústica, Control de Vibraciones, Transmisión Estructural, Electrónica Digital, Control de Ruido, Acústica Arquitectónica, Osteología Craneal y Legislación Ecuatoriana.

Se utiliza una combinación del método inductivo y experimental ya que se analizan casos particulares de ciertos músicos para tratar de hallar la generalidad que los une, diseñando un prototipo que soluciona estos problemas, cuyo funcionamiento se evalúa bajo distintas circunstancias y condiciones.

1.4 Análisis de Realidades

En la actualidad es un problema para los bateristas el acondicionamiento de una sala dedicada a sus ensayos debido a sus dimensiones, consecuentemente problemas de modos normales, y el alto nivel de presión sonora generado en dichos ensayos. Estos problemas pueden ser sencillamente solucionados con un diseño de acústica arquitectónica pero aquí se presenta una complicación económica debida al alto presupuesto requerido.

1.4.1 Global

Independientemente de la disponibilidad económica de los intérpretes de una determinada agrupación musical, la tendencia está inclinada hacia el mejoramiento de sus equipos y en el mejor de los casos en el hecho de tener un lugar con una acústica favorable para el desempeño de los ensayos, difícilmente en el cuidado de la audición.

1.4.2 Nacional

La disponibilidad económica no es muy alta y la tendencia es relativamente similar a la de la realidad global, en cuanto a sus equipos. Al no existir muchos profesionales dedicados al diseño y creación de salas de ensayo con buena acústica que además tengan costos moderados reduce así la búsqueda de lugares óptimos para el desempeño de sus ensayos, llevándolos a realizar acondicionamientos empíricos que en ciertas ocasiones empeoran el problema acústico; y aunque éstos profesionales existieran en abundancia en el mercado, los músicos seguirían teniendo el problema de pérdida auditiva debido a la exposición a altos niveles sonoros.

1.4.3 Local

La disponibilidad económica es un poco mayor a la del país en general, pero sigue sin ser muy alta y la tendencia es también similar en cuanto a sus equipos. Existen un poco más de profesionales dedicados al diseño y creación de salas de ensayo con buena acústica pero no es tan sencillo hacerlas que posean costos moderados, reduciendo igualmente la búsqueda de lugares óptimos para sus ensayos, llevándolos también a considerar acondicionamientos experimentales que en ciertas ocasiones empeoran el problema acústico; y aunque éstos profesionales existen en cierta proporción en el mercado, lamentablemente sigue existiendo el problema de pérdida auditiva.

1.5 Objetivos

1.5.1 General

- Generar un sistema que adapte tapones industriales y un altavoz que mejore las condiciones de los ensayos musicales, tanto individuales como grupales de los bateristas en general.

1.5.2 Específicos

- Generar un sistema que aproveche los beneficios de la transmisión ósea de la estructura craneal, para transmitir una señal sonora.
- Diseñar un sistema que permita adaptar cualquier metrónomo en una diadema de tapones industriales.
- Incluir la mayor cantidad de prestaciones en un sistema de pequeñas dimensiones.
- Analizar la curva de atenuación correspondiente al sistema.

1.6 Hipótesis

- Los huesos del cráneo pueden transmitir ciertas vibraciones hasta los huesecillos del oído medio y convertirlas en estímulos que el cerebro reconozca como audibles, especialmente si se buscan vértices o uniones óseas en la estructura craneal, como por ejemplo la unión de los huesos frontal y parietal.
- Los tapones industriales brindan curvas de atenuación sonora que disminuyen el NPS y consecuentemente el trabajo del oído.
- La inteligibilidad de estímulos sonoros con altos niveles de presión sonora se mejora mediante las curvas de atenuación y el aligeramiento del trabajo del oído.
- Las curvas de atenuación junto a las curvas de igual sonoridad permiten al oído enfocarse en el rango medio de la audición, mejorando así la inteligibilidad en general.
- Los tapones son un atenuador suficientemente eficiente para solucionar el problema auditivo debido al alto NPS de los ensayos musicales.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1 Propagación del Sonido al Aire Libre

La propagación del sonido al aire libre suele generar una disminución del NPS al aumentar la distancia entre el receptor y la fuente debido a varios factores como son la divergencia geométrica a partir de la fuente, la absorción de energía acústica del aire y el efecto de propagación del suelo.

2.1.1 Atenuación Sonora

$$A_{\text{total}} = A_{\text{div}} + A_{\text{aire}} + A_{\text{suelo}} + A_{\text{misc}} \quad (2.1)$$

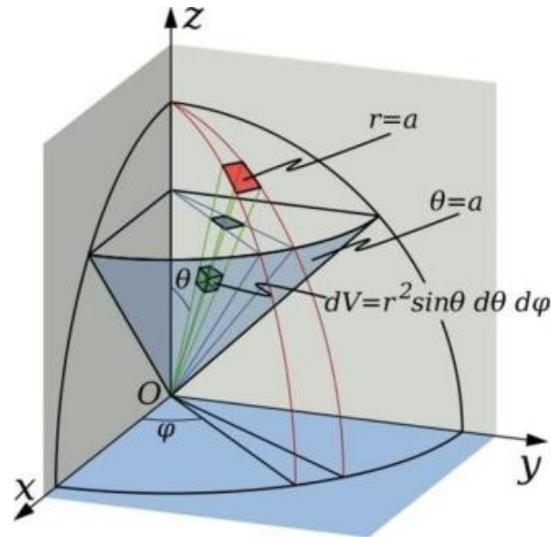
En la ecuación (2.1) se presentan las principales formas de atenuación, indicadas con la mayor generalidad posible como son: Divergencia geométrica, absorción del aire, efecto del suelo y miscelánea, respectivamente. Los tres primeros términos consideran situaciones comunes a todas las circunstancias, mientras el cuarto término considera factores propios de los distintos lugares en los que el oyente pueda encontrarse.

Es necesario considerar que la atenuación debe medirse con un mínimo de precisión de una octava.

2.1.1.1 Atenuación por Divergencia Geométrica (A_{div})

La divergencia geométrica es la expansión de la energía acústica radiada por una fuente visto de forma esférica.

Figura 2.1: Divergencia geométrica asumiendo la posición de la fuente en O.



Fuente:

http://media.photobucket.com/image/divergencia%20geometrica/zoa_one/uni5.jpg

Dicha atenuación viene dada por la expresión:

$$A_{\text{div}} = 20 \log r + 10.9 - C \quad (2.2)$$

Donde: r es la distancia a la fuente puntual en metros

C es un término de corrección que puede obtenerse del Anexo 2.

Es necesario considerar que la procedencia de la ecuación (2.2), viene de la expresión utilizada para analizar el NPS de una fuente conociendo la distancia a ésta y su nivel de potencia.

$$\text{NPS} = L_w - 20 \log r - 10.9 + C \quad (2.3)$$

Donde: NPS es el nivel de presión sonora de la fuente en dB

L_w es el nivel de potencia de la fuente en dB.

Que aplicado a la ecuación (2.3) se obtiene:

$$A_{\text{div}} = L_w - \text{NPS} \quad (2.4)$$

Es decir que la atenuación por divergencia geométrica puede ser aproximada de manera teórica si se conoce el nivel de potencia de la fuente y su nivel de presión sonora.

2.1.1.2 Atenuación Debida a la Absorción del Aire (A_{aire})

Mientras el sonido se propaga por el aire, los procesos físicos moleculares de absorción convierten la energía acústica en calor por lo que el NPS entre la fuente y el receptor es generalmente menor. Su absorción viene definida por la expresión:

$$A_{\text{aire}} = \frac{\alpha d}{100} \text{ dB} \quad (2.5)$$

Donde: α es el coeficiente de atenuación del aire en dB/km

d es la distancia entre la fuente y el receptor en km.

Éste coeficiente se ve afectado por distintos factores como son la humedad relativa, la frecuencia, y en menor magnitud la temperatura y presión atmosférica. Teniendo en cuenta estas consideraciones es posible comprender el comportamiento de la Tabla 2.1

Tabla 2.1: Coeficiente de atenuación del aire dB/km, para una presión ambiental de 101,3 kPa (una atmósfera normal a nivel del mar) para la propagación del sonido al aire libre.

		Frecuencia Hz					
Temperatura °C	Humedad Relativa %	125	250	500	1000	2000	4000
30	10	0,96	1,8	3,4	8,7	29	96
	20	0,73	1,9	3,4	6	15	47
	30	0,54	1,7	3,7	6,2	12	33
	50	0,35	1,3	3,6	7	12	25
	70	0,26	0,96	3,1	7,4	13	23
	90	0,2	0,78	2,7	7,3	14	24
20	10	0,78	1,6	4,3	14	45	109
	20	0,71	1,4	2,6	6,5	22	74
	30	0,62	1,4	2,5	5	14	49
	50	0,45	1,3	2,7	4,7	9,9	29
	70	0,34	1,1	2,8	5	9	23
	90	0,27	0,97	2,7	5,3	9,1	20
10	10	0,79	2,3	7,5	22	42	57
	20	0,58	1,2	3,3	11	36	92
	30	0,55	1,1	2,3	6,8	24	77
	50	0,49	1,1	1,9	4,3	13	47
	70	0,41	1	1,9	3,7	9,7	33
	90	0,35	1	2	3,5	8,1	26
0	10	1,3	4	9,3	14	17	19
	20	0,61	1,9	6,2	18	35	47
	30	0,47	1,2	3,7	13	36	69
	50	0,41	0,82	2,1	6,8	24	71
	70	0,39	0,76	1,6	4,6	16	56
	90	0,38	0,76	1,5	3,7	12	43

Fuente: Manual de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, p. 3.4.

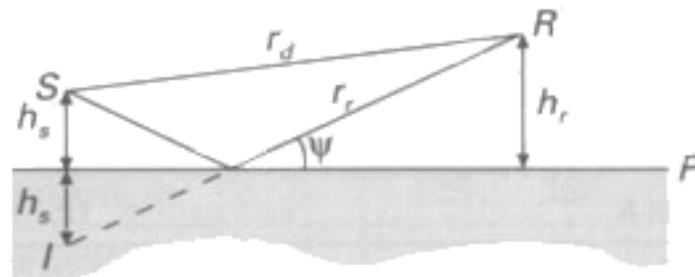
Analizando estos valores es posible concluir lo siguiente:

- La absorción del aire es despreciable en las cercanías de la fuente, salvo para frecuencias altas, por encima de las mostradas en la Tabla 2.1.
- A menor porcentaje de humedad relativa, el aire presenta mayor absorción sonora.

2.1.1.3 Atenuación Debida al Suelo (A_{suelo})

Si se considera al suelo como una superficie plana totalmente reflectante **P** y se realiza un análisis de rayos acústicos, es factible decir que el sonido puede viajar desde la fuente **S** hasta el receptor **R**, por dos vías r_d y r_r que son las vías directa y reflejada respectivamente.

Figura 2.2: Atenuación debida al suelo.



Fuente: Manual de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, p. 3.5.

La atenuación debida al suelo es la resultante de la suma de las señales que llegan por las vías directa y reflejada, teniendo cierto desfase debido a que se mueven a igual velocidad pero recorren distancias distintas, a esto se agrega que bajo ciertas circunstancias de rigidez o dureza del suelo el sonido puede transmitirse a través de éste y posteriormente llegar al receptor por medio de sus huesos u otras estructuras unidas a éste; cabe recalcar que esto sucede en mayor medida en baja frecuencia ya que se necesita mucha energía para realizar este tipo de transmisión.

2.1.1.4 Otros Tipos de Atenuaciones (A_{misc})

Al decidir obviar la consideración de situación ideal en campo libre es necesario comenzar a considerar las particularidades del lugar en el que el oyente se encuentre situado. Para evitar ingresar más variables en la ecuación de Absorción Total (2.1) se considera un término genérico que engloba las posibles atenuaciones que se puedan presentar debido a las condiciones del espacio, como por ejemplo las atenuaciones debidas a la reflexión en

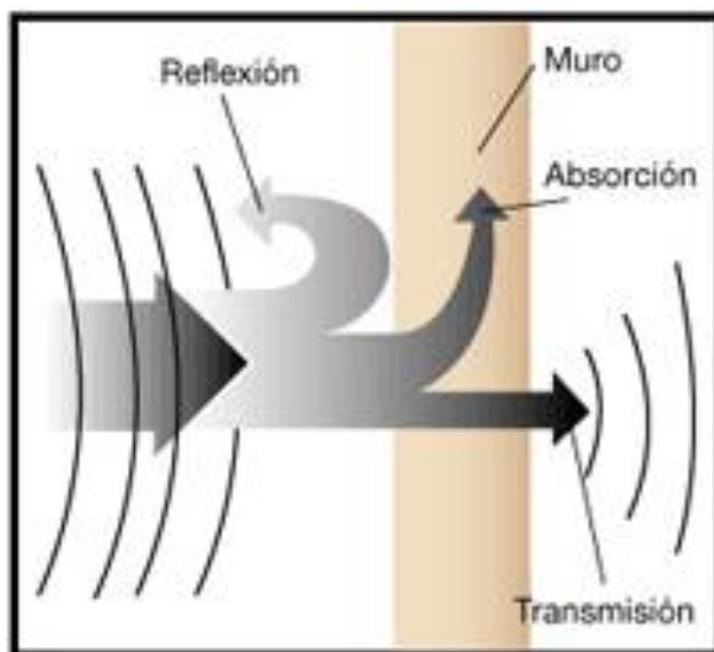
superficies con diversas inclinaciones, la propagación del sonido a través de la vegetación y en general a través de distintos obstáculos.

2.2 El Sonido en Espacios Cerrados

El comportamiento del sonido en un recinto total o parcialmente cerrado difiere de su comportamiento al aire libre debido a los múltiples fenómenos que suceden en las superficies tanto de las paredes como de los elementos que se encuentren dentro de éste.

Cuando una onda sonora incide sobre una superficie parte de su energía es reflejada, otra parte se absorbe y otra se transmite a través de dicha superficie hacia el otro lado; la proporción en que estos fenómenos se presentan con respecto a una onda sonora incidente dependen de la rigidez, espesor y porosidad de la muralla.

Figura 2.3: Comportamiento de un frente de ondas ante una muralla.



Fuente: http://adm.masisa.com/editor-files/manual_recomend_pract/87.jpg

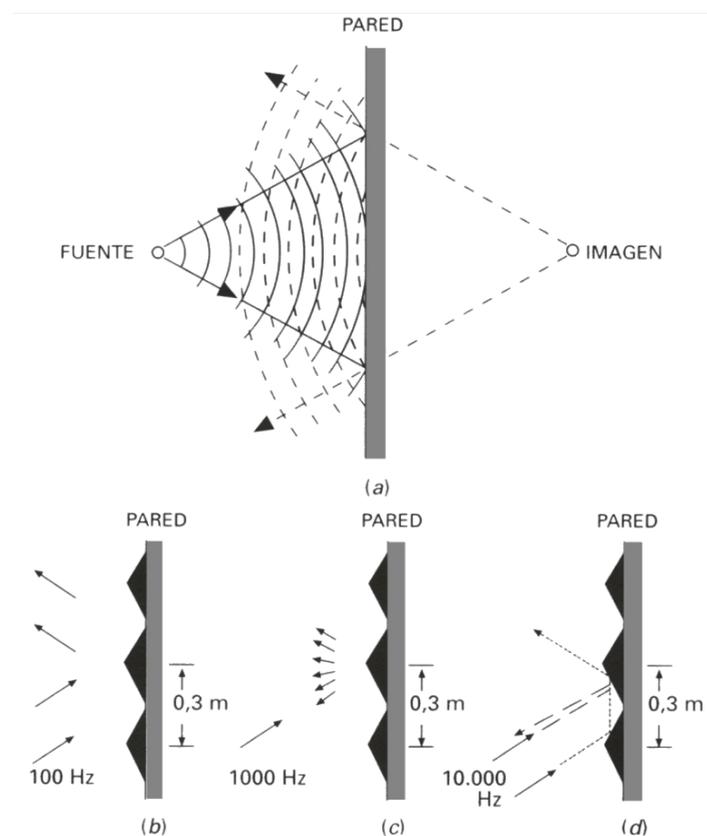
2.2.1 Reflexión y Absorción de Ondas Sonoras

Las ondas sonoras viajan desde la fuente en todas las direcciones para posteriormente encontrarse, y consecuentemente reflejarse, con los obstáculos que estén en su trayectoria. Las reflexiones de los rayos sonoros se rigen por las leyes de *Reflexión Regular*¹ y *Reflexión Difusa*².

¹ El ángulo con el que el rayo sonoro incide sobre la superficie es igual al ángulo con el que se refleja debido a que se genera una fuente imagen que se ubica a la misma distancia detrás de la pared reflectora siempre y cuando sus dimensiones sean mucho mayores que su longitud de onda.

² Debido a las irregularidades de la superficie la reflexión se vuelve relativamente impredecible al incidir un sonido de espectro complejo, ya que al poseer múltiples lambdas correspondientes a cada frecuencia que lo compone pueden ocurrir fenómenos de reflexión regular, difracción, absorción y rompimiento del frente de ondas.

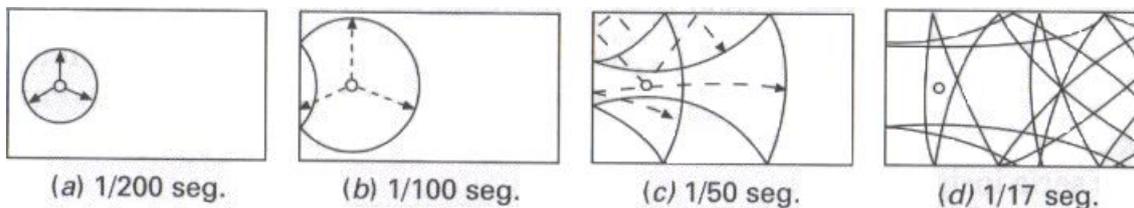
Figura 2.4: (a) Reflexión de las ondas sonoras sobre una superficie que es muy grande en comparación con la longitud de onda del sonido incidente. (b) Reflexión de un sonido con una frecuencia de 100 Hz (longitud de onda 3,4 m) sobre una superficie plana con chaflanes que son pequeños comparados con la longitud de onda; en este caso, el sonido se refleja de una manera semejante a (a). (c) Reflexión del sonido que tiene una longitud de onda parecida al tamaño de los chaflanes; en este caso, el sonido es dispersado por los chaflanes en todas direcciones. (d) Reflexión del sonido cuya longitud de onda es muy pequeña comparada con el tamaño de los chaflanes; en este caso, la ley de reflexión es válida.



Fuente: Manual de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, p. 4.2.

La Figura 2.5 muestra la evolución de una onda sonora en un recinto rectangular con paredes reflectantes y una fuente en su interior, en una vista de planta, considerando únicamente el comportamiento bidimensional debido a la interacción de sus muros.

Figura 2.5: Progreso de una única onda sonora en un local cerrado.



Fuente: Manual de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, p. 4.6.

Aquí se observa con total claridad la ruptura del frente de ondas en rayos sonoros que se reflejan en múltiples direcciones; si adicionalmente se agrega la interacción entre las paredes, el suelo y el techo del recinto, en sus múltiples combinaciones, junto con la introducción del concepto de *sonido de espectro complejo*³, se puede determinar que el comportamiento y distribución tanto espacial como espectral del sonido serán extremadamente complejos e impredecibles a simple vista.

A consecuencias de las reflexiones sobre las superficies que limitan el recinto, es posible tomar las siguientes consideraciones:

- El NPS generado entre el sonido directo y el reflejado incrementa el NPS total de la sala.
- Se genera una persistencia del sonido al cesar la fuente, debido a que mientras la fuente se mantiene sonando, el recinto se llena de ondas sonoras reflejadas, las mismas que al cesar la fuente se siguen

³ Un sonido de espectro complejo es una onda sonora compuesta por múltiples frecuencias.

reflejando, generando así un fenómeno conocido como *reverberación*⁴ ó *eco*⁵.

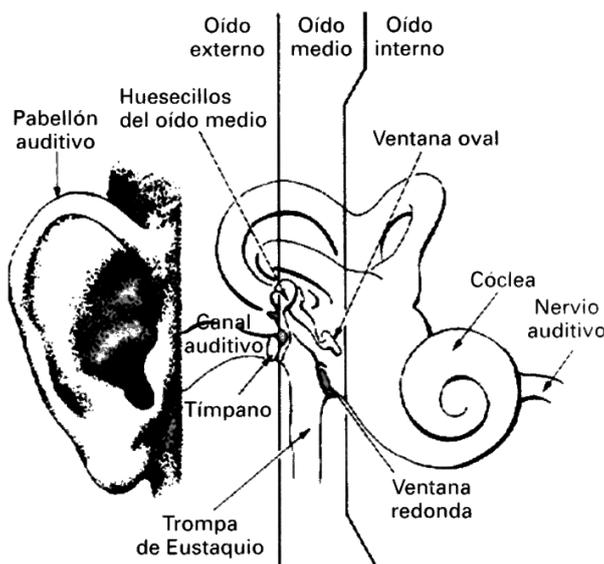
- Es necesario analizar si el NPS directo de la fuente es más elevado que el NPS reverberante o reflejado de la sala.

2.3 Estructura y Funcionamiento del Oído

2.3.1 Anatomía y Funcionamiento del Oído

Anatómicamente el oído está compuesto por tres partes fundamentales como son el oído externo, medio e interno que se encargan de captar el sonido para transformarlo en vibraciones mecánicas, realizar un acople mecánico del tímpano con el fluido del oído interno y transformar los estímulos mecánicos en eléctricos, respectivamente.

Figura 2.6: Diagrama funcional del oído.



Fuente: Manual de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, p. 17.2.

⁴ Fenómeno producido debido a las múltiples reflexiones del sonido cuyas repeticiones no superan la persistencia acústica (40 ms), motivo por el cual se escuchan como un solo sonido.

⁵ Fenómeno parecido a la reverberación con la diferencia de que se sobrepasa el umbral de la persistencia acústica y se escucha más de un sonido.

2.3.1.1 Oído Externo

El oído externo es la parte más visible del complejo sistema auditivo, el cual se compone del pabellón y canal auditivo además del tímpano; como se observa en la Figura 2.6.

La oreja, también conocida como pabellón auditivo, posee una forma que está diseñada para que facilite la recepción de señales sonoras y las direcciona hacia el canal auditivo que conduce el sonido hacia el tímpano incrementando el NPS de la señal aproximadamente 10 dB entre los límites del mismo, el cual es el límite entre el oído externo y medio.

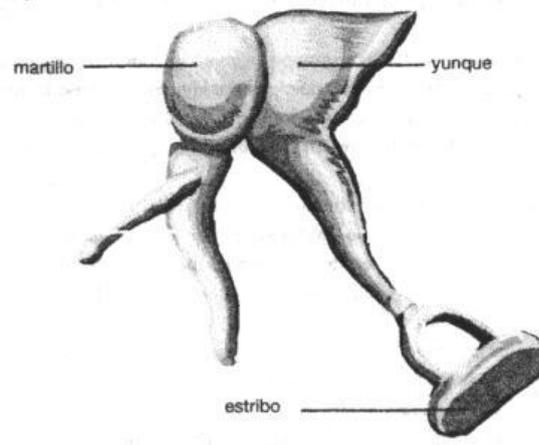
Las dimensiones aproximadas del canal auditivo son de 5 a 7 mm de diámetro y 27 mm de longitud. La frecuencia de resonancia natural del canal auditivo se encuentra aproximadamente en los 3 kHz, lo que da al oído la característica de tener mejor sensibilidad en el rango de frecuencias medias; además el oído externo brinda una relación de procedencia ante un sonido de espectro complejo.

2.3.1.2 Oído Medio

El oído medio es un adaptador de *impedancias*⁶ entre el tímpano y la ventana oval, con la responsabilidad de transmitir la vibración del primero hacia todo el oído interno.

⁶ Impedancia es la oposición que presenta un medio ante las ondas que se propagan por él, sea esta oposición continua o dependiente de la frecuencia del frente de ondas.

Figura 2.7: Cadena de huesecillos del oído medio.



Fuente: http://server-enjpp.unsl.edu.ar/website/baea/prof-cs/numero13/index_archivos/image011.jpg

Es una cavidad de aire de aproximadamente 2 cm^3 compuesta por una cadena de huesecillos conocidos como martillo, yunque y estribo. El martillo se conecta con el tímpano para recibir sus vibraciones, éste las conduce al yunque para posteriormente llegar al estribo después de realizarse una adaptación de impedancias óptima junto con un proceso de amplificación, y conectarla con la ventana oval que es la entrada al oído interno.

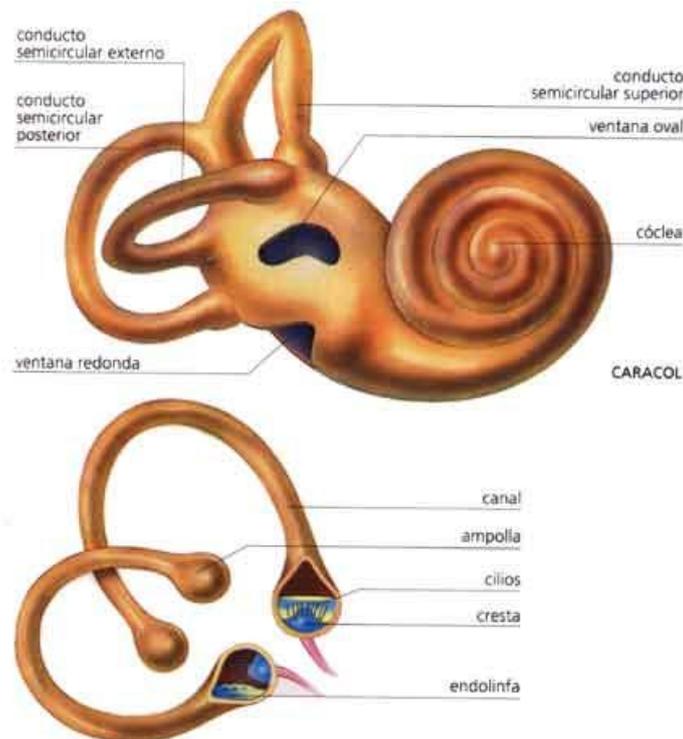
En el oído medio se encuentran dos pequeños músculos que son el tímpano tensor, que se conecta con el martillo y el músculo del estribo además de la trompa de Eustaquio; su sistema de conexión cumple con tres objetivos fundamentales:

- Permitir un buen acoplamiento del tímpano con la ventana oval.
- Controlar la cantidad de movimiento que se envía hacia la ventana oval.
- Igualar presiones entre el oído medio y externo.

2.3.1.3 Oído Interno

El oído interno está compuesto por una serie de cámaras forradas de membrana y llenas de líquido, que analizado de manera muy general se divide en laberinto y cóclea.

Figura 2.8: Estructura del oído interno.



Fuente: http://www.monografias.com/trabajos63/oido-interno-embriologia/oido-internoembriologia_image001.jpg

El laberinto se constituye por tres canales semicirculares, situados perpendicularmente entre ellos con el fin de brindar una sensación tridimensional; la cóclea empieza en la ventana oval para posteriormente enroscarse como un caracol, aunque para ciertos estudios periféricos se prefiere analizar desenroscada (Anexo 3).

El Oído Interno tiene la particularidad de regir el equilibrio como una función adicional a la audición y determinar la sensación de aceleración lineal o angular

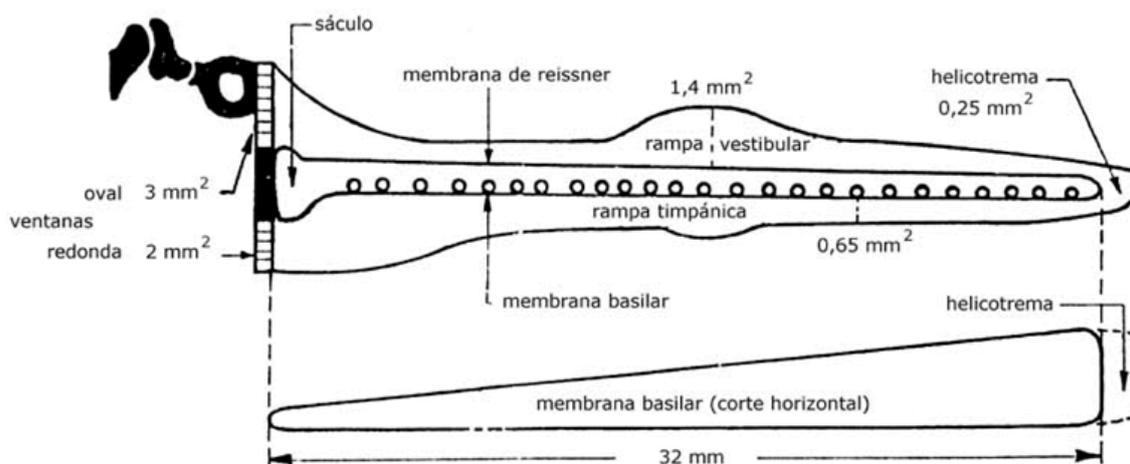
en caída libre mediante el sistema vestibular, el mismo que está formado por el sáculo, el utrículo y los canales semicirculares.

2.3.1.4 Equilibriocepción

La equilibriocepción es un sentido fisiológico derivado del funcionamiento del oído interno cuyo objetivo es detectar la aceleración de sus partes y consecuentemente de los órganos adjuntos al mismo, cuyo conjunto de órganos poseen su resonancia en frecuencias medias.

Se determina por el nivel de fluido endolinfático en los canales semicirculares perpendiculares del laberinto y al verse alterado puede producir efectos en el organismo como náuseas, vértigo, mareos o desorientación.

Figura 2.9: Membrana basilar.



Fuente: http://www.eumus.edu.uy/eme/cursos/acustica/apuntes/material-viejo/sisaud_m/img/sap05.jpg

El sentido del equilibrio brinda una sensación espacial, y los medios a través de los cuales se muestran las variaciones en la relación del fluido endolinfático en el organismo son la vista, el laberinto posterior, la *sensibilidad proioceptiva*⁷ de

⁷ Tipo de sensibilidad corporal que informa sobre los miembros del cuerpo, sus actitudes y movimientos corporales.

los músculos y articulaciones, y la *exteroceptiva*⁸ de los sentidos pero ninguno de éstos son del todo fiables.

Debido a que la equilibriocepción está relacionada directamente con el estudio de la aceleración mas no con el equilibrio corporal, que es un resultado de los efectos de la aceleración en el cuerpo, se estima que gran parte de la población mundial, en un caso hipotético de caída libre sin efectos nocivos para el organismo, consideraría esta experiencia muy agradable debido a la gran producción de adrenalina y dopamina en el mismo a causa de la máxima vibración del sáculo.

Se puede realizar una comparación de esta agradable sensación en caída libre debida a la máxima vibración de los órganos relacionados con el equilibrio del oído interno, analizando su resonancia, que se produce en frecuencias medias y con la ayuda de un NPS complejo de aproximadamente 94 dB de amplitud.

2.3.1.5 Transmisión Ósea

La transmisión ósea de energía acústica hacia el oído interno se generan mediante cualquier vía de conexión rígida o semirrígida en el organismo, es decir mediante uniones óseas, articulaciones o cartílagos con los huesecillos del oído medio u órganos adyacentes, para que estos estímulos cumplan con el resto del ciclo de la audición provenientes de vibraciones de superficies en contacto con el cuerpo humano; debe considerarse que este proceso involucra una gran cantidad de energía, motivo por el cual funciona mejor entre más baja sea la frecuencia a transmitirse (se recomienda que esté por debajo de 1 kHz).

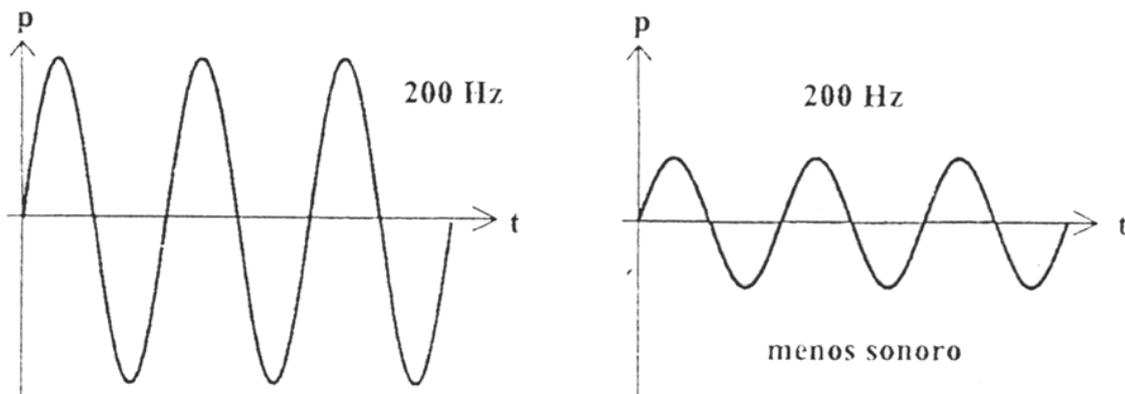
2.3.2 Sonoridad

La sonoridad es un atributo subjetivo de los sonidos que permite definir su fuerza, volumen o intensidad; se encuentra relacionado directamente con los conceptos de amplitud y frecuencia.

⁸ Tipo de sensibilidad corporal que recoge las sensaciones externas del cuerpo.

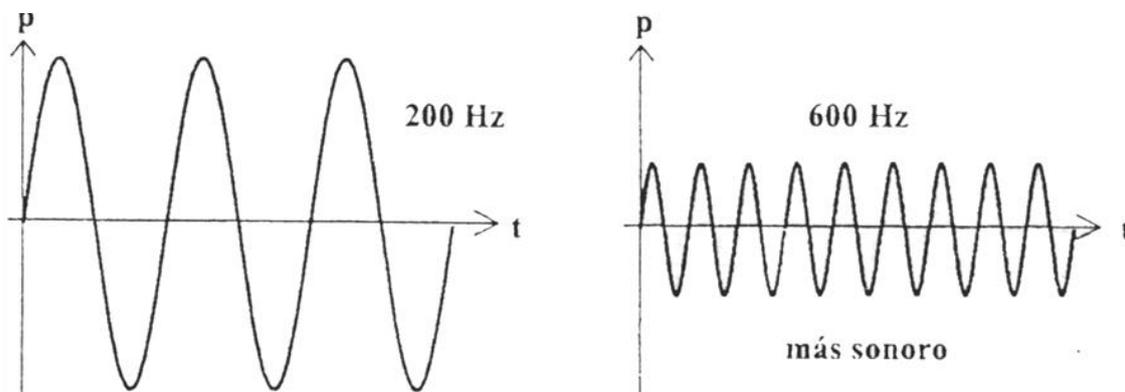
Al escuchar dos sonidos de igual frecuencia pero distinta amplitud, es claramente notorio cuando uno es más sonoro que el otro, ya que se percibe con mayor nivel; pero en ciertos casos puede ocurrir que al modificar la frecuencia del sonido de menor amplitud éste se perciba con mayor sonoridad, simplemente debido al funcionamiento del Sistema Auditivo, como se observa en las curvas isofónicas descubiertas por los investigadores Fletcher y Munson, Figura 2.12.

Figura 2.10: Dos ondas sinusoidales de frecuencia 200 Hz. La de mayor amplitud se percibe como más sonora.



Fuente. Acústica y Sistemas de Sonido, p. 20.

Figura 2.11: Dos ondas sinusoidales de frecuencia 200 Hz y 600 Hz respectivamente. La de mayor amplitud se percibe como menos sonora.



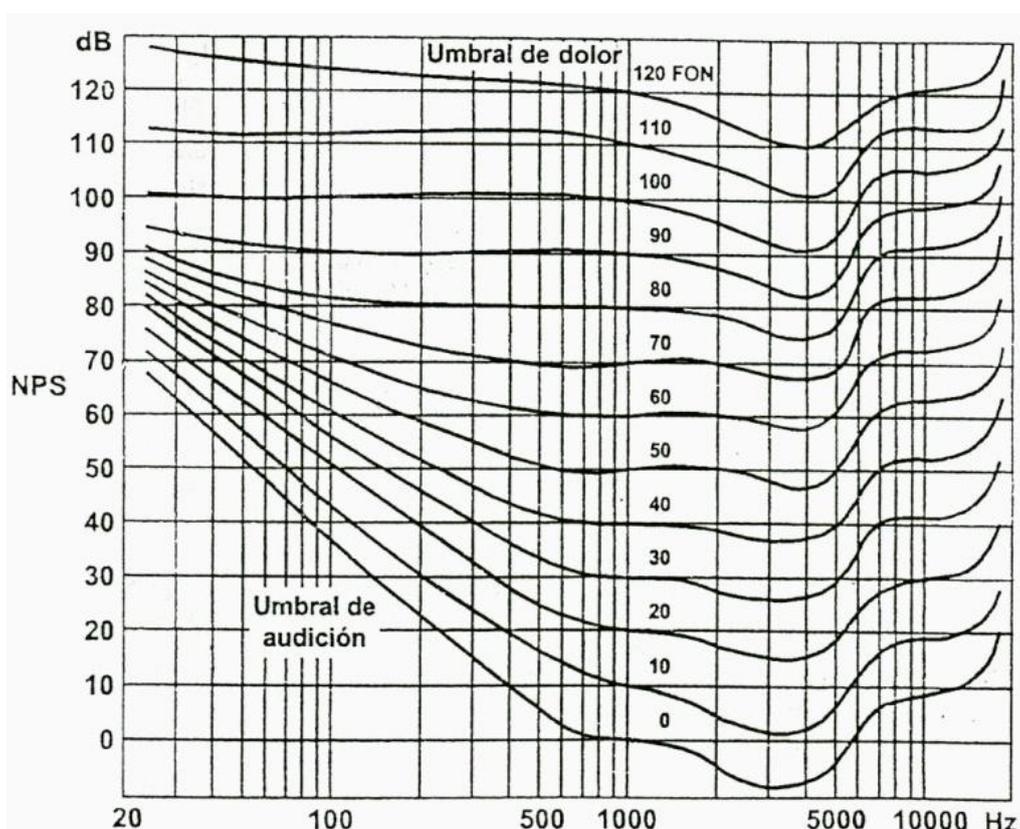
Fuente: Acústica y Sistemas de Sonido, p. 20.

2.3.2.1 Curvas de Igual Sonoridad

Las curvas de igual sonoridad, también conocidas como curvas isofónicas fueron diseñadas por los investigadores norteamericanos Fletcher y Munson, con la finalidad de demostrar que para personas con audición normal las frecuencias necesitan distinto NPS para escucharse igualmente sonoras.

Esto se debe a las distintas resonancias del oído, adaptaciones de impedancia y amplificaciones en sus distintas etapas.

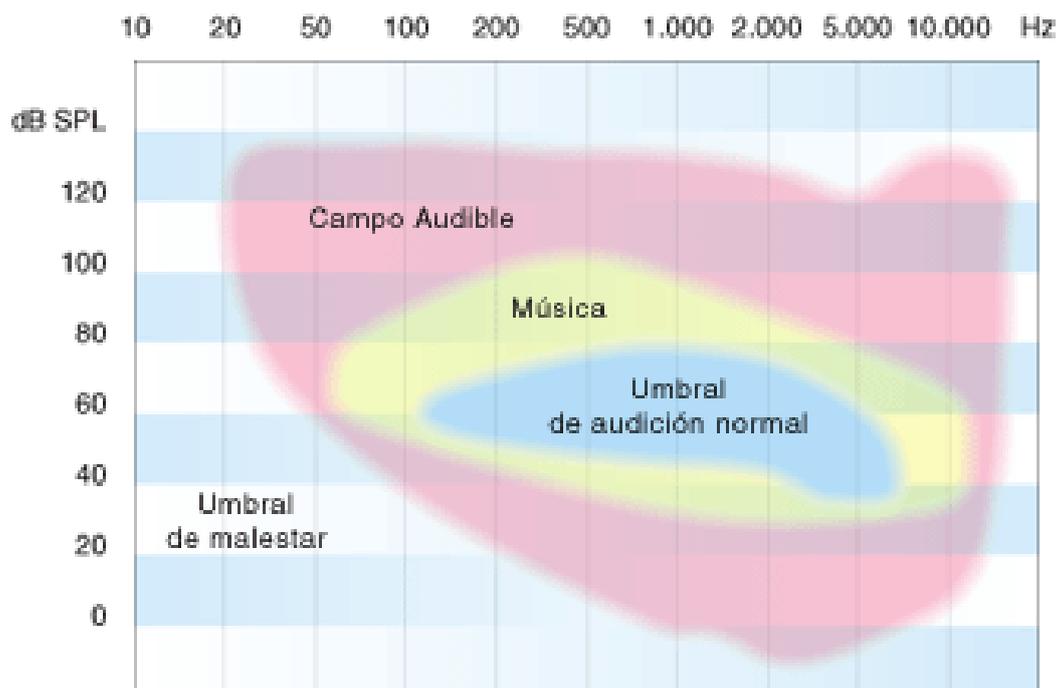
Figura 2.12: Curvas de Fletcher y Munson. Un tono de 200 Hz y 40 dB de NPS provocará la misma sensación de sonoridad que uno de 1 kHz y 20 dB de NPS. Se dice entonces que tiene un nivel de sonoridad de 20 fon. Obsérvese que a igual NPS los sonidos muy graves (baja frecuencia) y los muy agudos (alta frecuencia) tienen menor nivel de sonoridad que los sonidos medios. Además, en la zona de los 3 kHz se tiene la mayor sensibilidad del oído. La curva de 0 fon es el umbral de audición, y la de 120 fon, el umbral del dolor.



Fuente: Acústica y Sistemas de Sonido, p. 21.

Partiendo de las curvas de igual sonoridad es posible definir las zonas de audición de Wegel que analizan más a fondo la respuesta del sistema auditivo con respecto a la audición normal, la música, el umbral de malestar y el de dolor.

Figura 2.13: Curvas de Wegel.

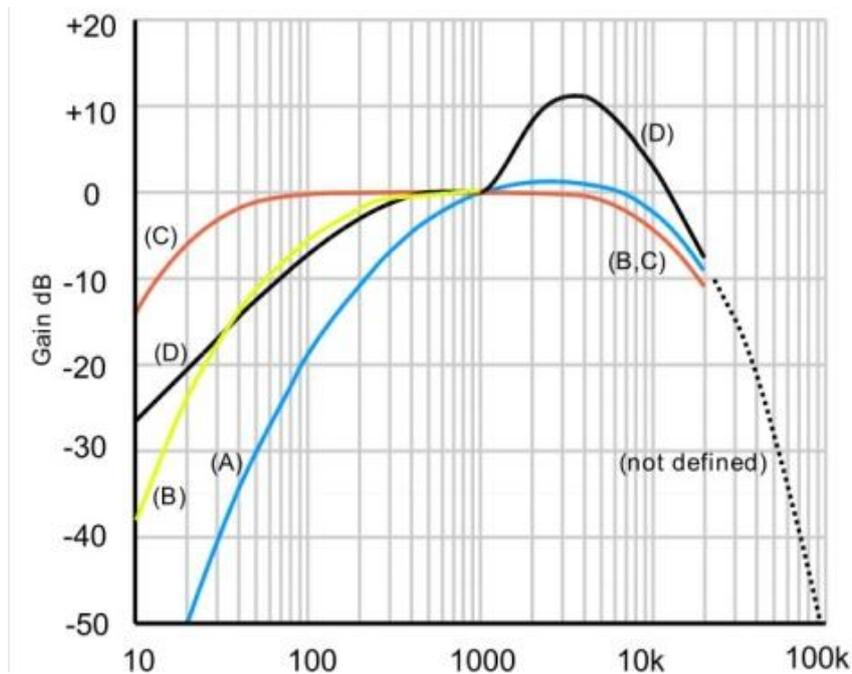


Fuente: http://www.elruido.com/divulgacion/curso/imagenes2/grafi_vegel.gif

2.3.3 Ponderación de Frecuencia

La ponderación de frecuencia es un proceso que aplican los software o instrumentos de medida acústica al sonido incidente en su micrófono, señales pregrabadas o digitalizadas; con la finalidad de ajustarlo con una norma internacional o local. La letra correspondiente a su ponderación se añade junto a la cantidad medida en decibeles dB, por ejemplo α dBA.

Figura 2.14: Curvas de ponderación de frecuencia.



Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Acoustic_weighting_curves.svg

2.3.3.1 Ponderación A

Se ha demostrado mediante estudios prácticos, y se ha comparado con las curvas de igual sonoridad, que ofrecen una buena correlación con la respuesta del oído humano para distintos tipos de fuentes de ruido a niveles medios y bajos ya que compensa la respuesta de frecuencia del mismo.

2.3.3.2 Ponderación C

La curva de respuesta con ponderación C es bastante plana entre los 50 Hz y 5 kHz con una pequeña caída fuera sus límites, muy similar a las curvas Isofónicas más elevadas, es decir que son útiles para su análisis con ruido muy fuerte, como por ejemplo el ruido industrial.

2.3.3.3 Ponderación Z

No se consideran propiamente una ponderación de frecuencia ya que no compensa en ningún sentido la respuesta del oído humano, sino que muestra

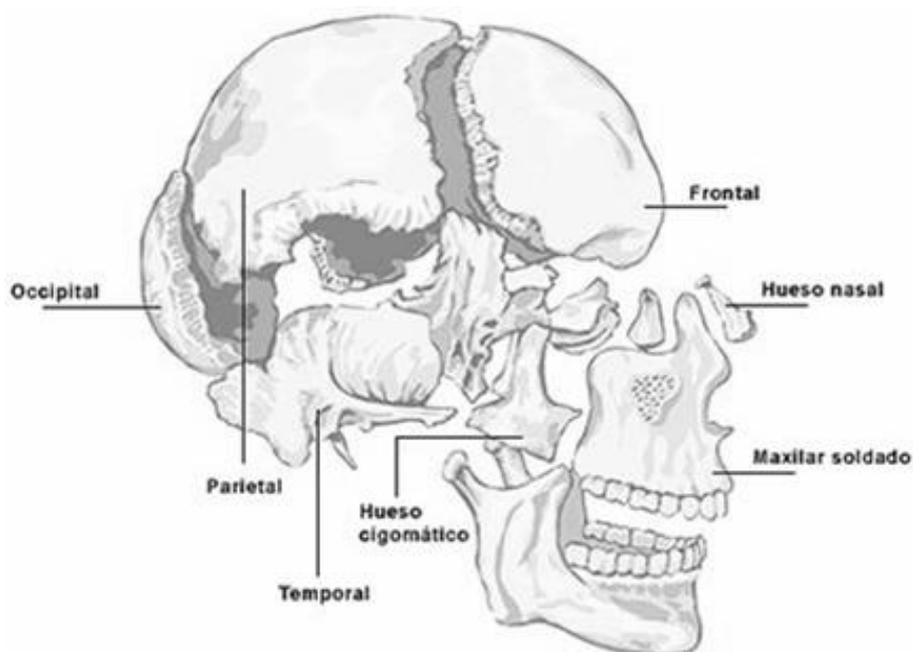
la realidad de la medición, comúnmente definida en los equipos como medición sin ponderación.

2.4 Constitución de los Huesos del Cráneo

El cráneo es la parte posterior de la cabeza ósea y se conecta en su parte anterior con el macizo facial o cara. Está dividido en dos grupos óseos que se presentan de forma par e impar.

Los huesos pares, parietal y temporal, presentan mayor dureza; mientras que los huesos impares, frontal, etmoides, esfenoides y occipital, poseen espacios aéreos (senos paranasales) ó importancia fundamental en la protección del cerebelo y la médula ósea, como es el caso del hueso occipital.

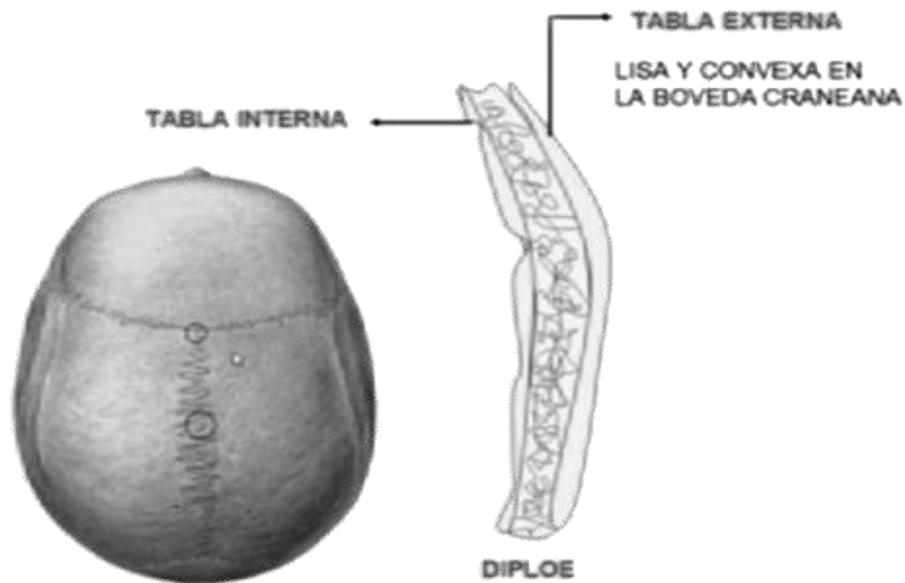
Figura 2.15: Huesos del cráneo.



Fuente: <http://ricardi.webcindario.com/img/so9.jpg>

Los huesos del cráneo se encuentran formados por tres capas. La tabla externa es lisa y convexa, mientras que la tabla interna es anfractuosa y con irregularidades, quedando en el centro el diploe que es un tejido bastante esponjoso, cuyas finalidades son las de protección del cerebro y cerebelo ante posibles golpes, separación de las tablas y unión de los huesos craneales.

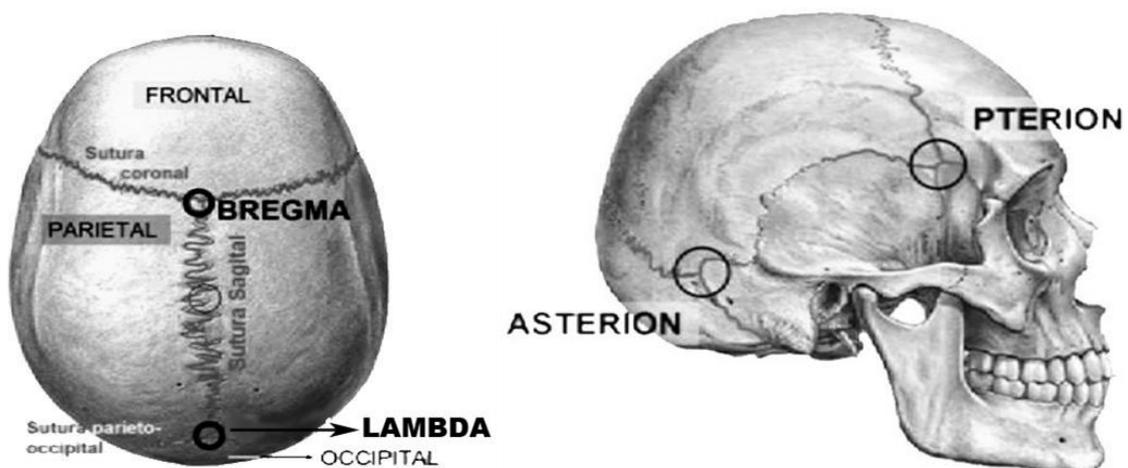
Figura 2.16: Vista exocraneal superior y estructura de los huesos del cráneo.



Fuente: <http://www.leonardocoscarelli.blogspot.com> (video "Craneo1").

Las juntas entre los huesos del cráneo se nombran en función de los huesos que unen, así se observan las suturas fronto-parietal o coronal, la interparietal o sagital y la parieto-occipital o lambdoidea. También se nombran los puntos donde se unen más de dos huesos, teniendo así los puntos suturales bregma, lambda, pterion y asterion.

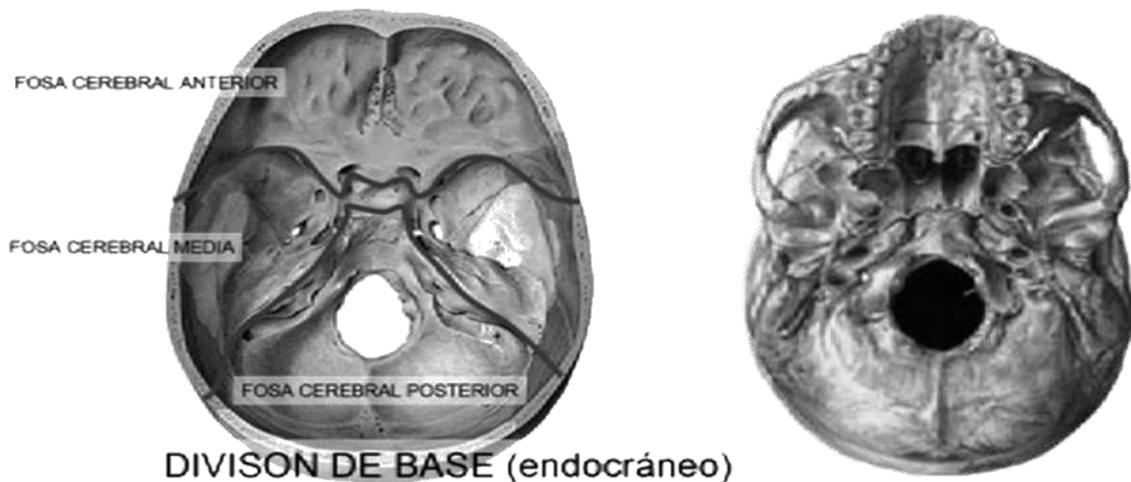
Figura 2.17: Vista exocraneal superior y lateral derecha.



Fuente: <http://www.leonardocoscarelli.blogspot.com> (video "Craneo1").

Para dar mayor rigidez a la estructura craneal se encuentran formaciones conocidas como arbotantes, que cumplen la función de soporte entre los huesos del cráneo y de división entre las distintas fosas cerebrales.

Figura 2.18: Vista endocraneal superior e inferior.



Fuente: <http://www.leonardocoscarelli.blogspot.com> (video "Craneo1").

2.5 Pérdida de Audición por Exposición al Ruido

A pesar de la imprecisión y dudas con respecto a los efectos generados por el ruido en la audición humana se han generado índices predictivos enfocados en los efectos dañinos sobre la sensibilidad de la misma, teniendo así análisis sobre desplazamientos transitorios o temporales del umbral al igual que de desplazamientos permanentes del umbral auditivo productos de la exposición al ruido sean por daños de transmisión o de percepción.

Figura 2.19: Tipos de sordera según su localización.

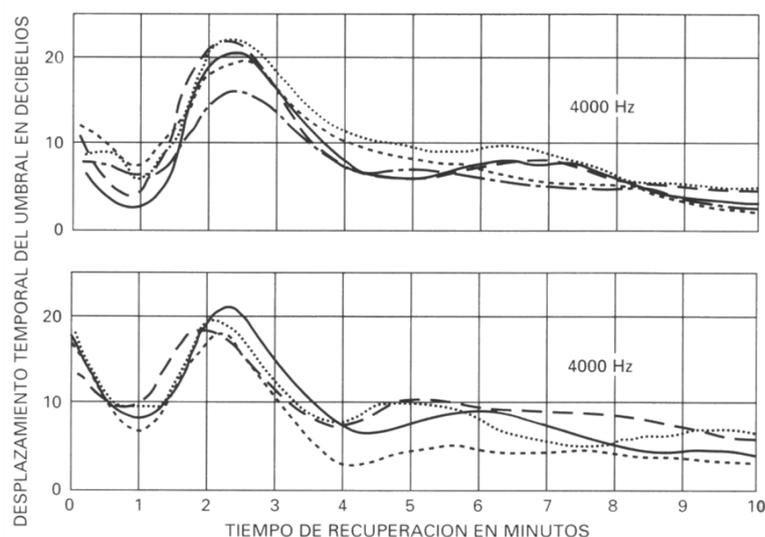


Fuente:

<http://www.xtec.cat/~cllombard/espanol/tipuscauses/grafics/sentidooido2.jpg>

El desplazamiento del umbral sea este temporal o permanente es considerado como la diferencia entre los niveles del umbral auditivo medidos antes y después de la exposición a un ruido determinado.

Figura 2.20: Recuperación temprana del desplazamiento temporal de umbral a 4 kHz. La exposición fue a 500 Hz, a un NPS de 120 dB, durante 3 min. Este patrón de recuperación es muy repetitivo, como evidencia el parecido entre las curvas de recuperación de dos sujetos. (De I. J. Hirhs y W. D. Ward).



Fuente: Manual de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, p. 18.12.

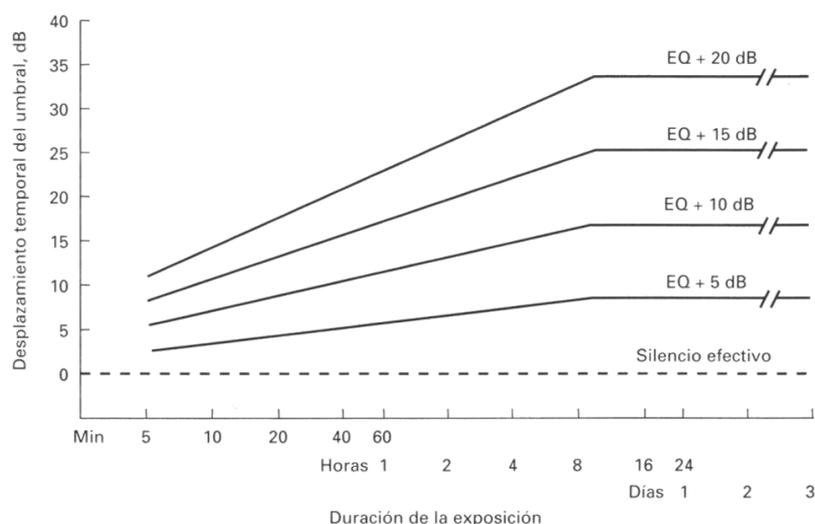
2.5.1 Trauma Acústico

El Trauma Acústico se produce por exposiciones generalmente cortas a NPS extremadamente elevados que pueden llegar a dañar cualquiera de las partes del oído y romperlas permanentemente debido a la superación de los límites fisiológicos de las mismas; produciendo una pérdida de la audición baja, moderada ó total.

2.5.2 Desplazamiento Temporal del Umbral

El desplazamiento temporal del umbral auditivo tiene como efecto una disminución de la sensibilidad del sentido de la audición, significando esto que se necesita mayor NPS en las señales audibles que llegan al oído para entenderlas de igual manera que antes de la exposición al ruido que provocó el desplazamiento.

Figura 2.21: Patrón de desarrollo idealizado del desplazamiento temporal del umbral humano para frecuencias que producen un efecto máximo en función del nivel y la duración de la exposición al ruido. El límite inferior del NPS capaz de producir un desplazamiento temporal del umbral se denomina silencio efectivo. El límite superior de la intensidad de la exposición para el desarrollo de este patrón es de aprox. 100 dB. El parámetro utilizado es la intensidad incrementada en intervalos de 5 dB por encima del silencio efectivo.



Fuente: Manual de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, p. 18.14.

Generalmente su medición se realiza dos minutos después de cesar la emisión de sonido de la fuente. Su período de recuperación depende directamente del NPS del ruido, su concentración espectral y la exposición temporal al mismo; aunque en ciertos casos debido a las consideraciones antes mencionadas, altos NPS pueden no llegar a causar un desplazamiento del umbral auditivo, caso que se conoce como Silencio Efectivo.

2.5.3 Pérdida Permanente de la Audición

La pérdida permanente de la audición a diferencia del desplazamiento temporal del umbral es irreversible pero se presenta esencialmente bajo las mismas circunstancias. Ésta pérdida puede ser parcial o total y es producto de exposiciones muy prolongadas a altos NPS como por ejemplo situaciones laborales extendidas por muchos años.

Mayormente el problema de pérdida permanente de la audición es su contenido espectral, ya que si está en las cercanías del rango de la voz, el individuo se verá relativamente incomunicado dependiendo del grado de su pérdida.

2.6 Sistemas de Protección Auditiva

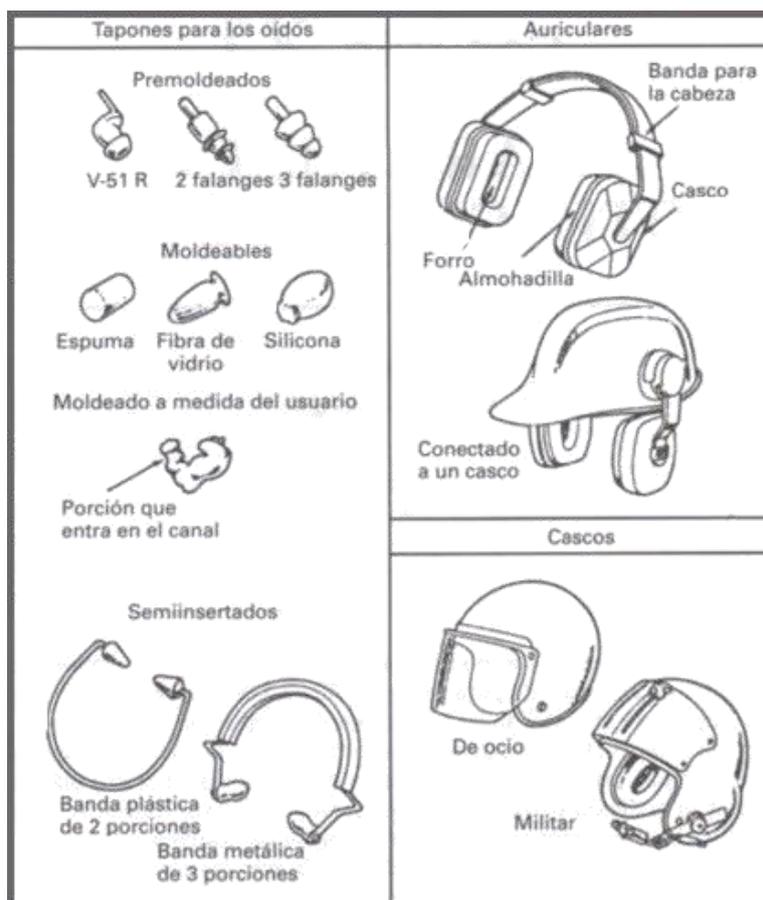
En muchos ambientes donde se generan altos NPS, no resulta práctico ni económico realizar una implementación de diseños para el control de ruido donde se considere el acondicionamiento o la aislación acústicos de las fuentes sonoras o sus partes; en su defecto se prefiere buscar el cuidado de la audición de las personas que ingresan permanentemente ó transitan por estos lugares.

2.6.1 Tipos de Sistemas de Protección Auditiva

En la búsqueda de sistemas eficaces de protección auditiva se han realizado muchos estudios dentro de los cuales se han obtenido como resultado sistemas que cubren total o parcialmente el canal auditivo, otros que se insertan en él, otros aún más específicos debido a que se moldean para el canal auditivo de un solo usuario y otros que no solo cubren el canal sino el pabellón auditivo por completo. Es obvio pensar que en la búsqueda de una

mayor atenuación en los NPS generados se llegaron incluso a combinar estos dispositivos, obteniendo en cada intento distintos resultados debido a las formas y materiales de los mismos; volviendo así cada vez menos controlable el resultado del nivel de atenuación por frecuencia.

Figura 2.22: Tipos de protectores auditivos.



Fuente: Manual de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, p. 21.2.

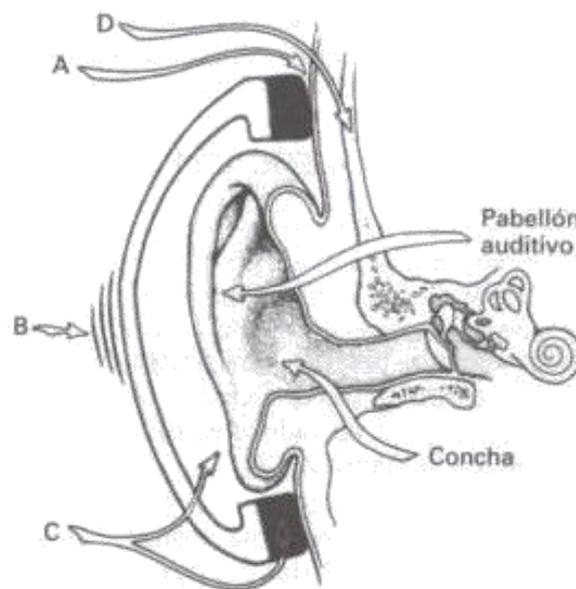
Debido a la falta de comprensión casi generalizada entre silencio absoluto y silencio efectivo, es decir entre el no tener un medio físico por el que se propaguen las ondas sonoras y el tener un ruido que aunque puede llegar a ser molesto no dañe la audición, se crearon normativas que regulan y estandarizan el tiempo de exposición al ruido en función de su NPS, obligando así a las empresas a tomar consideraciones de eficacia, aceptación, uso y cuidado de los protectores auditivos, al igual que la vida útil de los mismos.

2.6.1.1 Auriculares

Los Auriculares también conocidos como protectores tipo concha poseen una banda para la cabeza y en sus extremos un casco circunaural o concha, de donde reciben su nombre.

Los cascos circunaurales cubren en su totalidad el oído externo, sellándose con el costado de la cabeza mediante un material elástico, además están rellenos de material absorbente en la cavidad interior en una cierta proporción del volumen interno para así atenuar los niveles de ruido externos y aumentar su masa disminuyendo así los efectos de pérdida de atenuación por resonancias y vibraciones (Figura 2.23, parte B), ya que se incrementa la masa del sistema.

Figura 2.23: Casco circunaural (Auriculares).



Fuente: Manual de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, p. 21.3.

Comúnmente se diseñan formas especiales en las distintas partes de los auriculares para generar mayor presión en el sellado de la juntura de los cascos con el cráneo y así mejorar los niveles de atenuación sonora, de acuerdo a las formas y materiales mediante la utilización del criterio de sellado

de las vías de flaqueo debidas a la difracción sonora (Figura 2.23, partes A, C y D).

2.6.1.2 Eficacia de los Auriculares

Una vez que el auricular ha cubierto eficazmente el oído externo el sonido puede llegar a éste mediante cuatro vías distintas como se observa en la Figura 2.23.

Tabla 2.2: Factores que afectan la eficacia de los auriculares.

Factores que afectan la eficacia de los Auriculares (Figura 2.23)	
Escapes de Aire (A)	Crean una disminución en la atenuación entre 15 y 20 dB, dependiendo del tamaño de la abertura y el espectro del ruido.
Vibración del Sistema (B)	Se pueden producir vibraciones debidas a resonancias del sistema o a la elasticidad de la piel que en 125 Hz y sus alrededores causan una disminución de la atenuación de 25 dB aproximadamente.
Transmisión a través los materiales (C)	El sonido se transmite directamente a través de los materiales de los cascos circunaurales; su nivel de transmisión depende de la masa, rigidez, amortiguamiento y absorción de los materiales, al igual que del coeficiente de transmisión sonora. Su atenuación sonora es significativa por encima de 1 kHz.
Transmisión Ósea (D)	Este mecanismo de soporte de la audición del cuerpo humano para baja frecuencia puede causar disminuciones en el funcionamiento efectivo del sistema para esta zona del espectro audible.

Fuente: de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, p. 21.4.

2.6.1.3 Efecto de Oclusión

El efecto de oclusión es un incremento en la eficacia con la que un sonido llega a ser transmitido hacia el oído al obstruir el canal auditivo. Funciona aproximadamente para frecuencias por debajo de los 2 kHz apoyándose en el principio de transmisión ósea.

Éste efecto produce una variación en la percepción de los sonidos que llegan al cuerpo ya que las frecuencias bajas se enfatizan y las altas se atenúan, mientras que en las frecuencias medias y medias altas domina la curva de atenuación del sistema.

Tabla 2.3: Atenuación sonora de los protectores auditivos TRUPER.

PROTECTOR TRUPER								
Frecuencia Hz	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
Atenuación Media dB	26,8	24,9	24,0	25,6	26,4	32,8	36,0	41,4
Desviación Estándar dB	18,6	18,5	18,4	18,9	20,8	29,1	27,2	33,4

Fuente: Envoltura Protector Auditivo TRUPER.

2.6.1.4 Comodidad y Modo de Empleo

La comodidad es una cualidad crítica en el diseño de protectores auditivos, ya que comparte igual importancia con la curva de atenuación del sistema, que no depende únicamente del diseño y forma del protector auditivo sino de su cuidado y mantenimiento a lo largo de su vida útil.

Los sistemas de protección auditiva son elementos de seguridad industrial de carácter personal, es decir que cada usuario debe ser capacitado en su modo de empleo, correcto y consistente; además debe ser previsto del tiempo necesario para su adaptación tanto física como psicológica.

El modo de empleo de los sistemas no contempla únicamente su uso, sino su higiene, mantenimiento, seguridad y respeto a su diseño, los mismos que varían según su marca y modelo; estos datos vienen provistos por el fabricante

en una cartilla de especificaciones o en su envoltura, pero comúnmente se suele sugerir.

- Peinar el cabello hacia atrás.
- Retirar el cabello de las orejas.
- Cubrir en la mayor proporción posible las orejas.
- Colocar la diadema sobre la cabeza.
- Regular la altura de la diadema para que presione contra la cabeza.

2.7 Sistemas de Referencia Musicales

Figura 2.24: Evolución de los metrónomos.



Fuentes:

<http://media.createdigitalmedia.net/cdmu/images/storiespre2k6/metronome.jpg>

http://www.stringandhornshop.com/upload_images/korg_metronome.jpg

Al hablar de los sistemas de referencia musicales también conocidos como metrónomos, medidores y reguladores, es inevitable hablar del tempo y en cierta medida del compás musical.

Un metrónomo es un dispositivo generador de pulsos regulados, el mismo que ajusta la velocidad de la ejecución musical. En sus principios constaba de un

péndulo y una polea, pero con el avance tecnológico de la vida moderna pasó a ser electrónico y digital, midiendo sus pulsos en función de su cantidad por compás musical y por minuto (bpm - beats per minute).

2.7.1 Tempo Musical

El tempo es la velocidad con la que se ejecuta una pieza musical. Generalmente se indicaban con palabras italianas para la música clásica y con pulsos por minuto para los demás géneros musicales, como se observa en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: Relación de tempo en términos italianos y bpm.

Tempo Musical de Menor a Mayor		
T. Italiano	Significado	bpm
Larguísimo	muy muy lento	< 20
Largo	muy lento	20
Lento	lento	40 - 60
Grave	lento y solemne	40
Larghetto	más o menos lento	60 - 66
Adagio	lento y majestuoso	66 - 76
Adagietto	un poco lento	70 - 80
Tranquillo	tranquilo	80
Andante	al paso	76 - 108
Andante Moderato	con poca más celeridad que el andante	110
Andantino	más vivo que el andante moderato	112
Moderato	moderado	108 - 120
Allegretto	un poco animado	120
Allegro	animado y rápido	120 - 168
Vivo	rápido y vivaz	180
Vivace	vivaz	185
Presto	muy rápido	168 - 200
Prestissimo	muy muy rápido	> 200

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Tempo>

Con el paso del tiempo se notó que la definición con palabras italianas dejaba cierto espacio a la ambigüedad, ya que utilizaba términos como rápido o lento. En vista de esto se determinó que la interpretación bajo ese concepto dependía del humor del músico, su estado de ánimo y su emotividad al interpretar una pieza musical en particular, además de ciertos factores externos a la música y propios de la vida del intérprete. Teniendo esto en cuenta se realizó una homogenización entre ambos sistemas para que las obras se interpreten casi siempre a la misma velocidad o tempo, mientras que otros conceptos como el compás musical se iban ajustando a procesos de análisis matemático.

Capítulo 3. Desarrollo Experimental

3.1 Metodología

3.1.1 Diseño del Proyecto y Aplicación del Marco Teórico

El proyecto parte con el análisis del cuidado de la audición sea esta normal o no, como en el caso de personas con deficiencias auditivas adquiridas o congénitas, es decir que busca dar una solución efectiva y eficiente, ante problemas de pérdida auditiva, tanto de orden proactivo como reactivo. Con esto se define que no solo se cuida la audición sana con el fin de no perderla, sino la audición anómala con el fin de mantenerla y no empeorarla.

Posteriormente se busca un campo de estudio finito, de preferencia virgen, con lo que se define el tema inclinado hacia los músicos; se lo particulariza en bateristas y percusionistas, para luego conjugarlo con el cuidado de la audición tal como se define anteriormente. Se especifica que se considera como área de trabajo el lugar en el que el músico interpreta su instrumento.

Para esto es necesario comprender la inclinación que tiene el marco teórico partiendo por el análisis del comportamiento del sonido al aire libre, mostrando que es la situación más favorable y comprensible ante una exposición a altos niveles sonoros, llegando así al análisis del comportamiento sonoro en recintos cerrados para observar el casi impredecible comportamiento de los frentes de onda complejos ante las variadas características de las distintas salas en las que el oyente pueda encontrarse.

Una vez comprendidos éstos conceptos se considera poner no solamente fuentes sonoras en su interior sino múltiples oyentes que obviamente poseen distintas capacidades físicas en su audición, pero con la particularidad de compartir los mismos sistemas de audición aunque no necesariamente completos, debido al hecho de considerar a personas con deficiencias auditivas congénitas, lo que conduce la investigación al estudio del funcionamiento del oído en sus distintas etapas (Figura 2.6).

Al realizar un análisis tradicional del funcionamiento del oído se decide agregar conceptos novedosos que permiten direccionar de mejor manera la intencionalidad del proyecto como son la equilibriocepción y la transmisión ósea, que permiten comprender la necesidad mayoritaria de las personas por buscar altos niveles de presión sonora y además permiten buscar un método válido de redirigir a los frentes de onda por otros caminos que lleguen de alguna forma a la audición y sean igualmente comprensibles por el cerebro.

Se analiza la audición no solo desde un punto de vista sistemático sino práctico-funcional mediante las curvas de igual sonoridad definidas por los investigadores Fletcher y Munson así como las zonas de audición definidas por el investigador Wegel, donde se observan con claridad las zonas de mayor sensibilidad auditiva, para con esta información poder obtener conclusiones sobre la importancia del sistema auditivo y su concordancia con el habla en cuanto a espectro de frecuencia se refiere. (Figura 2.12 y Figura 2.13)

Paralelo a esto se analizan las curvas de ponderación de frecuencia con la finalidad de comprender su objetivo práctico sobre la audición, consiguiendo de esta manera determinar el comportamiento del oído ante niveles sonoros altos y bajos, permitiendo el ingreso de temas relacionados con el control de ruido como por ejemplo la legislación local vigente en el área industrial ante altos niveles de presión sonora.

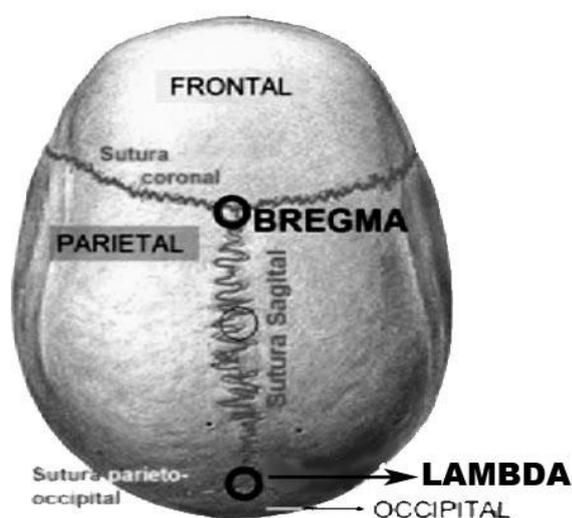
Analizando la legislación local vigente (Anexo 12) se observa que un músico (baterista o percusionista) puede ensayar (solo o acompañado) un promedio de 2 horas diarias sin protección (95 dB aprox.) ó la duración equivalente a 5000 golpes muy fuertes (125 dB aprox.) en el redoblante (*rimshot*⁹); que considerando un género musical convencional, es decir que tenga un compás

⁹ Sonido explosivo generado al golpear con una baqueta la membrana y el aro de un tambor.

de 4/4, tempo de 100 bpm, con *tiempos débiles*¹⁰ en los pulsos 2 y 4, equivalen a 100 minutos sin descanso (1 hora con 40 minutos).

Al indagar una solución a la interrogante planteada sobre las vías de los frentes de onda ante la audición y teniendo en cuenta la transmisión ósea, se buscan caminos a través de los huesos del cráneo, sus juntas y formaciones estructurales. Se define a bregma como el punto de aplicación de un sistema vibratorio alternativo de emisión sonora debido a su máxima equidistancia estructural a los huesecillos del oído medio, su rigidez y su relativa comodidad.

Figura 3.1: Vista exocraneal superior.



Fuente: <http://www.leonardocoscarelli.blogspot.com> (video "Craneo1").

Una vez definido el punto bregma como posición ideal de ubicación del sistema a diseñarse, se busca la ruta exacta por donde recorrerán los frentes de onda (Figura 2.17).

La perturbación se origina en bregma, recorre hacia ambos lados por la sutura coronal (debido a su menor resistencia en comparación a la sutura sagital y posterior encuentro con el hueso occipital), llega a pterion y hace vibrar al hueso temporal donde se encuentran insertos los huesecillos del oído medio

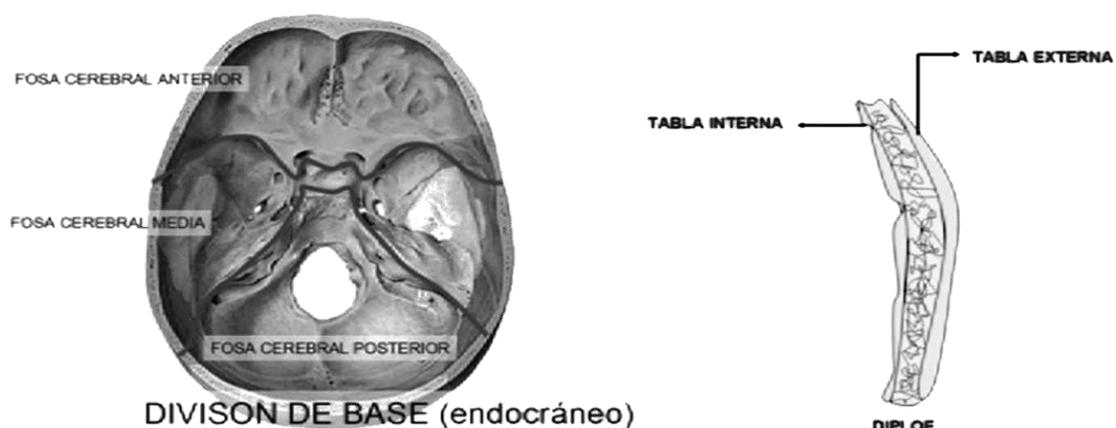
¹⁰ Momentos en el compás musical donde se suele tocar el redoblante en géneros musicales convencionales.

que también reciben la perturbación (no se dirigen hacia los huesos de la cara debido a su cambio en la densidad estructural por los senos paranasales ni hacia asterion debido a la dureza del hueso occipital).

Una vez que los huesecillos del oído medio vibran en frecuencias entre los 20 Hz y 20 kHz (con la perturbación original, no con *armónicos*¹¹ ni *sobretonos*¹²) la perturbación se convierte en información conocida para el sistema auditivo y posteriormente para el cerebro, es decir que la vibración inicial se convierte en un estímulo sonoro y audible.

Para evaluar si la ruta y el punto de aplicación elegidos son correctos se analizan dos temas fundamentales que son la pérdida auditiva debida al ruido y las enfermedades auditivas (Anexo 4), determinando que probablemente sea la mejor opción, si es posible explicar teóricamente los sistemas de protección del cráneo hacia el cerebro. Nuevamente se determina que la vía con menor resistencia para la transmisión ósea es externa, debido a la variación de densidad estructural de las capas de los huesos craneales y la inmersión del cerebro en fluidos acuosos.

Figura 3.2: Vista endocraneal superior y estructura de los huesos del cráneo.



Fuente: <http://www.leonardocoscarelli.blogspot.com> (video "Craneo1").

¹¹ Un armónico es un múltiplo exacto de la frecuencia original.

¹² Un sobretono es un múltiplo inexacto de la frecuencia original.

Teniendo claro todo lo anteriormente expuesto y considerando la ubicación del punto bregma para posicionar el dispositivo vibratorio que funcione en el rango audible, es decir un altavoz, se analizan los distintos tipos de protectores auditivos, tanto por su forma como por su atenuación, diseño y características del ruido; debido a los niveles buscados en ensayos, las zonas de audición de Wegel así como en el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo [2], se definen como opción válida los protectores auditivos del tipo auriculares.

Conjugando todo lo antes dicho es momento de definir el correcto funcionamiento del sistema a forjarse en el proyecto, es decir que se diseñan adaptaciones mecánicas para protectores auditivos tipo concha que ubiquen un parlante sobre el punto sutural del cráneo, bregma, que transmitirá una señal de referencia de metrónomo (causante de gran parte de la pérdida auditiva en músicos debido a su contenido espectral pobre, fácil enmascaramiento y alto NPS) mediante el principio de transmisión ósea, apoyándose en la curva de atenuación del sistema y el efecto de oclusión para buscar una mejora en la percepción sonora del instrumento musical, permitiendo así una disminución del trabajo del oído por la atenuación y vías de acceso de los múltiples frentes de onda al igual que un mayor confort en el área de trabajo.

3.1.2 Desarrollo del Experimento

En el Desarrollo Experimental se siguieron varios procesos investigativos y de producción de distinta índole debido a que el tema de tesis conjuga varias de las disciplinas que encierra la ingeniería en general.

El primero de los pasos es la definición del protector auditivo correcto en función del diseño de su diadema, lo que facilita definir la forma aproximada que debe tener internamente la adaptación para la misma y además permite buscar un material apropiado para su diseño.

Figura 3.3: Opciones de protectores auditivos.



Protector TRUPER

Protector 3M

Fuentes: http://www.ferrodepot.com/th_lg/43250018.jpg

<http://www.jchere.com/company/l13713954/2009520113254.jpg>

Debido a la versatilidad en las formas de los protectores auditivos industriales de marcas como TRUPER y 3M con su modelo 1425, se los considera como posibles soluciones al desarrollo experimental; pero una vez analizados con mayor detenimiento, se definió imposibilidades técnicas con el protector 3M a causa de su crecimiento transversal en el espesor de la diadema, motivo por el cual se eligió como mejor opción y solución al problema planteado el protector auditivo TRUPER ya que utiliza una tecnología de soportes estructurales que permiten mantener dimensiones constantes a lo largo del cuerpo de su diadema, brindando la opción de crear un acople deslizante de dimensiones constantes y buena flexión para el proyecto.

Figura 3.4: Acabados finales de los acoples, con y sin protección elástica.



El siguiente paso es la definición del método para elegir los materiales ya que es posible partir desde un punto de vista netamente teórico, calculando las propiedades físicas del material requerido, para luego buscar su existencia o no dentro de la variada gama de materiales disponibles en el mercado preferentemente nacional ó partir desde conceptos preconcebidos por técnicos conocedores del área y elegir entre unas cuantas opciones probablemente ajustables a nuestras necesidades. Por facilidad al igual que por comodidad se prefirió elegir el segundo método, con la única complicación que es necesario pasar con todos los materiales por un proceso de experimentación, definiendo como opciones posibles los siguientes materiales: Madera, aluminio, duralón, grilón ó inyección plástica.

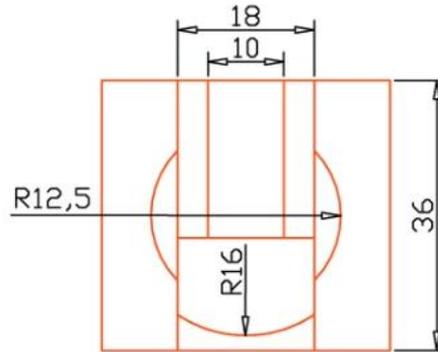
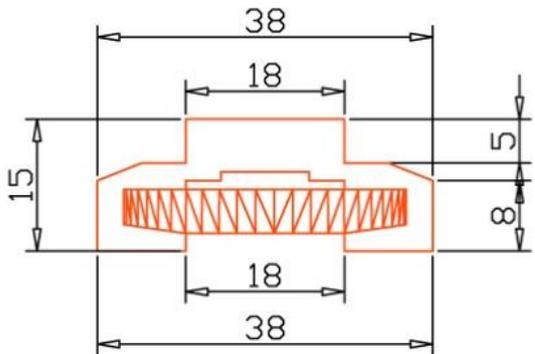
El proceso de diseño y elaboración de la pieza consta de la fabricación de cuchillas específicas por material al igual que por ranura, corte de una pieza de material de mayores dimensiones a las finales, desbastado de la pieza, refrentado, perforado y múltiple ranurado de la misma; todo con el respectivo cambio en las revoluciones y material de las cuchillas que se conectan con el rotor de la maquinaria.

Figura 3.5: Selección y corte del material.



Figura 3.6: Definición formal de dimensiones, desbastado y primer ranurado
(Refrentado).

Vista Frontal Vista Inferior



Vista Lateral

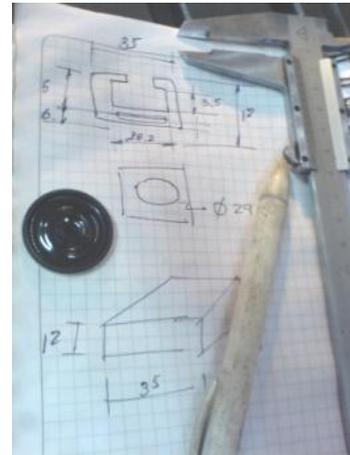
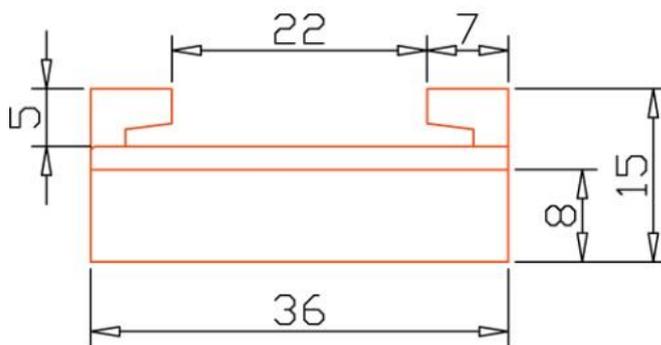


Figura 3.7: Diseño de cuchillas para ranurado de forma.



Figura 3.8: Ranurado de la pieza.

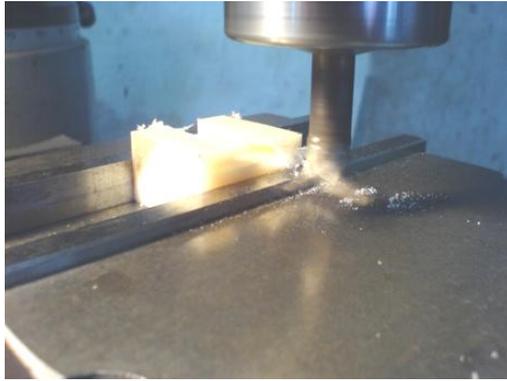
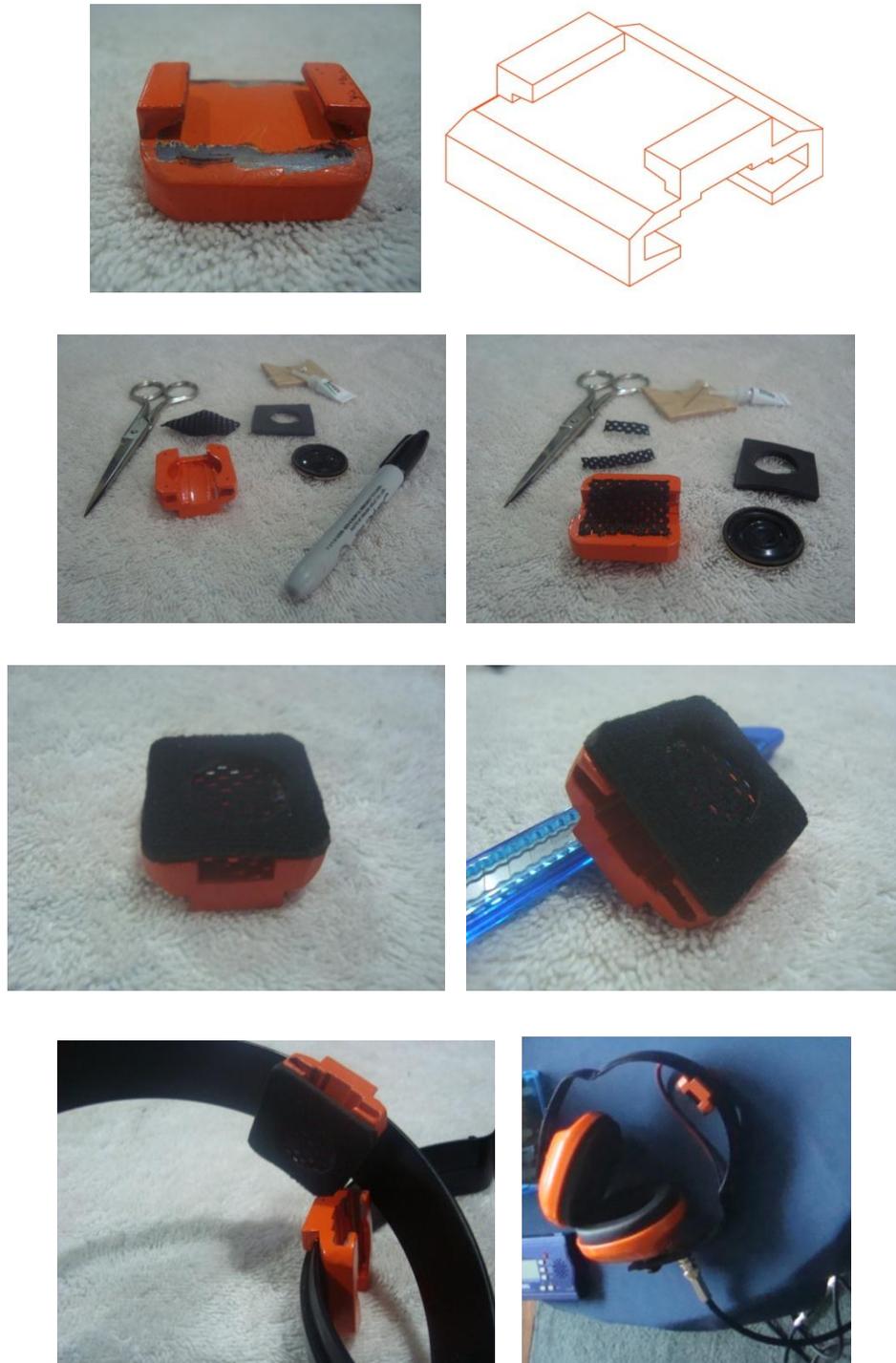


Figura 3.9: Acabados de la pieza.



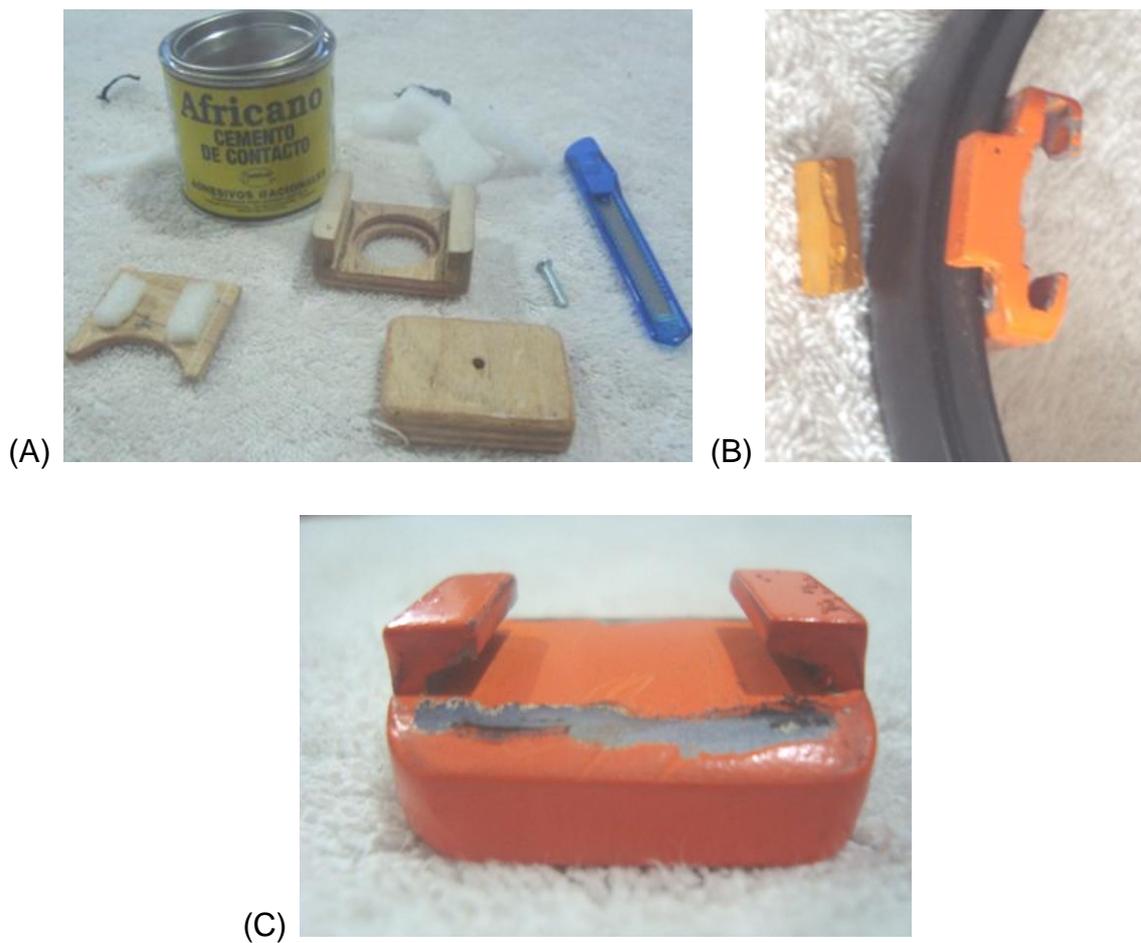
Con los distintos materiales elegidos para el proceso de investigación se obtuvieron distintos resultados relativos a la forma y dimensiones de las piezas, además de su versatilidad y comodidad teóricos, como se observa en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Resultados de las pruebas de diseño de las piezas en distintos materiales.

Material	Tamaño	Flexión	Comodidad	Versatilidad
Madera	Grande	Nulo	-----	Nulo
Aluminio	Pequeño	Nulo	-----	-----
Inyección Plástica	Pequeño	-----	----- Óptimo	----- Óptimo
Duralón	Pequeño	Medio	-----	Nulo
Grilón (Nylon 6)	Pequeño	Óptimo	Óptimo	Óptimo

Los datos mostrados en la Tabla 3.1, en cuanto a flexión se refieren, en su mayoría podían verse claramente analizando la fatiga de los materiales.

Figura 3.10. Evaluación de los Materiales (A) Madera, (B) Duralón, (C) Grilón.



Teniendo en cuenta las posibles formas, la fatiga de los materiales, su durabilidad e incluso la facilidad para pintarlos, se elige como mejores opciones al grilón (nylon 6) y como segunda opción al duralón (nylon 66). Ya en la práctica el duralón presenta mayor fatiga y dimensiones, motivo por el cual se toma como material definitivo al grilón. Como se puede evaluar en la Tabla 3.1, es mejor la utilización de procesos de inyección plástica, ya que es posible modificar los parámetros de dureza y tamaño final de la pieza; de igual manera se evita el proceso industrial de fabricación, por un molde inyectable de gran costo, el mismo que se justifica únicamente con la masificación del producto.

3.1.3 Experimentación

Considerando que con respecto a la utilización de un metrónomo existen criterios de uso, como el tocar de una forma totalmente congruente con el click (*tight*¹³), el tocar ligeramente adelantado ó atrasado a él; si se añade a esto el tiempo de persistencia acústica junto con la imprecisión motriz del ser humano ante tareas repetitivas, es posible concluir anticipadamente que se puede definir un índice o tal vez una curva de precisión interpretativos con respecto al click. Para el análisis de esta posibilidad, se desarrolla una aplicación en MATLAB que cumple la función de medir la distribución normal del fenómeno mediante una curva de Gauss, mostrando además la media y mediana de los datos obtenidos, permitiendo así determinar valores máximos y mínimos tolerables para su análisis.

Gozando de la ayuda de esta herramienta de MATLAB, cuya programación se puede observar en el Anexo 16, para graficar curvas que definen la precisión interpretativa de un músico, es necesario encontrar una utilidad para los resultados que brinda la aplicación, entonces se define el siguiente método:

- Elegir un grupo humano de 10 músicos, preferentemente bateristas e intentar que al menos uno posea alguna deficiencia auditiva.

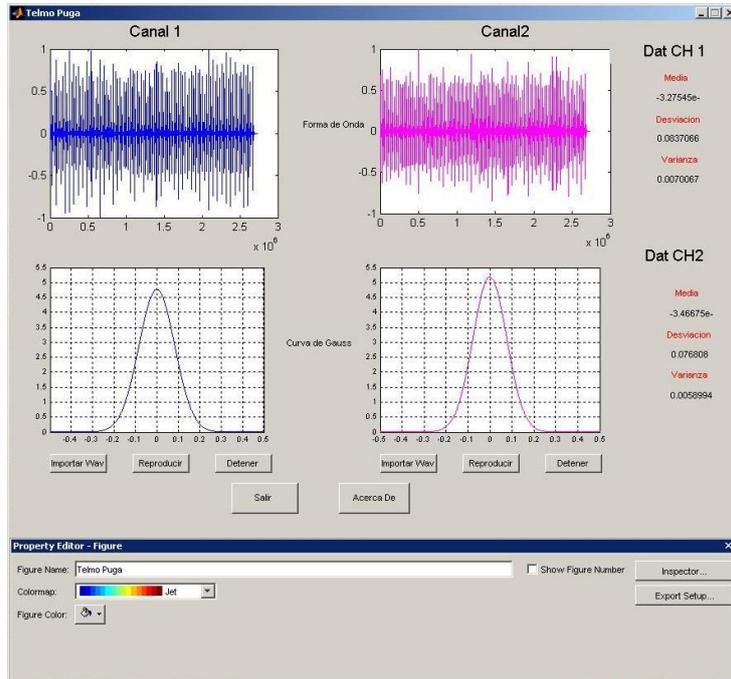
¹³ Forma de utilización del metrónomo en la que se busca interpretar el instrumento de una forma totalmente congruente con el click del mismo.

- Definir condiciones favorables e iguales para la población que va a probar el sistema.
 - Utilizar la misma sala de grabación.
 - Utilizar los mismos elementos en la cadena electroacústica.
 - Mantener el mismo orden de los elementos de la cadena electroacústica.
 - Mantener los mismos niveles de entrada y salida de los elementos de la cadena electroacústica.
 - Intentar que los intérpretes toquen a un NPS similar, mediante una ejemplificación con y sin protectores auditivos.
 - Mantener el mismo tempo en el click del metrónomo.
 - Grabar a los músicos con ambos sistemas (tradicional y del proyecto).
 - Proveer a los músicos de protectores auditivos nuevos.
- Utilizar la aplicación de MATLAB para obtener curvas con un metrónomo tradicional.
- Utilizar la aplicación de MATLAB para obtener curvas con el sistema del proyecto.
- Comparar las curvas con la finalidad de determinar con qué metrónomo se tuvo mayor precisión interpretativa.
- Analizar los datos obtenidos en el programa para ambas situaciones.
- Realizar una encuesta en la que se evalúa comodidad, versatilidad de uso y de diseño.
- Analizar todos los datos recibidos en ambas etapas y así obtener conclusiones.

3.2 Presentación de Resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de la prueba realizada en el estudio de grabación y evaluada con la aplicación de MATLAB para su posterior análisis. A la izquierda, en color azul, se encuentran los gráficos de forma de onda y curva de Gauss con el metrónomo por el camino normal de audición y a la derecha, en color magenta, por transmisión ósea, la información se separa por canales para su mejor comprensión. Luego de cada medición se muestran las respectivas encuestas, cuyo formato se puede observar con mayor detenimiento en el Anexo 11.

Figura 3.11: Resultados Telmo Puga.



Telmo Puga
telmobeat@hotmail.com



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCIERRE EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SI NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SI NO

En caso de haber respondido que SI, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

NO UTILIZO SIEMPRE PORQUE AL NIVEL QUE VO UTILIZO
ME DUELE LOS OÍDOS Y FREQÜENTEMENTE ANTIÉJANO.

2.1. ¿Comparado con los sistemas que ha probado anteriormente, ¿Cómo clasificaría al sistema que ha probado el día de hoy? (EXCELENTE, BUENO, REGULAR, MALO, PÉSIMO)

EXCELENTE

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SI NO

¿Por qué?
PORQUE LOS AUDÍFONOS QUE UTILIZO TIENEN UNA
FUERTE MANTA SIN DAÑARME EL OÍDO, Y VO QUE PROBE VO VO
LA CABEZA Y VO TIENGO MOLESTIA EN EL OÍDO.

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted este sistema? (Estudio de grabación, conciertos, ensayos, aprendizaje, en todas ellas ó en ninguna de ellas)

EN TODAS ELAS.

¿Por qué?
PORQUE VO TIENGO UN CUIDADO A FUTURO DE MIS
OÍDOS Y VO ESTARÍA EN RIESGO.

5. ¿Sentí mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SI NO

6. ¿Sentí mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SI NO

¿Por qué?

NO TIENGO MOLESTIA EN EL OÍDO Y ME LLEGO UN POCO
MAS CLARO EL VÍO. O TIEMPO.

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de interpretación de su instrumento?

SI NO

¿Por qué?

SI TENIENDO UN APORTE PORQUE LOS AUDÍFONOS
QUE TIENGO DE CAUSAR MOLESTIA EN CAMBIO CON ESTOS PUEDO ESTAR
MAS SEGURO DE LO QUE HAGO

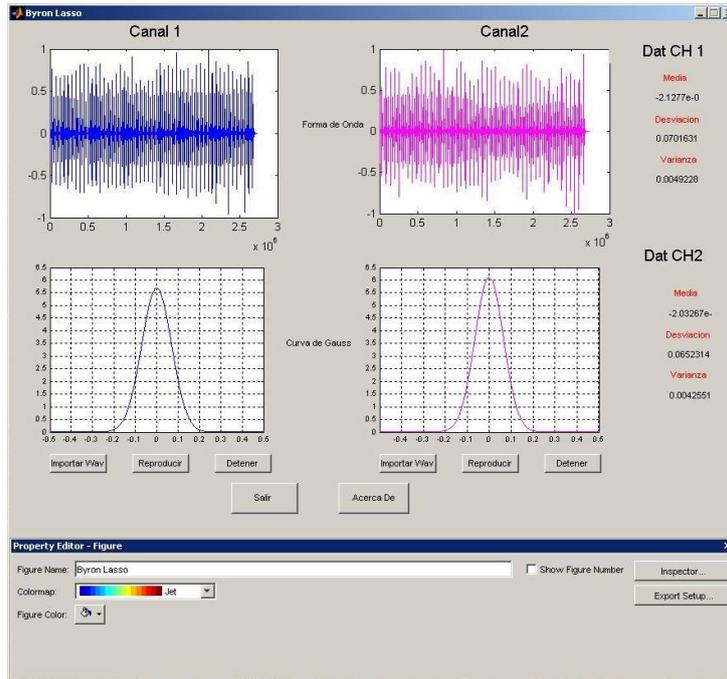
8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del instrumento son menos notorias?

SI NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SI NO

Figura 3.12. Resultados Byron Lasso.



Byron Lasso
bydavmsoul999@hotmail.com



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCIERRE EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SI NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SI NO

En caso de haber respondido que SI, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

Se usan tapones no se del fabricante, para no quedarme sordo, y escuchar definido los sonidos, siempre y mas headphones para el metrónomo.

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SI NO

¿Por qué?

Te brinda protección según los niveles mínimos de protección a demás de manejar la señal del metrónomo sin afectar la audición y tu performance.

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted este sistema? (Estudio de grabación, conciertos, ensayos, aprendizaje, en todas ellas ó en ninguna de ellas)

Pueda ser todos y en conciertos podría que no

¿Por qué?

En conciertos dependiendo del género mas por la movilidad q se tiene en vivo, se necesita mas comodidad

5. ¿Sintió mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SI NO

6. ¿Sintió mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SI NO

¿Por qué?

No me molesta el sonido o las frecuencias propias del instrumento, q por construcción propia te afectan directo al sistema auditivo

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de interpretación de su instrumento?

SI NO

¿Por qué?

No existe en el mercado algo completo como el presentado

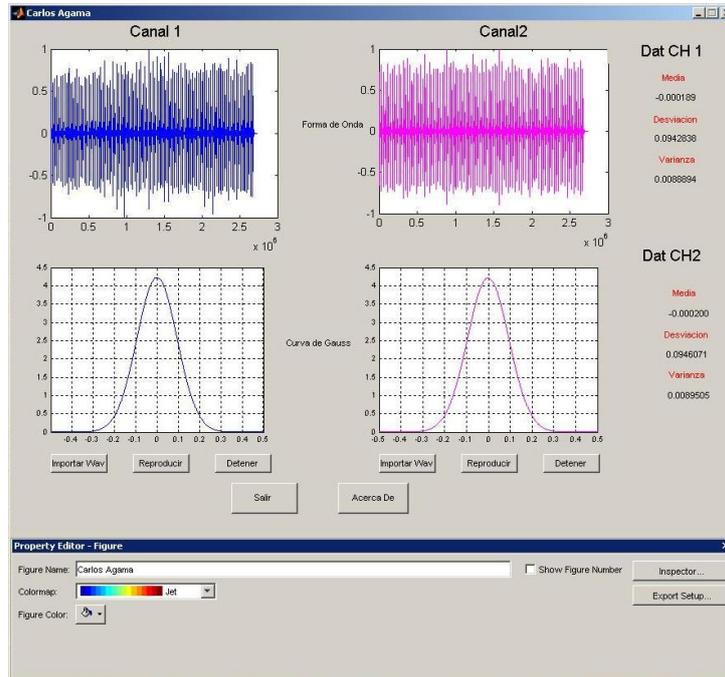
8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del Instrumento son menos notorias?

SI NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SI NO

Figura 3.13: Resultados Carlos Agama.



FERRUGAMA @ ANDINANET.NET
CARLOS AGAMA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCIERRE EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SI NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SI NO

En caso de haber respondido que SI, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

POR CUIJAR LA AUDICION, A DIARIO, 3H 1270

2.1. ¿Comparado con los sistemas que ha probado anteriormente, ¿Cómo clasificaría al sistema que ha probado el día de hoy? (EXCELENTE, BUENO, REGULAR, MALO, PÉSIMO)

EXCELENTE

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SI NO

¿Por qué?

POR LA DISMINUCION DE SONIDO POR FRECUENCIA.

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted éste sistema? (Estudio de grabación, conciertos, ensayos, aprendizaje, en todas ellas ó en ninguna de ellas)

EN TODAS ELLAS

¿Por qué?

POR EL ALTO RUIDO Y CUIDA TU AUDICION.

5. ¿Sintió mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SI NO

6. ¿Sintió mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SI NO

¿Por qué?

PORQUE TODO SE ESCUCHA A UN NIVEL MAS BAJO

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de interpretación de su instrumento?

SI NO

¿Por qué?

PORQUE CON MENOS RUIDO ES MAS FACIL ENTENDER LO QUE SE HACE

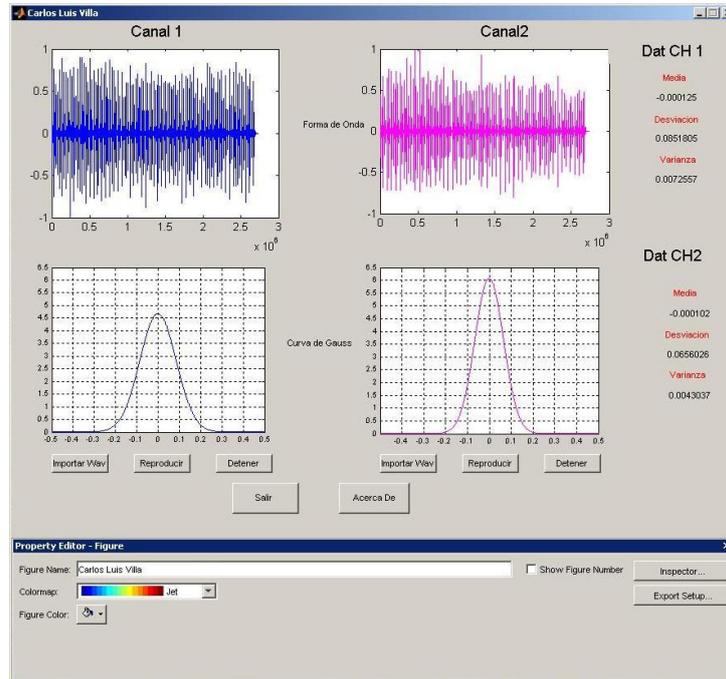
8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del instrumento son menos notorias?

SI NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SI NO

Figura 3.14: Resultados Carlos Luis Villa.



CONTROL 90 @ HOSPITAL - COM.

CARLOS LUIS VILLA O.



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCIERRE EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SI NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SI NO

En caso de haber respondido que Sí, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

POR CUIDADO DEL SISTEMA AUDITIVO, LO USO MAYORITARIAMENTE EN PRÁCTICAS, EN UN ESTUDIO CERRADO, DE CUALQUIER FABRICANTE.

2.1. ¿Comparado con los sistemas que ha probado anteriormente, ¿Cómo clasificaría al sistema que ha probado el día de hoy? (EXCELENTE, BUENO, REGULAR, MALO, PÉSIMO)

EXCELENTE.

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SI NO

¿Por qué?

HAY MUCHA MÁS CLARIDAD, EL SONIDO ES LIMPIO, Y EL RUIDO QUE PRODUCEN LOS INSTRUMENTOS NO AFECTA TANTO.

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted este sistema? (Estudio de grabación, conciertos, ensayos, aprendizaje, en todas ellas ó en ninguna de ellas)

EN TODAS ELAS.

¿Por qué?

PORQUE EN TODAS ELAS SE APLICA MUCHO EL VOLUMEN EN ALTOS NIVELES Y EN CASO DE LA BATERIA LA INTENSIDAD ES MUY INTENSA.

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

5. ¿Sintió mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SI NO

6. ¿Sintió mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SI NO

¿Por qué?

EL SONIDO EMITIDO POR EL METRONOMO, PARADO POR EL SISTEMA TIENE MAYOR CLARIDAD, Y ES MUCHO MÁS PRECISO.

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de interpretación de su instrumento?

SI NO

¿Por qué?

PORQUE LA PROTECCIÓN QUE PROPORCIONA AL OÍDO ES MUY ALTA, Y FACILITA LA INTERPRETACIÓN.

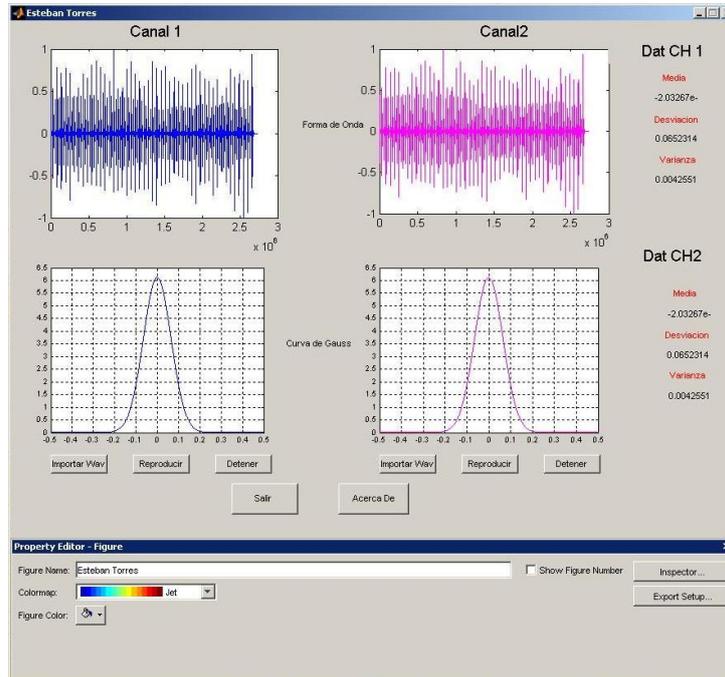
8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del instrumento son menos notorias?

SI NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SI NO

Figura 3.15: Resultados Esteban Torres.



Esteban Torres @ hdsuicil.com
Esteban Torres



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCIERRE EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SI NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SI NO

En caso de haber respondido que SI, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

Porque probar de los sonidos muy altos, los uso siempre de marca geotrica.

2.1. ¿Comparado con los sistemas que ha probado anteriormente, ¿Cómo clasificaría al sistema que ha probado el día de hoy? (EXCELENTE, BUENO, REGULAR, MALO, PÉSIMO)

Excelente

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SI NO

¿Por qué?

Porque no encuentro otra opción mejor y porque brinda mayor comodidad al usuario.

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted este sistema? (Estudio de grabación, conciertos, ensayos, aprendizaje, en todas ellas o en ninguna de ellas)

En todas

¿Por qué?

Porque si brinda comodidad al usuario debe ser aplicado en todos los aspectos.

5. ¿Sintió mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SI NO

6. ¿Sintió mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SI NO

¿Por qué?

Porque siento mayor seguridad al interpretar mi instrumento, lo uso fácilmente.

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de Interpretación de su instrumento?

SI NO

¿Por qué?

Porque al no haber otros métodos es fácil concentrarse en lo que tiene que hacer.

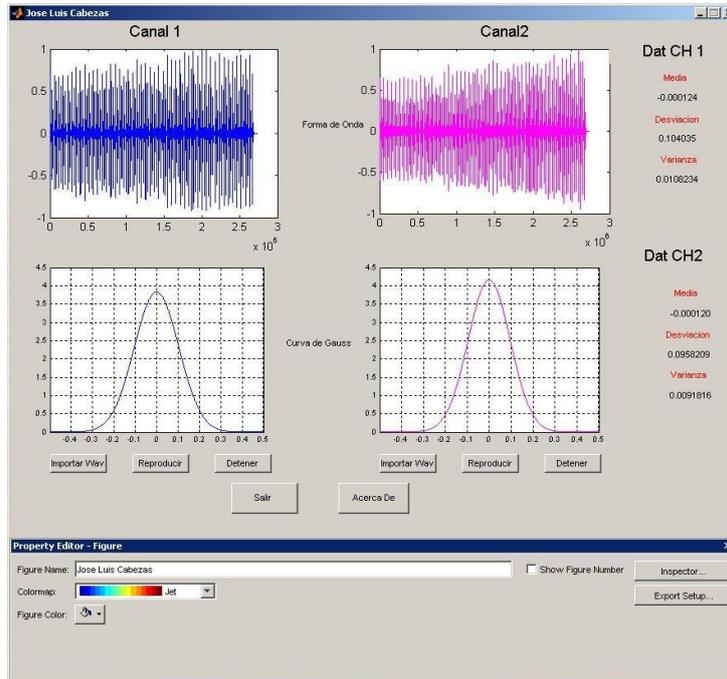
8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del instrumento son menos notorias?

SI NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SI NO

Figura 3.16: Resultados José Luis Cabezas.



José Luis Cabezas joselucho.cabezas@hotmail.com

FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCIERRE EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SI NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SI NO

En caso de haber respondido que SI, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

2.1. ¿Comparado con los sistemas que ha probado anteriormente, ¿Cómo clasificaría al sistema que ha probado el día de hoy? (EXCELENTE, BUENO, REGULAR, MALO, PÉSIMO)

Buena

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SI NO

¿Por qué?

El sonido del metrónomo es mas agradable que el sonido de los metrónomos comunes.

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted éste sistema? (Estudio de grabación, conciertos, ensayos, aprendizaje, en todas ellas ó en ninguna de ellas)

En todas ellas.

¿Por qué?

Para todo caso me serviría ya que en todo eso que se menciona mi oído se expone

5. ¿Sintió mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SI NO

6. ¿Sintió mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SI NO

¿Por qué?

El sonido de la Batería cambia totalmente al ponerse los protectores

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de Interpretación de su instrumento?

SI NO

¿Por qué?

Ayudaría muchísimo a mi oído ya que la batería es un instrumento muy fuerte para el oído de un humano

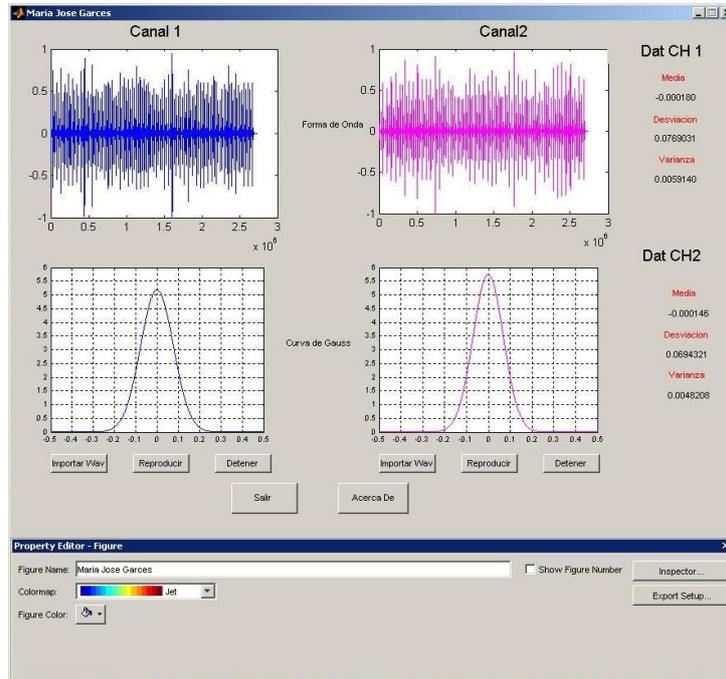
8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del Instrumento son menos notorias?

SI NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SI NO

Figura 3.17: Resultados María José Garcés.



María José Garcés
mjgarcés@procelec.ec



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCIERRE EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SI NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SI NO

En caso de haber respondido que SI, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

En conciertos, no se la marca

2.1. ¿Comparado con los sistemas que ha probado anteriormente, ¿Cómo clasificaría al sistema que ha probado el día de hoy? (EXCELENTE, BUENO, REGULAR, MALO, PÉSIMO)

excelente

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SI NO

¿Por qué?

Porque abre totalmente las orejas

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted este sistema? (Estudio de grabación, conciertos, ensayos, aprendizaje, en todas ellas ó en ninguna de ellas)

En todas ellas

¿Por qué?

Porque en todas hay mucho ruido

5. ¿Sintió mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SI NO

6. ¿Sintió mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SI NO

¿Por qué?

Porque resulta menos estiridante

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de Interpretación de su instrumento?

SI NO

¿Por qué?

Porque al no generar tanto ruido se puede practicar por más tiempo

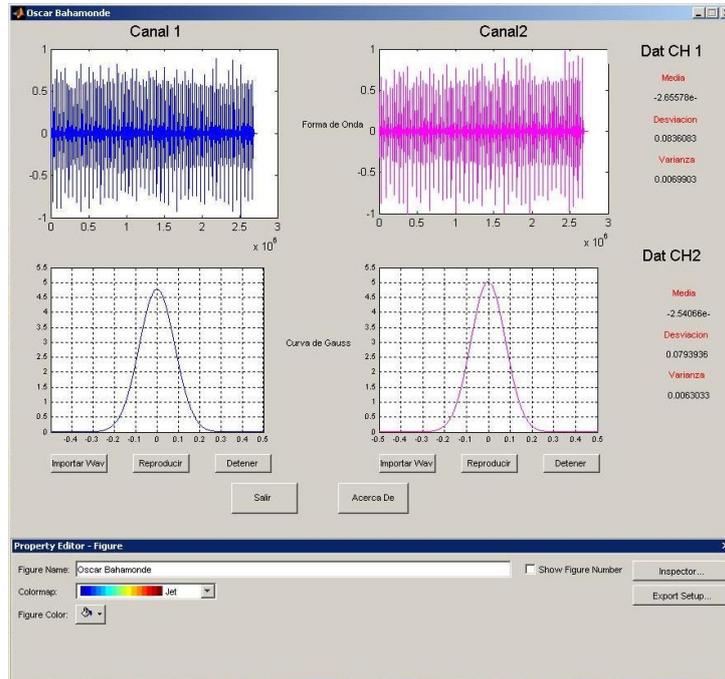
8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del instrumento son menos notorias?

SI NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SI NO

Figura 3.18: Resultados Oscar Bahamonde.



Oscar Bahamonde S.
oscar.bahamonde@hotmail.com



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCERRER EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SI NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SI NO

En caso de haber respondido que SI, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

Es necesario cuidar el oído, me expongo a altos niveles de presión sonora, siempre que toco vic firth

2.1. ¿Comparado con los sistemas que ha probado anteriormente, ¿Cómo clasificaría al sistema que ha probado el día de hoy? (EXCELENTE, BUENO, REGULAR, MALO, PÉSIMO)

Buena

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SI NO

¿Por qué?

Es una buena opción, en el mercado en el Ecuador no hay muchas alternativas

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted este sistema? (Estudio de grabación, conciertos, ensayos, aprendizaje, en todas ellas ó en ninguna de ellas)

En todas ellas

¿Por qué?

Es una herramienta muy útil y contribuye al cuidado del oído

5. ¿Sintió mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SI NO

6. ¿Sintió mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SI NO

¿Por qué?

Como no es molesto, es más fácil acostumbrarse.

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de Interpretación de su instrumento?

SI NO

¿Por qué?

Es una manera de utilizar el metrónomo, esto aporta al aprendizaje.

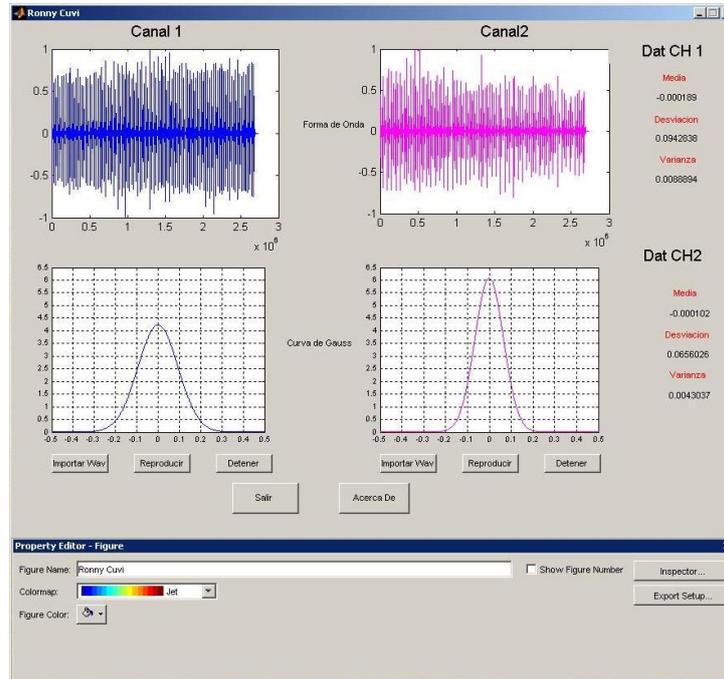
8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del Instrumento son menos notorias?

SI NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SI NO

Figura 3.19: Resultados Ronny Cuvi.



Ronny
Ronny-Cuvi@hotmail.com



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCIERRE EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SI NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SI NO

En caso de haber respondido que SI, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

siempre por deficiencia auditiva marca PHONAC

2.1. ¿Comparado con los sistemas que ha probado anteriormente, ¿Cómo clasificaría al sistema que ha probado el día de hoy? (EXCELENTE, BUENO, REGULAR, MALO, PÉSIMO)

excelente

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SI NO

¿Por qué?

por que comparado con el mio le regula los sonidos para no mucho para el mio regula este nivel que se de la capacidad

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted éste sistema? (Estudio de grabación, conciertos, ensayos, aprendizaje, en todas ellas ó en ninguna de ellas)

en todas ellas

¿Por qué?

para evitar que se altere mi deficiencia auditiva

5. ¿Sintió mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SI NO

6. ¿Sintió mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SI NO

¿Por qué?

por que llego a los golpes mas apagados y me da mas seguridad tocar mas duro y no lastimarme

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de interpretación de su instrumento?

SI NO

¿Por qué?

por que te escucha mejor los golpes cuando estás a practicar y escuchas el tiempo super bien

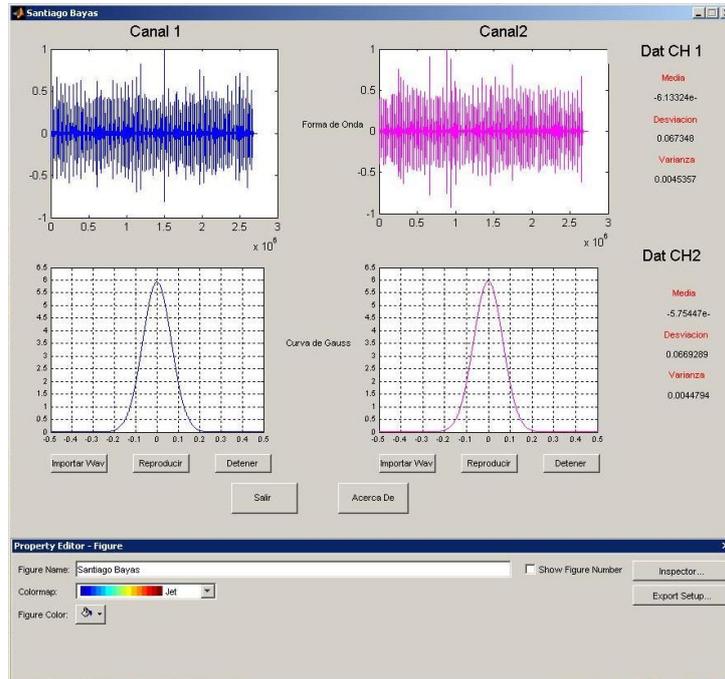
8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del instrumento son menos notorias?

SI NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SI NO

Figura 3.20: Resultados Santiago Bayas.



Santiago Bayas
santibayas@hotmail.com



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCIERRE EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SÍ NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SÍ NO

En caso de haber respondido que SÍ, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

Tapones auditivos internos, cada que me expongo a niveles muy altos de presión sonora, no recuerdo el fabricante

2.1. ¿Comparado con los sistemas que ha probado anteriormente, ¿Cómo clasificaría al sistema que ha probado el día de hoy? (EXCELENTE, BUENO, REGULAR, MALO, PÉSIMO)

Buena

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SÍ NO

¿Por qué?

Brinda más comodidad al momento de la interpretación, es una mejor referencia en comparación a otros sistemas

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted este sistema? (Estudio de grabación, conciertos, ensayos, aprendizaje, en todas ellas ó en ninguna de ellas)

Todas

¿Por qué?

por que si es eficiente al momento de grabar un a ser igual de eficiente en los demás casos

5. ¿Sintió mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SÍ NO

6. ¿Sintió mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SÍ NO

¿Por qué?

Es más fácil escuchar el tempo con este sistema

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de Interpretación de su instrumento?

SÍ NO

¿Por qué?

Porque siempre es bueno el uso de un metrónomo en el aprendizaje y aun mejor si este sistema brinda una mayor protección al músico

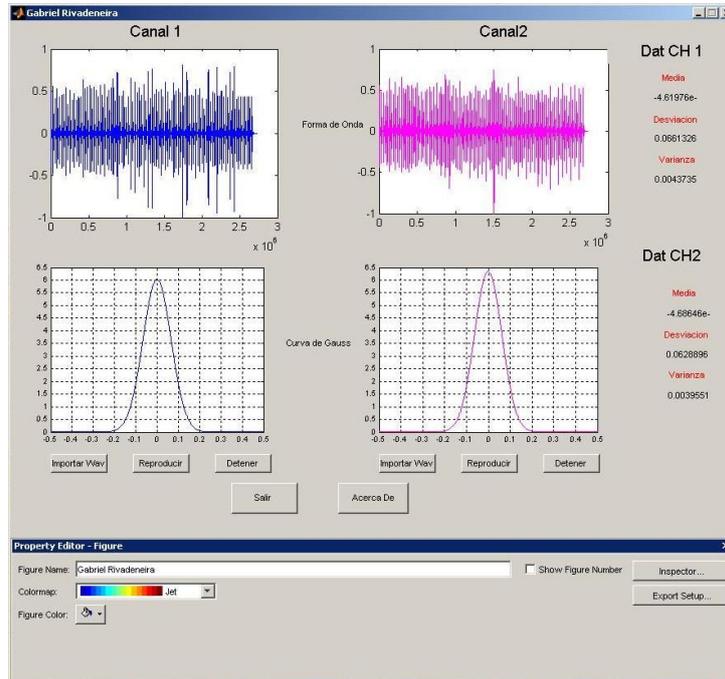
8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del Instrumento son menos notorias?

SÍ NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SÍ NO

Figura 3.21: Resultados Gabriel Rivadeneira.



GABRIEL RIVADENEIRA
gab_r85@hotmail.com



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCIERRE EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SI NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SI NO

En caso de haber respondido que SI, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

CUANDO VOY A LA ESCUELA, EN MI CASA, TRUPEL

2.1. ¿Comparado con los sistemas que ha probado anteriormente, ¿Cómo clasificaría al sistema que ha probado el día de hoy? (EXCELENTE, BUENO, REGULAR, MALO, PÉSIMO)

EXCELENTE

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SI NO

¿Por qué?

LOS ÚNICOS QUE CONOZCO SON VIC FIRTH Y NO SEVENO TAN BUENO PROTECCIÓN (SIN METRÓNOMO)

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted este sistema? (Estudio de grabación, conciertos, ensayos, aprendizaje, en todas ellas ó en ninguna de ellas)

TOODS ELAS

¿Por qué?

CUANDO VOY A LA ESCUELA, EN MI CASA, TRUPEL, EN MI TRABAJO, A DEFENDER LO QUE ESCUCHO.

5. ¿Sintió mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SI NO

6. ¿Sintió mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SI NO

¿Por qué?

TODO SE ESCUCHO MÁS DEFINIDO A D NIVEL MÁS BAJO

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de interpretación de su instrumento?

SI NO

¿Por qué?

TODO SE ESCUCHO MÁS DEFINIDO A D NIVEL MÁS BAJO (ME CONCENTRO MÁS)

8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del instrumento son menos notorias?

SI NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SI NO

3.3 Análisis de Resultados

De la encuesta planteada para la evaluación del funcionamiento del sistema se obtuvieron los siguientes resultados:

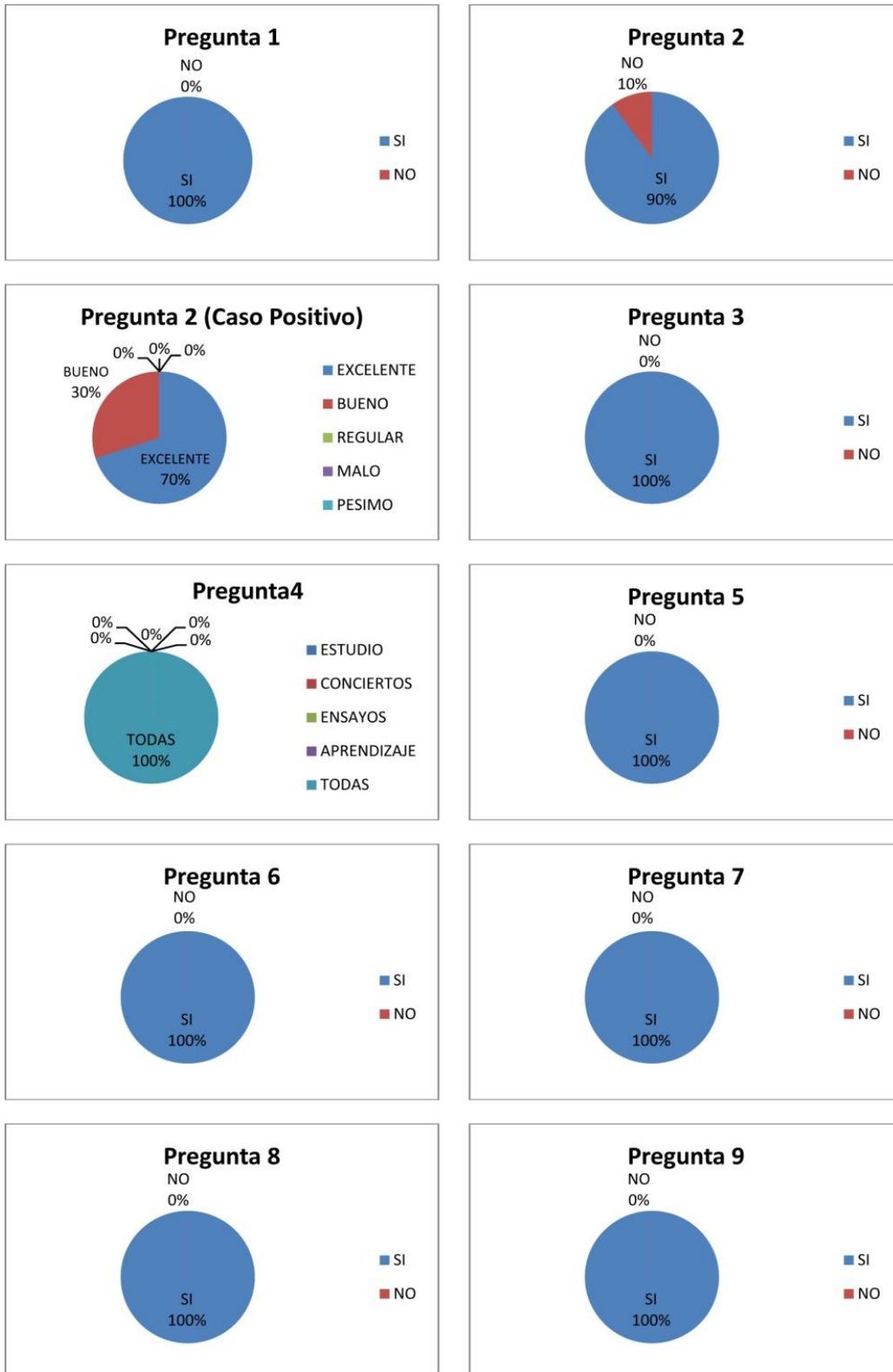
Tabla 3.2: Tabulación de los datos obtenidos en la encuesta.

NOMBRES	PREGUNTA 1		PREGUNTA 2		PREGUNTA 2, CASO POSITIVO				
	SI	NO	SI	NO	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO	PESIMO
Byron Lasso	x		x		x				
Esteban Torres	x		x		x				
Santiago Bayas	x		x			x			
Oscar Bahamonde	x		x			x			
Carlos Luis Villa	x		x		x				
Ronny Cuvi	x		x		x				
Maria Jose Garces	x		x		x				
Carlos Agama	x		x		x				
Telmo Puga	x		x		x				
Jose Luis Cabezas	x			x		x			
Gabriel Rivadeneira	x		x		x				
TOTALES (n/10)	PREGUNTA 1		PREGUNTA 2		PREGUNTA 2, CASO POSITIVO				
	SI	NO	SI	NO	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO	PESIMO
	10	0	9	1	7	3	0	0	0
PERSONA CON DEFICIENCIA AUDITIVA									
PERSONA NO CONSIDERADA EN LA EVALUACION DE RESULTADOS									

NOMBRES	PREGUNTA 3		PREGUNTA 4					PREGUNTA 5		
	SI	NO	ESTUDIO	CONCIERTOS	ENSAYOS	APRENDIZAJE	TODAS	NINGUNA	SI	NO
Byron Lasso	x						x		x	
Esteban Torres	x						x		x	
Santiago Bayas	x						x		x	
Oscar Bahamonde	x						x		x	
Carlos Luis Villa	x						x		x	
Ronny Cuvi	x						x		x	
Maria Jose Garces	x						x		x	
Carlos Agama	x						x		x	
Telmo Puga	x						x		x	
Jose Luis Cabezas	x						x		x	
Gabriel Rivadeneira	x						x		x	
TOTALES (n/10)	PREGUNTA 3		PREGUNTA 4					PREGUNTA 5		
	SI	NO	ESTUDIO	CONCIERTOS	ENSAYOS	APRENDIZAJE	TODAS	NINGUNA	SI	NO
	10	0	0	0	0	0	10	0	10	0

NOMBRES	PREGUNTA 6		PREGUNTA 7		PREGUNTA 8		PREGUNTA 9	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Byron Lasso	x		x		x		x	
Esteban Torres	x		x		x		x	
Santiago Bayas	x		x		x		x	
Oscar Bahamonde	x		x		x		x	
Carlos Luis Villa	x		x		x		x	
Ronny Cuvi	x		x		x		x	
Maria Jose Garces	x		x		x		x	
Carlos Agama	x		x		x		x	
Telmo Puga	x		x		x		x	
Jose Luis Cabezas	x		x		x		x	
Gabriel Rivadeneira	x		x		x		x	
TOTALES (n/10)	PREGUNTA 6		PREGUNTA 7		PREGUNTA 8		PREGUNTA 9	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
	10	0	10	0	10	0	10	0

Figura 3.22: Gráficos circulares que representan los resultados de las preguntas de la encuesta.



De las grabaciones y posterior análisis en la aplicación de MATLAB se obtuvo la siguiente tabla de resultados:

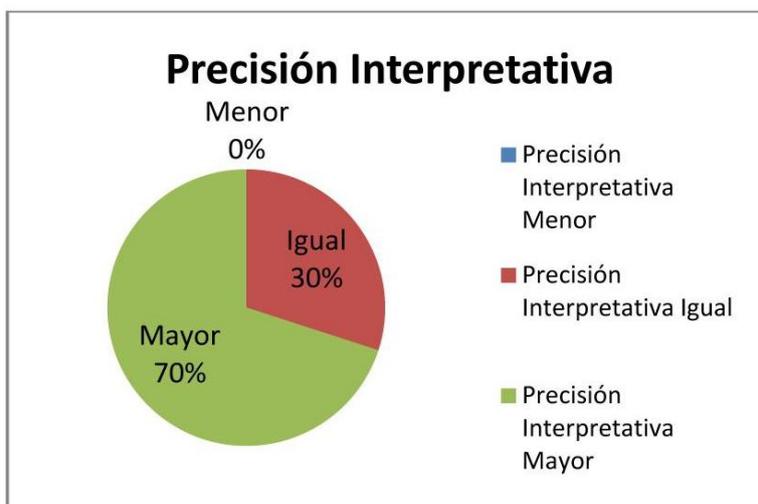
Tabla 3.3: Tabulación de los resultados obtenidos de las gráficas de la aplicación en MATLAB.

		Precisión Interpretativa		
		Menor	Igual	Mayor
1	Byron Lasso			x
2	Esteban Torres		x	
3	Santiago Bayas		x	
4	Oscar Bahamonde			x
5	Carlos Luis Villa			x
6	Ronny Cuvi			x
7	Maria Jose Garces			x
8	Carlos Agama		x	
9	Telmo Puga			x
10	Jose Luis Cabezas			x
11	Gabriel Rivadeneira			x
TOTALES (n/10)		Precisión Interpretativa		
		Menor	Igual	Mayor
		0	3	7

PERSONA CON DEFICIENCIA AUDITIVA

PERSONA NO CONSIDERADA EN LA EVALUACION DE RESULTADOS

Figura 3.23: Gráficos circulares que representan los resultados de las gráficas de la aplicación en MATLAB.



Antes de analizar con mayor detalle los resultados obtenidos en los procesos de experimentación y tabulación de datos es preciso mencionar los criterios bajo los cuales son sometidos para su evaluación. Para esto se debe tener en cuenta ciertas propiedades a utilizarse de la distribución normal o gaussiana (Anexo 7) que pueden aplicarse a los datos obtenidos en las gráficas de la aplicación en MATLAB además de la forma de lectura de los gráficos de precisión interpretativa, las mismas que son:

- La curva es simétrica con respecto al eje Y ($x=0$).
- El área bajo la curva siempre es igual a uno.
- Si los puntos de nacimiento de dos curvas son los mismos, entonces la diferencia de precisión se define por la variación en la amplitud de las curvas (Mayor amplitud implica mayor precisión).
- En el caso de la gráfica de precisión interpretativa es necesario considerar que el único caso desfavorable es cuando la precisión es menor ya que si se logra el mismo grado de precisión y un buen confort, los objetivos de cuidado de la audición y utilización del metrónomo se cumplen satisfactoriamente.
- Se considera como límite de precisión de amplitud en las curvas de Gauss el valor de 0,25 debido a que se parte del criterio estadístico que éste es igual a la mitad de la mínima unidad de medición.
- La encuesta refleja resultados en cuanto al funcionamiento del sistema, mas no de su aceptación como producto, motivo por el cual se considera adecuado el uso de un universo estadístico pequeño.
- Debido a la falta de infraestructura a nivel nacional para la medición y comprobación de las especificaciones provistas por el fabricante del protector auditivo además de su garantía de medición bajo la norma ANSI S3.19, American National Standard Method for the Measurement of Real-Ear Protection of Hearing Protectors and Physical Attenuation of Earmuffs (Método Estándar Nacional Americano Para la Medición Real

de los Protectores Auditivos y la Atenuación Física de Auriculares), y su credibilidad en el mercado; se consideran totalmente válidas las especificaciones brindadas por el fabricante del protector auditivo TRUPER.

Considerando lo antes mencionado es posible determinar que de las tablas y gráficas expuestas anteriormente se puede extraer la siguiente información:

- Todas las personas encuestadas creen que se necesitan sistemas de protección auditiva para músicos debido a su exposición a altos niveles sonoros.
- El 90% de las personas encuestadas utilizan algún tipo de protección auditiva en sus actividades musicales laborales.
- El 70% de las personas encuestadas consideran que el sistema diseñado para el proyecto es excelente, mientras que el 30% restante piensan que es bueno.
- Todas las personas encuestadas consideran que el sistema diseñado para el proyecto es bueno para músicos en comparación con los existentes en el mercado.
- Todas las personas encuestadas consideran que el sistema puede ser utilizado en aplicaciones de estudio de grabación, conciertos, ensayos y aprendizaje.
- Todas las personas encuestadas consideran sentir mayor comodidad tanto en interpretación cuanto en confort se refiere, en comparación con el hecho de tocar sin protección.
- Todas las personas encuestadas consideran sentir mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema diseñado para el proyecto.

- Todas las personas encuestadas consideran que el sistema del proyecto puede representar un aporte significativo en el aprendizaje de la técnica de interpretación de su instrumento.
- Todas las personas encuestadas consideran que las deficiencias del instrumento son menos notorias al utilizar el sistema diseñado para el proyecto.
- Todas las personas encuestadas decidieron utilizar a futuro el sistema diseñado para el proyecto.
- El 70% de las personas encuestadas muestran mayor precisión en su interpretación musical con el sistema diseñado para el proyecto, mientras que el 30% mantienen su precisión relativamente igual.

Capítulo 4. Estudio Económico del Proyecto

A continuación se presenta un detalle de los valores de los servicios creados para el desarrollo del sistema en base a sus costos comerciales, se consideran los valores comerciales de los auspicios y se valoran las horas de trabajo en las distintas áreas involucradas en el proyecto.

Tabla 4.1: Detalle de los valores comerciales de los servicios creados para el desarrollo del proyecto.

ITEM	VALOR
Investigación	5000
Aplicación MATLAB	1000
Diseño pieza mecánica	500
Fabricación pieza mecánica	200
Cable con circuito de protección interno	200
Pruebas	300
Análisis de resultados	300
SUBTOTAL SIN CÓDIGO FUENTE	7500
Subtotal sin código fuente	7500
Código fuente	15000
Trámites legales	1500
Archivo ejecutable	1000
TOTAL CON CODIGO FUENTE	25000

La información se detalla a continuación:

- Investigación: Es el proceso más importante del desarrollo del proyecto, motivo por el cual recibe un valor equivalente al 67% del subtotal sin código fuente, que representa un ingreso neto de 1000 USD mensuales por 5 meses.
- Aplicación de MATLAB: Se consideran dentro de este valor las horas de trabajo en el área de programación, utilizando lenguajes de alto nivel, con una duración de 20 días laborables y 5 horas diarias.

- Diseño de la pieza mecánica: En este valor se consideran los trabajos de prueba con distintos materiales, la definición de posibles formas, determinación de medidas y diseño de planos en AutoCAD.
- Fabricación de la pieza mecánica: Este valor integra el diseño de cuchillas para el material definido como óptimo, elaboración de la pieza con precisión de centésimas de milímetro en base al diseño en AutoCAD, tinturado de las piezas finales y acabados de las mismas.
- Diseño y fabricación de un cable con circuito de protección interno: Este valor considera el análisis eléctrico y electrónico del sistema Metrónomo-Protector, definiendo voltajes máximos y filtros requeridos para la protección del sistema al igual de la señal de entrada al altavoz.
- Pruebas del sistema diseñado: Este valor considera los trabajos de evaluación preliminar del sistema antes de la grabación, diseño de la cadena electroacústica de monitoreo y grabación, registro de las señales de audio al igual que su manipulación correcta para el posterior procesamiento en la aplicación de MATLAB.
- Análisis de resultados: Este valor considera el procesamiento de las señales en la aplicación de MATLAB, su evaluación e interpretación, al igual que la tabulación y graficación de los datos de las encuestas realizadas con respecto al funcionamiento del sistema.

Es necesario aclarar que los gastos correspondientes a la investigación, movilización a talleres, diseño y fabricación de la pieza mecánica fueron cubiertos por el auspicio entregado por la empresa Ferrogama (Anexo 19); mientras que los costos de pintura y acabados de la pieza mecánica fueron cubiertos por la empresa Procelec (Anexo 20), ambas en servicios y mediante la utilización de vehículos de su propiedad.

Capítulo 5. Proyecciones a Futuro

Las primeras proyecciones deben mantener el mismo lineamiento que se ha seguido hasta el momento, es decir poseer un carácter investigativo. Teniendo esto en cuenta es necesario continuar investigando con respecto a la aceptación del sistema como producto comercializable en el mercado, tanto nacional como internacional.

Se pueden realizar proyecciones de carácter económico para convertir los resultados obtenidos en la investigación en posibles planes de negocio, esto se consigue al comercializar el código fuente o al brindar la posibilidad de generar un archivo ejecutable en otro lenguaje de programación ya que esto convierte a la aplicación en un producto susceptible a la venta de licencias. Se indican factores como tramitaciones de patente que son comparables con estándares internacionales en cuanto a sus montos, ya que se cede el registro de producto empresarial tal como se observa en la Tabla 4.1, en el valor total con código fuente.

Otra proyección posible es la adaptación del sistema con otros productos del mismo fabricante como el amplificador AMP-1 o el metrónomo MET-1 y MET-2, que eliminan la necesidad de una consola o amplificador para la señal que ingresa al sistema. El amplificador AMP-1 brinda un acoplamiento óptimo de cualquier metrónomo existente con respecto al altavoz del sistema de protección e impedancia de salida variable por si se desea cambiar el altavoz de carga, el metrónomo MET-1 que posee un diseño exclusivo para el sistema de protección auditiva del proyecto, y el MET-2 que al igual que el amplificador AMP-1 posee impedancias de salida variables. Estos sistemas permiten eliminar por completo la necesidad de una consola para elevar el nivel del metrónomo hasta el valor requerido por el sistema diseñado para el proyecto, pero no evitan la necesidad de utilizar el cable de protección diseñado para el sistema de protección auditiva.

Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

- En base a los resultados obtenidos en las encuestas se demuestra que es posible la creación de un sistema de protección auditiva que adapte protectores industriales con un altavoz (destinado a enviar su señal directamente hacia los huesos del cráneo) que mejore no solamente los ensayos individuales y grupales de los bateristas en general sino todas las circunstancias musicales laborales en los que éstos se encuentren; debido a la disminución del trabajo del oído, mejorando la comprensión del entorno sonoro, como se observa en el análisis de resultados.
- En base a la información recopilada en el proceso de investigación y experimentación, se demuestra que es posible la generación de un sistema de protección auditiva, que adaptando un altavoz aproveche los beneficios de la transmisión ósea de los huesos del cráneo para transmitir una señal sonora.
- Mediante el desarrollo de un sistema de protección para el altavoz del sistema es posible adaptar cualquier metrónomo al mismo, teniendo en cuenta que es necesario la utilización del canal de una consola o de un amplificador que eleve el voltaje a los niveles requeridos por el sistema para su máximo desempeño. Esto se consigue mediante la utilización de un *diac*¹⁴ elegido en función del voltaje máximo del parlante.

$$V = \sqrt{\omega \cdot R} \quad (6.1)$$

Donde: V es el voltaje máximo

R es el valor de resistencia eléctrica del altavoz (8 Ω)

ω es el valor de potencia eléctrica del altavoz (0,5 W)

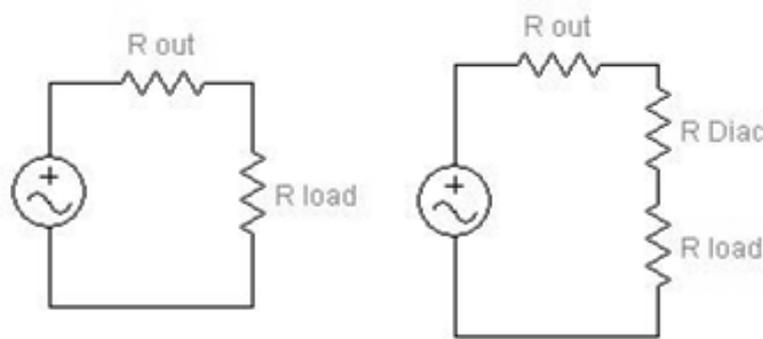
¹⁴ Diodo bidireccional para corriente alterna que conduce corriente por encima de su umbral de apertura y por debajo del umbral generado por su valor característico, el mismo que se presenta en las especificaciones del producto.

$$V = \sqrt{4}$$

$$V = 2 \text{ Volts}$$

Es necesario considerar que este voltaje debe llegar al parlante en su totalidad, así que es conveniente calcular la influencia de la resistencia generada por el diac.

Figura 6.1: Esquema eléctrico del circuito de protección considerando la resistencia del diac.



- Se demuestra que la estructura craneal tiene la capacidad de transmitir vibraciones, que estén dentro del rango de la audición, a través de su estructura hasta los huesecillos del oído medio para posteriormente convertirlas en estímulos que el cerebro reconozca como audibles; siempre y cuando no existan problemas auditivos de percepción, ya que este tipo de problemas son de naturaleza eléctrica y no mecánica. Tal como se explica en el funcionamiento del oído.
- Se muestra teóricamente que los protectores industriales disminuyen el trabajo del oído debido a su atenuación de 17 dB (NRR^{15}) o 25 dB (SNR^{16}). Lo que significa que al oído llega menor presión sonora, haciendo vibrar en menor magnitud al tímpano, que se encuentra

¹⁵ NRR (Noise Reduction Range) de acuerdo a la Norma ANSI S3.19.

¹⁶ SNR (Signal to Noise Ratio) de acuerdo a predicciones estadísticas.

conectado mayormente en serie con el resto de secciones del oído y consecuentemente vibrarán menos.

- Se regulan a las actividades laborales musicales dentro de lo establecido por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo [2], bajando el nivel sonoro percibido por los órganos de transmisión auditiva de aproximadamente 94 dB a un rango de 65 a 73 dB, quedando eliminado el problema de posibles pérdidas auditivas según lo evalúa el Ministerio de Trabajo y Empleo (Anexo 12).
- Se muestra de manera teórica que la inteligibilidad de los estímulos sonoros con NPS altos, se incrementa ya que al relajar el trabajo del oído, éste puede reaccionar de mejor manera ante fenómenos vibratorios dentro del espectro audible; es decir que el tímpano vibra de manera menos brusca, con lo que trasmite formas de onda de menor amplitud al resto de órganos auditivos transmisores y más manejables para los órganos auditivos de percepción.
- Se concluye que con el sistema de protección auditiva diseñado para el proyecto no solo se cuida la audición sana con el fin de no perderla, sino la audición anómala con el fin de mantenerla y no empeorarla, siempre y cuando los problemas sean de transmisión o la pérdida auditiva de percepción no sea total, mediante la conjunción de ciertos criterios:
 - Mediante la utilización de los protectores auditivos se reduce el trabajo del oído, independientemente de su funcionamiento.
 - Los protectores vuelven más comprensible el entorno sonoro de alto NPS mediante sus curvas de atenuación.
 - Al disminuir el NPS recibido por el oído mediante la utilización de los protectores y consecuentemente disminuir su trabajo, también se reduce la posibilidad de daño en todo el complejo sistema que compone la audición.

- En el análisis del funcionamiento del sistema del proyecto, todos los encuestados mostraron total aceptación al mismo, debido a su comodidad e incremento en su seguridad al interpretar el instrumento musical.
 - Se observa la intención de todos los encuestados de seguir utilizando el sistema del proyecto a futuro.
 - Se observa que los encuestados mantienen su precisión interpretativa o la mejoran al utilizar el sistema diseñado para este proyecto.
 - Se determina que el sistema es eficiente, siempre y cuando se tengan sorderas de percepción o transmisión que no sean totales (Figura 2.19).
- El sistema diseñado para el proyecto al igual que sus usos y adaptaciones adicionales son una aplicación a profundidad de la Ley de Conservación de la Energía, la misma que dice "La Energía no se crea ni se destruye, solo se transforma".
 - Se crea digitalmente una señal que posea una frecuencia dentro del rango audible, manteniendo las consideraciones de espectro de frecuencia óptimo para la transmisión ósea, en el circuito integrado del metrónomo.
 - Viaja como una señal eléctrica desde la salida del metrónomo.
 - Parte de esta energía se convierte en calor debido a la impedancia del cable.
 - Llega a la consola y se preamplifica para llevarla a nivel de línea.
 - Se direcciona hacia una salida de la consola, convirtiéndose cierta parte de esta energía en calor, pero recuperando su amplitud mediante procesos electrónicos.

- Viaja como señal eléctrica de mayor amplitud que la original desde una salida de la consola hacia la entrada del sistema de protección auditiva del proyecto y parte de esta energía se disipa como calor debido a la impedancia del cable.
- Una vez en la entrada del sistema de protección auditiva se encuentra con el circuito de protección del altavoz y parte de esa energía se disipa como calor independientemente de su nivel de voltaje, ya que en todo caso el circuito posee cierta impedancia.
- En caso de superar el nivel máximo de voltaje del altavoz esta señal es recortada, generando mayor disipación de calor en la entrada del sistema de protección del altavoz (El resultado sonoro del recorte de la señal es relativamente indiferente ya que la forma de onda original es cuadrada y la resultante mantiene la misma forma).
- Una vez que la señal llega al altavoz se transmite por contacto hacia los huesos del cráneo, convirtiéndose de una señal eléctrica a una acústica y posteriormente en una vibración mecánica; teniendo en todos los casos disipación de calor debido a la transmisión y transformación de la energía.
- La vibración de los huesos del cráneo que viaja por el camino trazado en el desarrollo experimental, llega al hueso temporal donde están insertos los huesecillos del oído medio que reciben la vibración; transformándola de esta manera nuevamente en un estímulo sonoro con características mecánicas.
- Luego de atravesar por las vías de transmisión restantes, esta señal llega hasta la ventana oval y posteriormente a las células ciliadas; donde mediante la vibración de estas células, el estímulo vibratorio se convierte en impulsos eléctricos que viajan hacia el cerebro para su interpretación audible.

- El sistema diseñado para el proyecto es una herramienta de protección auditiva que se inclina hacia la enseñanza y aprendizaje de la técnica de un determinado instrumento musical, de tal manera que si se desea utilizar en el campo laboral es necesario realizar un proceso de capacitación que abarque el uso, cuidado del sistema, durabilidad y funcionamiento del mismo. Esto se concluye debido a que en la prueba de funcionamiento del sistema todas las personas que lo utilizaron interpretaron su instrumento con mayor seguridad pero a la vez con mayor fuerza.
- Utilizando la curva de atenuación del sistema y evaluándola bajo los descriptores de aislamiento acústico NC^{17} y NR^{18} , es posible realizar una analogía comparativa entre la sensación de un ambiente acústico aislado con valores NC 38 o NR 41 (Anexo 14 y Anexo 15) y el sistema de protección auditiva TRUPER; ya que brindan sensaciones de confort acústico similares, lo que mejora el área de trabajo de los músicos.
- Se determina que ante la posible necesidad de producción en masa del sistema, el diseño en grilón ranurado pasa a ser improductivo debido a los tiempos destinados a la fabricación de la pieza, motivo por el cual se justifica la inversión de un molde para inyección plástica y el análisis de un nuevo polímero sintético que optimice las dimensiones y dureza del material, manteniendo la precisión de construcción en centésimas de milímetro.

¹⁷ Curvas NC (Noise Criterion) Son curvas diseñadas con la finalidad de evaluar el ruido en interiores proveniente de aires acondicionados y demás equipos; comúnmente utilizadas en Estados Unidos.

¹⁸ Curvas NR (Noise Rating Curves) Son curvas diseñadas por la ISO para determinar ambientes acústicos internos confortables que no causen molestia, ayuden al cuidado de la audición y faciliten la comunicación hablada; comúnmente utilizadas en Europa.

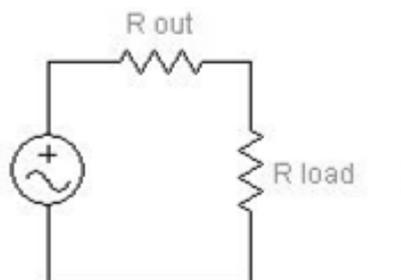
- Una vez que el proyecto se encuadra con el marco legal local, esto genera fuentes de empleo ya que se determinan funciones, derechos y obligaciones debido a un ajuste de la actividad laboral con la legislación, aunque es recomendable acoplarse a normas internacionales que posean mayor especificidad con respecto a áreas laborales diversas, como por ejemplo la normativa "Hearing Levels and Hearing Protection Use in the British Columbia Construction Industry 1988-1997" [1].
- Se observó gran comodidad en los intérpretes al utilizar el sistema de protección auditiva con la única complicación de la excesiva atenuación en alta frecuencia, que considerado junto con el efecto de oclusión podrían brindar una base sólida para ecualizar baterías, mediante el uso de los valores de la curva de atenuación del sistema y una puerta de ruido.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de el amplificador AMP-1 del mismo fabricante del sistema del proyecto debido a que este presenta una impedancia de salida variable que garantiza máxima transferencia de potencia mediante la condición:

$$R_{out} = R_{load} \quad (6.2)$$

Figura 6.2: Esquema eléctrico de un circuito con dos resistencias para máxima transferencia de potencia.



- En caso de querer utilizar un amplificador distinto al AMP-1, se recomienda preferentemente disminuir la impedancia eléctrica del

altavoz para evitar la excesiva generación de calor y mejorar el rendimiento del sistema en su conjunto.

- En caso de desear una máxima adaptación del sistema de protección auditiva con el metrónomo se recomienda el uso de los metrónomos MET-1 y MET-2, el primero adaptado para usar al mismo altavoz y el segundo con impedancia de salida variable.
- Se recomienda cambiar de protectores auditivos dos o tres veces por año, dependiendo de su uso, ya que la garantía del fabricante por 10 años es ante eventos de ruptura, mas no de protección.
- Se recomienda seguir las sugerencias del fabricante del protector auditivo TRUPER con respecto a su uso y cuidado, para así acercarse con mayor precisión al valor de atenuación media indicado en las especificaciones del producto.
- Se recomienda generar un filtro que evite la intromisión de señales externas al sistema mediante el uso de un capacitor, utilizando la ecuación:

$$f = \frac{1}{2\pi.C.X_c} \text{ Hz} \quad (6.3)$$

Donde: C es la Capacitancia en Faradios.

X_c es la Reactancia Capacitiva en ohms.

- Si se utilizan varios sistemas simultáneamente estos pueden ser ajustados de manera coincidente con el tiempo, mediante las salidas de línea de una consola, preferentemente auxiliares pre-fader; para no contradecir el concepto de mezcla de monitoreo; en la cual se requiere necesariamente una mezcla distinta a la principal para cada músico, sin considerar el nivel que se defina en el fader de cada canal.
- Debido a las características de la transmisión ósea y el efecto de oclusión, se recomienda que si se desea enviar música al sistema de protección auditivo se lo realice bajo las siguientes condiciones:

- El voltaje peak de la señal debe estar por debajo de los 2 Volts.
- La señal debe ecualizarse con gran énfasis en frecuencias altas para compensar la pérdida en esta zona del espectro mediante el aprovechamiento del fenómeno de difracción sonora.

Capítulo 7. Bibliografía

7.1 Libros

- HARRIS, Cyril, Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido, Volumen 1, McGRAW-HILL, 1995.
- MIYARA, Federico, Acústica y Sistemas de Sonido, Tercera Edición, Editorial de la Universidad Nacional del Rosario, 2003.

7.2 Documentos de Internet

- [1] GILLIS, Heather, Hearing Levels and Hearing Protection Use in the British Columbia Construction Industry 1988-1997, <http://openpdf.com/viewer?url=http://hearingconservation.healthandsafetycentre.org/pdfs/hearing/nhcatalk.pdf>, 1997, 05-01-2010.
- [2] MINISTERIO DE TRABAJO Y EMPLEO, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, <http://www.mintrab.gov.ec/MinisterioDeTrabajo//Documentos/95.pdf>, 2000, 10-02-2010.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION, LM386 Low Voltaje Audio Power Amplifier, <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS006976.PDF>, 1994, 15-02-2010.
- PASTOR, Juan, Filogenia del sistema vestibular, http://books.google.com.ec/books?id=Igv0Sd_jB7sC&pg=PA3&lpg=PA3&dq=sistema+vestibular&source=bl&ots=Jqn2PjM5Wk&sig=7LrI21K4CZkk2PqapREKd10I9rM&hl=es&ei=wQ-RS5SEOseXtgfCgviqCw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=9&ved=0CBwQ6AEwCA#v=onepage&q=&f=false, 1998, 07-01-2010, p.336.
- PÉREZ, Jorge, Importancia del aparato auditivo y del aparato vestibular en el entrenamiento del velocista discapacitado visual, <http://www.efdeportes.com/efd113/aparato-auditivo-en-el-entrenamiento-del-velocista-discapacitado-visual.htm>, 10-2007, 07-01-2010, p.1.

7.3 Páginas web

- YAMAHA, CLST-100 ClickStation Multi-Function Programmable Metronome, <http://www.yamaha.com/yamahavgn/CDA/ContentDetail/ModelSeriesDetail.html?CNTID=23870&CTID=551162#>, 01-01-2010.
- UNIVERSIDAD DEL MAR CHILE, Los huesos del cráneo, <http://psicopedagogas.iespana.es/HUESOS%20DEL%20CRANEO.jpg>, 02-01-2010.
- COSCARELLI, Leonardo, Agujeros de base de cráneo, <http://www.leonardocoscarelli.blogspot.com/>, 04-05-2009, 03-01-2010.
- COSCARELLI, Leonardo, Cráneo1, <http://www.youtube.com/watch?v=mGiPIT9xN7Y>, 19-04-2009, 03-01-2010.
- INFOMED ESPECIALIDADES, Otorrinolaringología, <http://www.sld.cu/sitios/otorrino/temas.php?idv=14283>, 14-04-2007, 04-01-2010.
- MAGGIOLO, Daniel, Sistema auditivo periférico, http://www.eumus.edu.uy/eme/cursos/acustica/apuntes/material-viejo/sisaud_m/sap.html, 04-01-2010.
- VÁSQUEZ, Iris, Desarrollo y anomalías del oído interno, http://www.monografias.com/trabajos63/oido-interno-embriologia/oido-interno-embriologia_image001.jpg, 06-10-2008, 05-01-2010.
- ALMAZÁN, Martín, Ponderaciones A, B y C, <http://fors.doctorproaudio.com/messages/15450.html>, 21-07-2004, 05-01-2010.
- WIKIPEDIA, A-weighting, <http://en.wikipedia.org/wiki/A-weighting>, 06-01-2010.
- MUSICIAN'S FRIEND, Vic Firth dB22 Isolation Headset, <http://proaudio.musiciansfriend.com/product/-dB22-Isolation-Headset?sku=443953>, 06-01-2010.

- MAGGIOLO, Daniel, Sistema auditivo periférico, <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/sap.html>, 07-01-2010.
- WIKIPEDIA, Equilibriocepción, http://es.wikipedia.org/wiki/Equilibriocepci%C3%B3n#Desarrollo_de_la_equilibricepci.C3.B3n, 21-02-2010, 01-03-2010.
- MARTÍNEZ, Jesús, Otorrinolaringología y otoneurología, <http://www.otorrino-monterrey.com/images/>, 01-01-2009, 02-03-2010.
- MARTÍNEZ, Jesús, Senos paranasales, <http://www.otorrino-monterrey.com/nariz.htm>, 01-01-2009, 02-03-2010.
- YOUSRI, Samir, Protectores Auditivos, <http://www.sea-acustica.es/revista/VOL35-12/07.pdf>, 2003, 02-03-2010, p.138.
- HYSEL, Protección Auditiva, http://www.hysel.com.ar/capacitacion_dn/EPP/Protecci%C3%B3n%20auditiva.pdf, 03-03-2010.
- MISRESPUESTAS.COM, ¿Qué es un metrónomo? <http://www.misrespuestas.com/que-es-un-metronomo.html>, 04-03-2010.
- WIKIPEDIA, Tempo, <http://es.wikipedia.org/wiki/Tempo>, 06-02-2010, 05-03-2010.
- DISFRUTALASMATEMATICAS.COM, Varianza y desviación estándar, <http://www.disfrutalasmaticas.com/datos/desviacion-estandar.html>, 05-03-2010.
- THE ENGINEERING TOOL BOX, NR-diagram, http://www.engineeringtoolbox.com/nr-noise-rating-d_518.html, 2005, 06-03-2010.
- THE ENGINEERING TOOL BOX, NC-diagram, http://www.engineeringtoolbox.com/nc-noise-criterion-d_725.html, 2005, 06-03-2010.

- ARIAS, Felipe, Las famosas curvas NC, <http://www.ceasonido.cl/2009/07/las-famosas-curvas-nc/>, 29-07-2009, 07-03-2010.

Capítulo 8. Anexos

Anexo 1. Definiciones, Abreviaturas y Símbolos

Capítulo 2

DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

Cyril M. Harris

Las definiciones, símbolos y abreviaturas presentados a continuación están de acuerdo con los contenidos en las publicaciones de una o más de las varias organizaciones de normalización, evaluación y profesionales, incluyendo el *American National Standards Institute*, la *American Society for Testing and Materials*, la *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, la *International Organization for Standardization*, y la *International Electrotechnical Commission*. Además de las siguientes definiciones, muchos términos empleados en medida acústica, control del ruido y áreas asociadas se definen a lo largo del libro, muchas más de las que se pueden incluir aquí. El lector puede utilizar el índice.

TERMINOLOGÍA

absorción de la habitación: La absorción total en una habitación debida a objetos y superficies dentro de ella y a la absorción del aire dentro de la habitación. Véase: Ecuación (4.1). Unidad: sabino o sabino métrico.

absorción del sonido: (1) La propiedad que poseen materiales, estructuras y objetos de convertir el sonido en calor, dando como resultado la propagación en un medio o la disipación cuando el sonido golpea una superficie. (2) El proceso de disipación de la energía sonora.

absorción-sabine: La absorción del sonido definida mediante la ecuación de tiempo de reverberación sabine.

aceleración de la gravedad: La aceleración producida por la fuerza de la gravedad en la superficie de la Tierra. (Por acuerdo internacional el valor de g es $9.80665 \text{ m/segundo}^2 = 386,089 \text{ pulgadas/segundo}^2 = 32,1740 \text{ pies/segundo}^2$.)

aceleración de vibración: La tasa de cambio de velocidad y dirección de una vibración, en

2.2 MANUAL DE MEDIDAS ACUSTICAS Y CONTROL DEL RUIDO

una dirección especificada. Se ha de identificar la anchura de banda de frecuencia. Unidad: metro por segundo al cuadrado. Símbolo de la unidad: m^2/s^2 .

aceleración: Véase *aceleración de vibración*.

acoplador: Véase *acoplador acústico*.

acoplador acústico: Una cavidad de forma y volumen predeterminados utilizada para la calibración de auriculares o micrófonos en conjunción con un micrófono adaptado a la medición de la presión sonora desarrollada dentro de la cavidad.

acústica: (1) La ciencia del sonido, incluyendo su producción, transmisión, recepción y efectos. (2) De una habitación, aquellas cualidades que determinan conjuntamente el carácter de la habitación con respecto a la percepción auditiva humana.

acústico, acústica: Los adjetivos calificativos *acústico* y *acústica* tienen, los significantes siguientes: contiene, produce, surge de, actúa por, o relacionado con el sonido. Se utiliza *acústico* (*acoustic*) cuando el término que se está calificando designa a algo que tiene propiedades, dimensiones o características físicas asociadas con las ondas sonoras (p. ej., impedancia acústica); su utiliza *acústico* (*acoustical*) cuando el término calificado no designa explícitamente a algo que tenga las propiedades, dimensiones o características físicas del sonido (p. ej., ingeniería acústica).

aislamiento del sonido: La capacidad de una estructura para impedir que el sonido llegue a una habitación receptora. La energía sonora no es necesariamente absorbida; a menudo el principal mecanismo son las reflexiones de vuelta hacia la fuente.

aislador de la vibración: Un soporte flexible (sobre el que se monta el equipamiento o del cual se cuelga) diseñado para reducir la vibración transmitida a la estructura de apoyo.

aislante: Véase *aislador de la vibración*.

ambiente: El resultante, en un momento determinado, de todas las condiciones e influencias a las que está sometido un sistema.

amortiguación: La disipación de la energía en un sistema oscilante, con el tiempo o la distancia.

amortiguación viscosa (amortiguación lineal viscosa): La disipación de la energía que se produce cuando una parte de un sistema o un elemento es resistido por una fuerza cuya magnitud es proporcional a la velocidad del elemento, pero en dirección opuesta a la de la velocidad.

amplitud: Valor máximo de una cantidad sinusoidal.

análizador del sonido: Un aparato para determinar el *espectro* de un sonido.

aparato de protección auditiva: Aparato personal que se utiliza para reducir los efectos dañinos y/o molestos del sonido en el sistema auditivo.

armónico: Un componente sinusoidal cuya frecuencia es un número entero múltiplo de la frecuencia fundamental.

articulación (inteligibilidad): El porcentaje de unidades del habla transmitida recibido correctamente por un oyente. (La palabra *articulación* se utiliza cuando las unidades del material hablado son sílabas sin sentido o fragmentos. La palabra *inteligibilidad* se utiliza cuando las unidades del material hablado son palabras con significado o frases completas. Ha de especificarse el tipo de material hablado utilizado; p. ej., sílabas, palabras, o frases).

DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

2.3

audiograma de tono puro: Un gráfico que muestra el nivel auditivo en función de la frecuencia.

audiograma: Gráfico que muestra el nivel auditivo (*ambrai*) en función de la frecuencia.

audiómetro: Aparato utilizado para medir la agudeza auditiva, específicamente el nivel auditivo.

auricular: Un transductor electromecánico diseñado para ser estrechamente acoplado al oído, *espor* de generar oscilaciones acústicas cuando es excitado por señales eléctricas.

auricular circunaural: Un auricular que tiene una cavidad suficientemente grande como para cubrir la región de la cabeza incluyendo y rodeando al oído.

auricular insertado: Un *auricular* pequeño diseñado para ajustarse en el oído externo o para ajustarse a un elemento conector como un molde de oído.

auricular supraural: Un auricular aplicado externamente al oído externo.

auriculares para la cabeza: Un ensamblaje de uno o dos auriculares y una banda para la cabeza.

banda: Un segmento del espectro de frecuencia.

banda auditiva crítica: (1) La frecuencia de banda del sonido (que es una parte de un ruido de espectro continuo que cubre una banda ancha) que contiene una potencia sonora igual a la de un tono puro centrado en la banda crítica y mínimamente audible en presencia del ruido de banda ancha. (2) La frecuencia de la banda dentro de la cual la sonoridad de un sonido distribuido continuamente de nivel de presión sonora constante es independiente de su anchura de banda.

banda crítica: Véase *banda auditiva crítica*.

belio: Una unidad de nivel que denota la relación entre dos cantidades proporcionales a la potencia; el número de belios correspondiente a esta relación es el logaritmo de base 10 de la relación. [1 belio = 10 decibelios (dB)].

cabina (habitación) audiométrica: Una cabina o habitación que se utiliza para el examen auditivo, está aislada contra el ruido exterior e incorpora algún absorbente del sonido.

cámara anecoica (cámara de campo libre): Una habitación cuyos límites absorben prácticamente todo el sonido incidente sobre ellos, aportando por tanto esencialmente condiciones de campo libre.

cámara de campo libre: Véase *cámara anecoica*.

cámara de reverberación: Una habitación que tiene un tiempo de reverberación largo, especialmente diseñado para hacer todas las superficies tan reflectantes del sonido como sea posible y para hacer el campo sonoro dentro de ella tan difuso como sea posible.

cámara semiáncica: Una cámara de ensayo con un suelo duro, reflectante, pero en que las demás superficies absorben esencialmente todo el sonido que incide sobre ellas, aportando por tanto condiciones de campo libre por encima del plano reflectante.

campo lejano: La porción del campo sonoro de una fuente de sonido en que el nivel de presión sonora (debido a esta fuente) desciende en 6 dB por cada duplicación de la distancia desde la fuente.

campo libre: Un campo sonoro en un medio isotrópico homogéneo cuyos límites ejercen

una influencia insignificante sobre las ondas sonoras. En la práctica, es un campo en que los efectos de los límites son insignificantes para el rango de frecuencia de interés.

campo próximo (campo sonoro próximo): El campo sonoro próximo a una fuente de sonido (entre la fuente y el campo lejano) en que el nivel de presión sonora instantánea y la velocidad de las partículas no están en fase.

campo sonoro: Una región de un medio elástico (como el aire) que contiene ondas sonoras.

campo sonoro difuso (campo difuso): Un campo sonoro que tiene densidad de energía estadísticamente uniforme y en que las direcciones de propagación de las ondas sonoras se distribuyen al azar.

campo sonoro directo: La porción del campo sonoro de una fuente de sonido en que la presión sonora (debida a esta fuente) no ha sufrido ninguna reflexión.

campo sonoro libre: Véase *campo libre*.

campo sonoro reverberante (campo reverberante): Un campo sonoro en un espacio lejano o parcialmente cerrado, una vez que la fuente ha cesado, en que las ondas sonoras se reflejan repetida o continuamente sobre los límites.

cantidad periódica: Una cantidad oscilatoria cuyos valores son recurrentes para determinados incrementos de la variable independiente.

características de impedancia: Del aire, el producto de la densidad del aire, ρ , y la velocidad del sonido del aire, c . A una temperatura de 22 °C (71,6 °F), la impedancia específica acústica es igual a 406 newtons-segundo/m²; este valor puede corregirse para otros valores de temperatura y presión mediante la Figura 1.11.

centava: Una unidad de banda logarítmica de frecuencia entre dos semitonas con una relación básica de frecuencia de la raíz 1200 de 2; una octava es igual a 1200 centavas.

ciclo: De una cantidad periódica, la secuencia completa de valores de una cantidad periódica que se produce durante un *período*.

ciclos por segundo (cps): Una unidad de frecuencia, igual que el *hertz* (Hz); véase *frecuencia*.

clase de aislamiento de impacto: Una valoración de número único que se utiliza para comparar la eficacia de los ensambles de techo-suelo para aportar reducción de los sonidos generados por impacto, tales como pisadas. Esta estimación se deriva de valores normalizados de niveles de presión sonora de impacto de acuerdo con la norma F-402 de la ASTM. Abreviatura: IIC.

clase de aislamiento de campo: Una valoración de número único parecida a la *clase de aislamiento de impacto*, salvo que los niveles de presión sonora de impacto se miden en campo. Abreviatura: FIIC.

clase de aislamiento de ruido: Una valoración de número único derivada de los valores medios de reducción del ruido entre dos espacios cerrados que están conectados mediante una o más vías; esta valoración no se ajusta o normaliza con respecto a un tiempo de reverberación normalizado. Abreviatura: NIC.

clase de transmisión del sonido: Una valoración de número único utilizada para comparar las propiedades de aislamiento del sonido de paredes, suelos, techos, ventanas o puer-

tas. La clase de transmisión del sonido se obtiene de mediciones en 16 bandas de ensayo. Abreviatura: STC.

clase de transmisión sonora de campo: Una valoración de número único parecida a la *clase de transmisión del sonido*, salvo que los valores de pérdida de transmisión utilizados para calcularla se miden en campo. Abreviatura: FSTC.

clase normalizada de aislamiento del ruido: Una valoración de número único, parecida a la *clase de aislamiento del ruido*, salvo que los valores de reducción del ruido medidos están normalizados para un tiempo de reverberación de 0,5 segundos. Abreviatura: NNIC.

coeficiente de absorción: Véase *coeficiente de absorción del sonido*.

coeficiente de absorción del sonido: (1) De forma ideal, la fracción de la potencia sonora incidente al azar que es absorbida (o reflejada) por un material. (2) Una medida de la propiedad absorbente del sonido de un material, tal como se calcula mediante el método ASTM C423. Letra del símbolo: α .

coeficiente de amortiguación crítica: El valor mínimo de amortiguación que permitirá la vuelta de un sistema desplazado a su posición inicial sin oscilación. Letra del símbolo: c_c .

coeficiente de reducción del ruido: Una valoración de número único de las propiedades de absorción del sonido de un material; es la media aritmética de los coeficientes de absorción del sonido a 250, 500, 1000 y 2000 Hz, redondeado hasta el múltiplo más próximo de 0,05. Abreviatura: NRC.

conducción del aire: El proceso por el cual el sonido viaja hacia el oído interno a través de una vía en el aire en el canal del oído externo, utilizando entonces la membrana del tímpano y la cadena de huesecillos.

conducción ósea: La transmisión del sonido al oído interno a través de la vibración mecánica de los huesos craneales y los tejidos blandos.

constante de tiempo: El tiempo requerido para que una cantidad que varía exponencialmente con el tiempo, pero menos que cualquier componente constante, cambie en un factor $1/e = 0,3679$.

contorno de igual sonoridad: Para un sonido especificado que se escucha de una manera concreta, una curva que muestra los valores relacionados de presión sonora y frecuencia requerida para elicitar un nivel de sonoridad determinado para un oyente normal. Véase *Figura 17.5*.

curvas de criterio de habitación: Véase *curvas RC*.

curvas de criterio de ruido: Véase *curvas NC*.

curvas NC (curvas de ruido criterio): Una serie de curvas de los espectros de sonido de banda de octava en un sistema para evaluar el ruido de un espacio interior ocupado; se comparan un espectro real de banda de octava con este conjunto de curvas para determinar el nivel NC del espacio.

curvas RC (curvas de criterio de habitación): Una serie de curvas de espectros de sonido de banda de octava en un sistema para valorar el ruido de un espacio interior ocupado; se comparan un espectro real de banda de octava con este conjunto de curvas para determinar el nivel RC del espacio.

decibelio: Una unidad de nivel que expresa la relación entre dos cantidades que son pro-

procionales a la potencia; el número de decibelios es diez veces el logaritmo (de base 10) de esta relación. En muchos campos sonoros, las relaciones de presión sonora no son proporcionales a las correspondientes relaciones de potencia, pero es una práctica habitual ampliar el uso de la unidad a tales casos. Un decibelio es un décimo de un bello. Símbolo de la unidad: dB.

defensa del oído: Véase *apartado de protección auditiva*.

densidad de potencia espectral: El límite, a medida que la anchura de banda se aproxima a cero, de la potencia sonora dividida entre la anchura de banda establecida.

descenso logarítmico: En el descenso de la oscilación de frecuencia única, el logaritmo natural de la proporción entre dos amplitudes sucesivas cualesquiera del mismo signo. Símbolo: Δ .

desplazamiento: Un vector de cantidad que especifica el cambio de posición de un cuerpo o partícula; habitualmente se mide desde la posición media o posición de descanso.

desplazamiento de particular: La raíz cuadrática media de los desplazamientos instantáneos de las partículas en un intervalo de tiempo especificado, salvo que se establezca de otra manera. Unidad: metro. Símbolo de la unidad: m.

desplazamiento de umbral: Un aumento en el *umbral de audición* para una frecuencia determinada; por ejemplo, como resultado de la exposición al ruido.

desplazamiento de umbral transitorio: El componente del cambio de umbral que muestra una reducción progresiva con el paso del tiempo, cuando se retira la causa del cambio. Véase Capítulo 18. Abreviatura: TTS.

desplazamiento permanente de umbral inducido por el ruido: Pérdida auditiva permanente que resulta de la exposición al ruido. Abreviatura: NIPTS.

desplazamiento transitorio de umbral inducido por el ruido: Pérdida auditiva transitoria que resulta de la exposición al ruido. Abreviatura: NIPTS.

difracción: El proceso que produce una onda difractada.

dispersión: La difracción irregular del sonido y la reflexión de las ondas sonoras en varias direcciones.

divergencia: La propagación de las ondas sonoras desde una fuente en campo libre, dando como resultado una disminución en el nivel de presión sonora al aumentar la distancia desde la fuente.

dosis: Véase *dosis de ruido*.

dosis de ruido: Véase *Ecuación (12.10)*.

dosis diaria de ruido: Véase *dosis de ruido*.

duración del pulso de sacudida: Intervalo de tiempo entre el instante en que la excitación aumenta por encima de un porcentaje establecido de su valor máximo y el instante en que decae hasta esa fracción.

eco: Un sonido que ha sido reflejado con la suficiente magnitud, pero con un tiempo de descenso tal que puede distinguirse como una repetición del sonido directo.

eco de oscilación del sonido: Una rápida, pero regular, sucesión de ecos que se origina a partir de la misma fuente sonora.

efecto de coincidencia: De un panel o partícula, un fenómeno que se produce cuando la longitud de onda de una onda flexural en un panel es igual a la de la onda de la misma frecuencia viajando en el aire.

energía sonora: De una zona de un medio, la energía total en esta zona menos la energía que existirá en la misma zona del medio sin ondas sonoras presentes. Unidad: julio.

enmascaramiento: (1) El proceso mediante el cual se eleva el umbral de audición para un sonido mediante la presencia de otro sonido. (2) La cantidad en que se aumenta el umbral de audición de un sonido en presencia de otro sonido. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

espectro: Una descripción de una cantidad en función de la frecuencia; el término puede utilizarse para significar un rango continuo de componentes, habitualmente amplio en extensión, que poseen algunas características comunes, como el espectro de frecuencias auditivas.

espectro continuo: El espectro sonoro cuyos componentes están distribuidos continuamente sobre un rango de frecuencia especificado. (El ruido aleatorio tiene un espectro continuo porque contiene un número muy grande de componentes de frecuencia.)

espectro de banda de octava: Un espectro que tiene una octava de anchura.

espectro del sonido: Una representación de la magnitud (p. ej., amplitud y fase) de los componentes de un sonido complejo en función de la frecuencia.

espectro lineal: Un espectro que contiene sólo componentes de frecuencia discreta.

exposición al ruido: Véase *exposición sonora*.

exposición sonora: La integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación A sobre un intervalo de tiempo igual o mayor al de un suceso. La ponderación de frecuencia puede ser distinta de A si así se indica. Salvo que se especifique lo contrario, se sobrentiende la ponderación de frecuencia A. En el sistema internacional de unidades (SI), la unidad fundamental de exposición sonora se expresa en pascuales al cuadrado por segundo, si el tiempo es en segundos, y en pascuales al cuadrado por hora, si el tiempo es en horas. Símbolo de la unidad: Pa²·seg o Pa²·h.

exposición sonora día-noche: La exposición sonora de una día de 24 horas calculada añadiendo la exposición sonora diurna (7:00 a 22:00 horas) a 10 veces la exposición sonora nocturna (0:00 a 7:00 horas y 22:00 a 24:00 horas). Salvo que se especifique lo contrario, se sobrentiende la ponderación A. Unidad: pascal al cuadrado por segundo. Símbolo de la unidad: Pa²·s.

exposición sonora día-tarde-noche: La exposición sonora de una día de 24 horas calculada añadiendo la exposición sonora diurna (7:00 a 19:00 horas) a 3 veces la exposición sonora vespertina (19:00 a 22:00 horas) y a 10 veces la exposición sonora nocturna (0:00 a 7:00 horas y 22:00 a 24:00 horas). Salvo que se especifique lo contrario, se sobrentiende la ponderación A. Unidad: pascal al cuadrado por segundo. Símbolo de la unidad: Pa²·s.

factor cresta (pico): De una cantidad oscilante, la proporción entre el valor pico y el valor rms.

factor de directividad: De un micrófono, la proporción entre el cuadrado de la sensibilidad del campo libre y las ondas sonoras que llegan a lo largo del eje principal, respecto a la sensibilidad media al cuadrado de una sucesión de ondas sonoras que llegan al transductor con igual probabilidad desde todas las direcciones.

fase de una cantidad periódica: Para un valor particular de la variable independiente, la parte fraccional de un período a través del cual ha avanzado la variable independiente, medida a partir de una referencia arbitraria.

filtro: Un aparato para separar los componentes de una señal sobre la base de su frecuencia.

filtro de paso de banda: Un filtro con una banda única de transmisión que se extiende desde el borde de una banda de frecuencia inferior mayor que cero hasta una frecuencia de corte superior finita.

fracción de amortiguación crítica (proporción de amortiguación): Para un sistema con amortiguación viscosa, la proporción entre el coeficiente de amortiguación real c y el coeficiente de amortiguación crítica c_c .

fracción de la dosis diaria de ruido: Véase *dosis de ruido*.

frecuencia: (1) De una función periódica en el tiempo, el número de veces que la cantidad se repite a sí misma en un segundo (v.g., número de ciclos por segundo). (2) El recíproco del período. Unidad: hercio. Símbolo de la unidad: Hz.

frecuencia angular: De una cantidad periódica, en radianes por unidad de tiempo, la frecuencia f multiplicada por la cantidad 2π ; un movimiento tal que el desplazamiento es una función sinusoidal del tiempo. Letra del símbolo: ω .

frecuencia crítica: De un panel o partícula, la frecuencia más baja a que se produce el efecto de coincidencia. Unidad: hercio. Símbolo de la unidad: Hz.

frecuencia de resonancia: La frecuencia a que se produce la resonancia. Unidad: hercio. Símbolo de la unidad: Hz.

frecuencia fundamental: (1) La frecuencia natural más baja de un sistema oscilatorio. (2) La frecuencia de un componente sinusoidal de una cantidad periódica que tiene el mismo período que la cantidad periódica. Unidad: hercio. Símbolo de la unidad: Hz.

frecuencia natural: De un sistema, la frecuencia de oscilación libre. Unidad: hercio. Símbolo de la unidad: Hz.

frecuencia natural amortiguada: De un sistema mecánico, la frecuencia de oscilación libre de un sistema lineal amortiguado. Unidad: hercio. Símbolo de la unidad: Hz.

frecuencia natural no amortiguada: De un sistema mecánico, la frecuencia de oscilación libre que resulta de las fuerzas elásticas y de inercia del sistema. Unidad: hercio. Símbolo de la unidad: Hz.

frente de onda: De una onda progresiva en el espacio, una superficie continua en que la fase es la misma para un instante determinado.

fuerza puntual: Una fuente que irradia sonido como si lo hiciera un punto único.

fuerza sonora monopolar: Véase *fuerza sonora simple*.

fuerza sonora simple (fuente monopolar): Una fuente que irradia sonido por igual en todas las direcciones bajo condiciones de campo libre.

ganancia direccional: Véase *índice de direccionalidad*.

grabadora de cinta magnética: Un aparato utilizado para grabar las señales eléctricas

como variaciones de inducción magnética remanente de un medio registrador de cinta magnética.

grados de libertad: De un sistema mecánico, el número mínimo de coordenadas independientes generalizadas que se requieren para definir completamente la configuración del sistema en cualquier instante de tiempo.

habitación fuente: Una habitación que contiene una o varias fuentes de ruido.

habitación muerta: Una habitación que se caracteriza por una cantidad inusualmente grande de absorción sonora.

habitación viva: Una habitación caracterizada por una cantidad relativamente pequeña de absorción del sonido.

hercio: Véase *frecuencia*.

impacto: Una colisión única de una masa en movimiento con una segunda masa que puede estar en reposo o en movimiento.

impedancia acústica específica: En un punto de un campo sonoro, la relación compleja entre la presión sonora instantánea y la velocidad de las partículas. Unidad: pascal segundo por metro. Símbolo de la unidad: Pa·s/m.

impulso: La integración temporal de una fuerza a lo largo del intervalo de tiempo durante el que es aplicada la fuerza.

índice de articulación: Un número (entre 0 y 1) que es una medida de la inteligibilidad del habla; cuanto más alto es el número, mayor es la inteligibilidad. Abreviatura: IA.

índice de directividad (ganancia direccional): (1) De un transductor, 10 veces el logaritmo de base 10 del factor de directividad. (2) En campo libre, la diferencia entre el nivel de presión sonora en una dirección determinada (en el campo alejado de una fuente) y el nivel medio de presión sonora en ese campo. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

índice de ruido compuesto: Un descriptor para evaluar la exposición al ruido de aeropuerto. Abreviatura: CNR.

índice de transmisión del habla: Un índice para evaluar la inteligibilidad del habla que tiene en cuenta tanto el ruido como la reverberación. Abreviatura: STI.

infrasónico: Relativo al *infrasónico*.

infrasónico: Ondas sonoras con una frecuencia inferior a la que produce la sensación auditiva habitual en los seres humanos, generalmente por debajo de 16 Hz.

inteligibilidad: Véase *articulación*.

intensidad: Véase *intensidad del sonido*.

intensidad del sonido: En un punto para una dirección especificada, la tasa media de energía sonora transmitida en una dirección concreta a través de una unidad de área normal a esta dirección en el punto considerado [véase Ecuación (1.11)]. Unidad: vatio por metro cuadrado. Símbolo de la unidad: W/m². Letra del símbolo: I.

ley inversa del cuadrado: En el campo alejado de una fuente, bajo condiciones de campo libre, la intensidad del sonido varía inversamente con el cuadrado de la distancia desde la fuente; esto da como resultado un descenso en el nivel de presión sonora de 6 dB por cada duplicación de la distancia desde la fuente.

limitación auditiva: Véase Ecuación (19.2).

longitud de onda: De una onda periódica en un medio isotrópico, la distancia perpendicular entre los frentes de onda en que los desplazamientos tienen una diferencia de fase de un período completo. Unidad: metro. Símbolo de la unidad: m. Letra del símbolo: λ .

máquina de golpear: Un aparato utilizado para valorar las distintas construcciones del suelo contra los impactos; produce una serie de impactos sobre el suelo que se examina, 10 veces por segundo.

mastoida artificial: Aparato utilizado para calibrar las vibraciones óseas, simula la impedancia mecánica del mastoide humano medio.

radiador de vibración: Un aparato para medir el desplazamiento, velocidad o aceleración en un cuerpo vibratorio.

mello: Una unidad de tono. Un tono puro, presentado frontalmente, con una frecuencia de 1000 Hz y un nivel de presión sonora de 40 dB re 20 micropascales (μPa) produce un tono de 1000 mellos.

micrófono condensador: Véase *micrófono electrodinámico*.

micrófono de gradiente de presión: Un micrófono que responde esencialmente al gradiente de presión.

micrófono de habla próxima: Un micrófono que está diseñado específicamente para ser utilizado cerca de la boca del hablante.

micrófono de sondeo: Un micrófono adaptado a explorar un campo sonoro sin alterarlo significativamente.

micrófono direccional: Un micrófono cuya respuesta depende de la dirección del sonido incidente sobre el micrófono.

micrófono electrostático (micrófono condensador): Un micrófono cuyo funcionamiento depende de la variación de la capacidad eléctrica.

micrófono omnidireccional: Un micrófono cuya respuesta es esencialmente independiente de la dirección del sonido incidente.

modo fundamental: De un sistema oscilatorio, el modo que tiene la frecuencia natural más baja.

modulación: En la transmisión de la señal: (1) proceso mediante el cual determinadas características de la onda, a menudo denominada *portadora*, varían o se seleccionan de acuerdo con una función moduladora; (2) el resultado de este proceso.

montaje de vibración: Véase *anclador de vibración*.

movimiento armónico simple: Un movimiento que es una función sinusoidal del tiempo. (Véase Figura 1.3.)

nivel: El logaritmo de la relación entre una cantidad determinada y una cantidad de referencia del mismo tipo. Hay que indicar la base del logaritmo, la cantidad de referencia y el tipo de nivel. (El tipo de nivel se indica mediante el uso de un término compuesto, como *nivel de potencia sonora* o *nivel de presión sonora*. El nivel de la cantidad de referencia no se modifica ya se elija su punto, rms u otro.)

nivel auditivo: (1) Para una frecuencia determinada, el número de decibelios que el um-

bral de un oído supera el nivel cero de referencia de un audiómetro normalizado. (2) Para una señal especificada, para un tipo concreto de auricular y para una forma determinada de aplicación, el nivel de presión sonora de la señal producida por el auricular en un acoplador específico u otro artificial, menos el nivel de presión sonora producido en el auricular correspondiente a un umbral de audición normalizado concreto. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: HL.

nivel de aceleración: Véase *nivel de aceleración de vibración*.

nivel de aceleración de vibración: Diez veces el logaritmo (de base 10) de la relación entre el cuadrado de una aceleración de vibración determinada y el cuadrado de la aceleración de referencia. Habitualmente, la aceleración de referencia es 1g o 1 m/s^2 . Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: VAL. Símbolo: L_w .

nivel de banda de octava: Véase *nivel de presión sonora de banda de octava*.

nivel de emisión de potencia de ruido: El logaritmo de base diez de la relación entre la potencia sonora con ponderación A y la potencia sonora de referencia de 1 picowatio (pW), habitualmente expresado en bellos. Abreviatura: NPEL. Letra del símbolo: L_{wp} .

nivel de exposición al ruido: Véase *nivel de exposición sonora*.

nivel de exposición al ruido de un suceso único: El nivel de exposición sonora de un suceso de ruido único (como un avión que sobrevuela o un camión que pasa), medido sobre el intervalo, entre los tiempos inicial y final, en que el nivel sonoro del suceso supera el nivel del ruido de fondo. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: SENEL. Símbolo: L_{A1} .

nivel de exposición sonora: (1) Para un período de tiempo o un suceso determinad, el logaritmo de la relación entre la integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación de frecuencia y el producto de la presión sonora de referencia de 20 micropascales (μPa) por la duración de 1 segundo (seg). En decibelios, 10 veces el logaritmo de base 10 de esta relación se asume la ponderación de frecuencia A, salvo que se especifique lo contrario. (2) Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de la relación entre la exposición y la exposición sonora de referencia, L_{ref} , de 400 micropascales al cuadrado por segundo ($400\ \mu\text{Pa}^2\text{s}$). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: SEL (ASEL, si es con ponderación A). Símbolo: L_{EP} o L_{AEP} . Si es con ponderación A).

nivel de exposición sonora con ponderación A: Véase *nivel de exposición sonora*.

nivel de exposición sonora día-noche: Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de la exposición sonora día-noche y la exposición sonora de referencia (L_{ref}) de 400 micropascales al cuadrado por segundo ($400\ \mu\text{Pa}^2\text{s}$). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

nivel de exposición sonora día-tarde-noche: Diez veces el logaritmo común (v.g., logaritmo de base 10) de la relación entre la exposición sonora día-tarde-noche y la exposición sonora de referencia (L_{ref}) de 400 micropascales al cuadrado por segundo ($400\ \mu\text{Pa}^2\text{s}$). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

nivel de intensidad: Véase *nivel de intensidad sonora*.

nivel de intensidad sonora: Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de una intensidad sonora determinada con respecto a la intensidad sonora de referencia de 1 picowatio por metro cuadrado (pW/m^2). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Letra del símbolo: L_I .

nivel de interferencia del habla: Un índice para evaluar los efectos de interferencia del

2.12 MANUAL DE MEDIDAS ACUSTICAS Y CONTROL DEL RUIDO

ruido sobre la inteligibilidad del habla, derivado de la medida del nivel del ruido de fondo de bandas de octava contiguas, v.g., la media aritmética de los niveles sonoros de bandas de octava centradas en las frecuencias de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz (método de las cuatro bandas) o la media correspondiente a las bandas centradas en 500, 1000 y 2000 Hz (método de las tres bandas). Si se utilizan otras bandas de octava, ha de especificarse. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: SIL.

nivel de potencia: Véase *nivel de potencia sonora*.

nivel de potencia sonora: Diez veces el logaritmo (de base 10) de la relación entre una potencia sonora determinada y la potencia sonora de referencia de 1 pW; v.g., $10^{1/2}$ W). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: PWL. Símbolo: L_w .

nivel de potencia sonora con ponderación A: Diez veces el logaritmo de base 10 de la relación entre una potencia sonora con ponderación A , determinada y la potencia sonora de referencia de 1 pW (potencia (pW)). Los valores con ponderación A se presentan en la Tabla 12. Abreviatura: APWL. Símbolo: L_{wA} .

nivel de presión sonora: En el aire, 20 veces el logaritmo (de base 10) de una presión sonora determinada con respecto a la presión sonora de referencia de 20 micropascales (μ Pa). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: SPL. Símbolo: L_p .

nivel de presión sonora de banda: El nivel de presión sonora dentro de una banda especificada de frecuencia. La banda suele estar especificada por su frecuencia central geométrica y anchura de banda, pero también puede especificarse por su frecuencias de corte inferior y superior. La anchura de la banda de frecuencia puede indicarse mediante un modificador, como el nivel (de presión sonora) de banda de octava, el nivel de banda de tercio de octava, etc.

nivel de presión sonora de banda de octava (nivel sonoro de banda de octava o nivel de banda de octava): Para una frecuencia de banda de octava, el nivel de presión sonora del sonido contenido dentro de esa banda. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: OBSPL. Símbolo: $L_{p1/3}$.

nivel de presión sonora de banda de tercio de octava (nivel sonoro de banda de tercio de octava o nivel de banda de tercio de octava): Para una frecuencia de banda de tercio de octava, el nivel de presión sonora del sonido contenido dentro de esa banda. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: TOBSPL. Símbolo: $L_{p1/6}$.

nivel de presión sonora de impacto: El nivel medio de presión sonora en una banda de frecuencia especificada en la habitación receptora cuando el suelo (por encima de la habitación receptora) que se examina es excitado mediante una fuente normalizada de sonido de impacto (v.g., la máquina de golpeo). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

nivel de presión sonora de pico a rms: El nivel pico de presión sonora menos la raíz cuadrática media del nivel de presión durante el período de tiempo establecido.

nivel de presión sonora promediado en el tiempo (nivel sonoro de presión sonora continuo equivalente): Durante un período de tiempo establecido, el logaritmo de la relación entre la raíz cuadrática media de la presión sonora y la presión sonora de referencia. Para sonido transmitido por el aire, salvo que se especifique de otra manera, el nivel de presión sonora promediado en el tiempo en decibelios es 20 veces el logaritmo de base 10 del nivel de presión sonora durante el tiempo establecido respecto a la presión sonora de referencia de 20 micropascales (μ Pa). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Símbolo: L_{pT} .

DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

2.13

nivel de presión sonora instantánea: Diez veces el logaritmo común del cuadrado de la relación entre la presión sonora instantánea y la presión sonora de referencia de 20 micropascales (μ Pa). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

nivel de presión sonora pico: Diez veces el logaritmo común de la relación entre la presión sonora pico y la presión sonora de referencia de 20 micropascales (μ Pa), el máximo nivel de presión sonora instantánea durante un período de tiempo o acontecimiento establecido. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

nivel de ruido: Igual que *nivel sonoro*. Habitualmente utilizado para describir el sonido no deseado.

nivel de ruido percibido de tono corregido: El nivel de presión sonora obtenido al añadir un ajuste al nivel de ruido percibido, que está relacionado con el grado de irregularidad que puede producirse entre bandas de tercio de octava contiguas.

nivel de ruido percibido efectivo: El nivel de la integración temporal del antiflogaritmo de un décimo del nivel de ruido percibido de tono corregido de un avión que sobrevuela, con una duración de referencia de 10 segundos. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

nivel de sensación: Para un oyente individual y un sonido especificado, la cantidad en que un nivel de presión sonora supera el umbral de audición para ese sonido. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

nivel de señal a ruido: El nivel de la señal menos el nivel de ruido, habitualmente en decibelios.

nivel de sonoridad: De un sonido, el nivel de presión sonora de una onda libre progresiva plana con una frecuencia de 1000 Hz que se juzga como igualmente sonora que el sonido desconocido, cuando se presentan a oyentes con audición normal situados frente a la fuente. Unidad: fono. Abreviatura: LL.

nivel del espectro de presión: De un sonido a una frecuencia especificada, el nivel de presión sonora efectiva de la potencia sonora contenida dentro de una banda de 1 Hz de anchura, centrada en una frecuencia determinada. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: PSL. Símbolo: L_{pF} .

nivel del espectro de presión sonora: Véase *nivel del espectro de presión*.

nivel del umbral auditivo: Para una señal especificada, la cantidad en que el umbral de audición de cualquiera de los oídos supera un umbral de audición estandarizado especificado. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

nivel equivalente de ruido comunitario: (1) Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) del cuadrado de la *presión sonora media día-noche-noche* a la presión sonora de referencia de 20 micropascales (μ Pa). (2) El nivel sonoro equivalente con ponderación A de 24 horas, de medianoche a medianoche, obtenido después de añadir 5 dB a los niveles sonoros que se producen entre las 19:00 y las 22:00 horas y 10 dB a los niveles sonoros que se producen entre las 0:00 y las 7:00 horas y las 22:00 y las 24:00 horas. Unidad: decibelio. Símbolo: CNEL. Símbolo: L_{eq} .

nivel medio de presión sonora (en una habitación): Diez veces el logaritmo de base 10 de la relación entre el espacio y el tiempo medio de la presión sonora al cuadrado y la presión sonora al cuadrado de referencia; se toma el espacio medio de toda la habitación, con excepción de aquellas partes en que la radiación directa de cualquier fuente sonora o campo próximo de los límites tiene una influencia significativa. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

2.14 MANUAL DE MEDIDAS ACUSTICAS Y CONTROL DEL RUIDO

DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y SIMBOLOS 2.15

nivel de presión sonora de impacto: El nivel de presión sonora de impacto en la habitación receptora menos 10 veces el logaritmo (de base 10) del tiempo de reverberación en la habitación receptora, dividido entre el tiempo de reverberación de referencia.

nivel normalizado de presión sonora de impacto: Para una banda de frecuencia especificada, el nivel medio de presión sonora en una habitación receptora, debido a una fuente normalizada de impacto, menos diez veces el logaritmo (de base 10) de la relación entre una absorción de referencia y la absorción total del sonido en la habitación receptora. La absorción del sonido de referencia son 10 sabanas métricas.

nivel percentil: Para una duración establecida del período total de medición, el nivel sonoro o nivel sonoro promediado en el tiempo que es superado el x por 100 del período total de medición. Salvo que se especifique lo contrario, se sobrentiende la ponderación A. Si se utilizan niveles sonoros, hay que especificar la ponderación temporal; si se utilizan niveles sonoros equivalentes, hay que especificar el período de medición de cada muestra. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

nivel pico: Nivel máximo instantáneo de un tipo establecido que se produce durante un intervalo de tiempo determinado.

nivel sonoro (nivel ponderado de presión sonora): Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) del cuadrado de la relación entre la presión sonora con ponderación de frecuencia (y promedio temporal) y la presión sonora de referencia de 20 micropascales (μPa), 20 veces el logaritmo común (de base 10) de la relación entre una presión sonora determinada (obtenida con ponderaciones normalizadas de frecuencia y exponencial de tiempo promedio) y la presión sonora de referencia de 20 micropascales (μPa). Hay que especificar las ponderaciones de tiempo y frecuencia utilizadas; de no ser así, se sobrentienden las ponderaciones de frecuencia A y de tiempo rápido (*fast*). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

nivel sonoro con ponderación A: El nivel sonoro obtenido mediante el uso de la ponderación A. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. A menudo, el símbolo de la unidad es seguido de la letra A entre paréntesis, v.g., dB(A), para indicar que se ha utilizado la ponderación A. La Tabla 1.2 presenta los valores de la ponderación A. Abreviatura: AL. Símbolo: L_A .

nivel sonoro con ponderación C: El nivel sonoro obtenido mediante el uso de la ponderación C. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB; a menudo, el símbolo de la unidad es seguido de la letra C entre paréntesis, v.g., dB(C), para indicar que se ha utilizado la ponderación C. Abreviatura: CL. Símbolo: L_C .

nivel sonoro continuo equivalente (nivel sonoro promediado en el tiempo): El nivel de un sonido estable que, en un período de tiempo establecido y en una localización determinada, tiene la misma energía sonora con ponderación A que el sonido que varía con el tiempo. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: QL. Símbolo: L_{eq} .

nivel sonoro corregido día-noche: Diez veces el logaritmo común (v.g., logaritmo de base 10) del cuadrado de la relación entre la presión sonora corregida día-noche y la presión sonora de referencia de 20 micropascales (μPa). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: DNL. Símbolo: L_{dn} .

nivel sonoro corregido día-noche anual: El nivel sonoro corregido día-noche promediado para todo el año.

nivel sonoro de 8 horas: El nivel sonoro continuo equivalente con ponderación A para

un período de tiempo de 8 horas. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: 8HL. Símbolo: L_{8h} .

nivel sonoro diurno medio: El nivel sonoro continuo equivalente para un período de 12 horas de las 7:00 a las 19:00. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: DTL. Símbolo: L_{dnt} .

nivel sonoro máximo con ponderación A: El mayor nivel sonoro medido en un sonómetro, durante un intervalo de tiempo o suceso designado, utilizando la ponderación A y el promedio temporal rápido (*fast*). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: MXLA. Símbolo: L_{Amax} .

nivel sonoro medio: Véase *nivel sonoro continuo equivalente*.

nivel sonoro medio día-tarde-noche: Véase *nivel de ruido equivalente en la comunidad*.

nivel sonoro medio horario: El nivel sonoro continuo equivalente para un período de tiempo de 1 hora, habitualmente calculado entre horas enteras. Puede identificarse por las horas de principio y final, o sólo por la hora final. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: 1HL. Símbolo: L_{1h} .

nivel sonoro medio nocturno: El nivel sonoro continuo equivalente, v.g., el nivel sonoro promediado en el tiempo con ponderación A para un período de 9 horas dividido, de las 0:00 a las 7:00 horas y de las 22:00 a las 24:00 horas. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: NL. Símbolo: L_{9n} .

nivel sonoro percibido: Una valoración del «ruido» del sonido de un avión; el nivel de presión sonora con ponderación de frecuencia obtenido mediante un procedimiento establecido, que combina los niveles de presión sonora en las 24 bandas de tercio de octava contradas entre 50 Hz y 10 kHz. Véase Ecuación (47.2). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: PNL. Símbolo: L_{PN} .

nivel sonoro pico: El valor instantáneo más alto de un nivel de presión sonora normalizado con ponderación de frecuencia, dentro de un intervalo de tiempo establecido.

nivel sonoro pico con ponderación A: El máximo nivel sonoro instantáneo con ponderación A durante un período de tiempo o suceso establecido. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: PKAL. Símbolo: L_{pkA} .

nivel sonoro promediado en el tiempo (nivel sonoro continuo equivalente): Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de la relación entre el cuadrado de la presión sonora de tiempo medio (con ponderación de frecuencia) y la presión sonora de referencia de 20 micropascales (μPa). Unidad: decibelio. Salvo que se especifique lo contrario, se sobrentiende la ponderación A. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: QL. Símbolo: L_{eq} .

nivel sonoro residual: El valor inferior bastante estable del nivel sonoro sobre el que se superponen los sucesos discretos.

nivel sonoro superado por el percentil x : El nivel sonoro rápido (*fast*) con ponderación A igualado o superado por un nivel sonoro fluctuante el x por 100 del período de tiempo establecido. Por ejemplo, la letra del símbolo L_{90} representa el nivel sonoro que es superado un 10 por 100 del período de tiempo establecido.

nivel sonoro vespertino: El nivel sonoro continuo equivalente, v.g., el nivel sonoro con ponderación A de tiempo medio para un período de tiempo de 3 horas, de las 19:00 a las 22:00. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: EL. Símbolo: L_{ev} .

2.16 MANUAL DE MEDIDAS ACÚSTICAS Y CONTROL DEL RUIDO

octava: El intervalo de frecuencia entre dos sonidos cuya relación de frecuencia es 2.

oido artificial: Un aparato usado para calibrar los auriculares; el oído artificial incorpora un micrófono calibrado para medir la presión sonora y un acoplador acústico, de manera que la impedancia acústica global sea parecida a la del oído humano medio normal, en una banda de frecuencia determinada. Está equipado con un micrófono para la medición de la presión sonora desarrollada por el auricular.

onda: Una alteración que se propaga en un medio de tal manera que, en cualquier punto del medio, la cantidad que sirve como medida de la alteración es una función del tiempo; en tanto que, en cualquier instante, el desplazamiento en un punto es una función de su posición.

onda difractada: Una onda cuyo frente ha sido cambiado de dirección, por un obstáculo u otra inhomogeneidad en el medio, de forma distinta a la producida por la reflexión o la refracción.

onda libre progresiva: Una onda que se propaga en un medio libre de los efectos de sus límites.

ondas esféricas: Ondas cuyos frentes son círculos concéntricos.

ondas estables: Ondas en que el flujo neto de energía es cero en todos los puntos.

ondas estacionarias: Ondas periódicas con una distribución fija de amplitud en el espacio, que resultan de la interferencia de ondas progresivas de la misma frecuencia y tipo.

ondas planas: Ondas que tienen frentes planos; la dirección del desplazamiento de las partículas en cada punto del medio es normal al frente de onda.

oscilación del sonido: Cualquier desviación de la frecuencia en el sonido reproducido que resulta de un movimiento no uniforme del medio de grabación durante el registro, duplicación o reproducción.

pantalla antiviento: Una cubierta porosa para un micrófono, diseñada para reducir la señal eléctrica producida por el micrófono, como resultado del ruido generado por el paso del viento sobre el micrófono.

pascal: Una unidad de presión. Símbolo de la unidad: Pa [1 pascal = 1 newton por metro cuadrado (1 N/m²)].

patrón direccional: De un transductor eléctrico a una frecuencia determinada en un plano especificado, la descripción del nivel de sensibilidad en función de la dirección de propagación del sonido irradiado o incidente. Esta descripción suele darse gráficamente en coordenadas polares. (Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende que el eje de referencia es el eje principal.)

pérdida por inserción: De un atenuador del sonido, barrera del sonido u otro elemento diseñado para aportar reducción del sonido en una banda de frecuencia especificada, el descenso en el nivel de potencia sonora medido en el lugar del receptor cuando este elemento es insertado en la vía de transmisión entre la fuente de sonido y el receptor. Unidad: decibelios. Símbolo de la unidad: dB.

pérdida por transmisión: De una partición, para una banda de frecuencia especificada, la diferencia entre los niveles medios de presión sonora de la habitación reverberante fuente y la habitación receptora (expresada en decibelios), más diez veces el logaritmo de base 10 de

DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

2.17

la relación entre el área de la partición común y la absorción total sabino en la habitación receptora. Abreviatura: TL.

pérdida por transmisión del sonido: Véase *pérdida por transmisión*.

período: De una cantidad periódica, el menor incremento de la variable independiente para una función que se repite a sí misma.

picovatio: Una unidad de potencia igual a la millonésima de un milionésimo de vatio (v.g., 10⁻¹² W). Símbolo de la unidad: pW.

pietófono: Un aparato, utilizado en la calibración de micrófonos, que produce una presión sonora conocida dentro de una cavidad cerrada mediante el movimiento de pistones; el micrófono que se calibra es insertado en la cavidad.

ponderación: Una respuesta de frecuencia normalizada que aporta un sonómetro. Véase Figura 5.7 y Tabla 1.2.

porcentaje de dosis diaria de ruido: Véase *dosis de ruido*.

potencia: Véase *potencia sonora*.

potencia de habla punte: El valor máximo de la potencia instantánea del habla dentro del intervalo de tiempo considerado.

potencia instantánea del habla: La tasa a que se irradia la energía sonora por una fuente de habla en un momento determinado.

potencia media del habla: Para un intervalo de tiempo establecido, la media aritmética de la potencia sonora instantánea durante ese intervalo.

potencia sonora (de una fuente): En una banda de frecuencia determinada, la tasa por unidad de tiempo en que la energía sonora es irradiada. Unidad: vatio. Letra del símbolo: W.

potencia sonora de referencia: La potencia sonora de referencia seleccionada por convención; igual a 1 picovatio (1 pW; v.g., 10⁻¹² W).

presión estática: En un punto de un medio, la presión que existiría en ausencia de ondas sonoras. Unidad: pascal. Símbolo de la unidad: Pa [1 Pa = 1 newton por metro cuadrado = 10 dinas por centímetro cuadrado].

presión sonora: La raíz cuadrática media de la presión sonora instantánea durante un intervalo de tiempo especificado en una banda de frecuencia determinada, salvo que se indique otro proceso de promedio temporal. Unidad: pascal. Símbolo de la unidad: Pa.

presión sonora con ponderación de frecuencia: La raíz cuadrática media de la presión sonora instantánea que es ponderada para frecuencia con una característica normalizada de frecuencia (p. ej., A o C) y ponderada explícitamente para tiempo de acuerdo con las características normalizadas lenta (slow, S), rápida (fast, F), impulso (I) o pico, con ponderaciones especificadas de acuerdo con la norma ANSI S1.4A. Hay que especificar tanto la ponderación de frecuencia como la de tiempo. Si no se presenta la ponderación de frecuencia, se sobreentiende la ponderación A. Unidad: pascal. Símbolo de la unidad: Pa.

presión sonora de referencia: La presión sonora de referencia seleccionada por convención; para aire, igual a 20 micropascales (μPa).

presión sonora de tiempo medio (con ponderación de frecuencia): (1) La raíz cuadrada del cociente entre la integración temporal de las presiones sonoras instantáneas al cua-

2.18 MANUAL DE MEDIDAS ACUSTICAS Y CONTROL DEL RUIDO

drado con ponderación de frecuencia y el período del tiempo de integración en segundos, para un período de tiempo de integración establecido. (2) La raíz cuadrada del cociente entre la exposición sonora, en pascals-segundos, en un período de tiempo especificado, y el período de tiempo (establecido) de integración en segundos. Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación A. Unidad: pascal. Símbolo de la unidad: Pa.

presión sonora efectiva: En un punto, el valor de la raíz cuadrática media (rms) de las presiones sonoras instantáneas sobre un intervalo de tiempo seleccionado. En el caso de presiones sonoras periódicas, el intervalo seleccionado ha de ser: (1) largo en comparación con el período o (2) un número integral de períodos. En el caso de presiones no periódicas, el intervalo debe ser lo suficientemente largo como para hacer que el valor obtenido sea esencialmente independiente de los pequeños cambios en la longitud del intervalo de tiempo.

presión sonora instantánea: En un punto en un medio, la diferencia entre la presión existente en un instante especificado y la presión atmosférica. Unidad: pascal. Símbolo de la unidad: Pa.

presión sonora máxima: En un ciclo determinado de una oscilación periódica, el valor máximo absoluto de la presión sonora instantánea que se produce durante ese ciclo. Unidad: pascal. Símbolo de la unidad: Pa.

presión sonora media día-noche: La raíz cuadrada del cociente de la exposición sonora día-tarde-noche dividida entre 86.400 segundos (v.g., el número de segundos en un día). Unidad: pascal. Símbolo de la unidad: Pa.

presión sonora media día-tarde-noche: La raíz cuadrada del cociente de la exposición sonora día-tarde-noche dividida entre 86.400 segundos (v.g., el número de segundos en un día). Unidad: pascal. Símbolo de la unidad: Pa.

presión sonora pico: En un intervalo de tiempo especificado, el mayor valor absoluto de la presión sonora instantánea, en una banda de frecuencia establecida. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

protector auditivo: Véase *aparato de protección auditiva*.

protector de la audición: Véase *aparato de protección auditiva*.

prueba de inteligibilidad del habla: Un procedimiento que mide la proporción de elementos de prueba (como sílabas, palabras monosilábicas o frases) que se oyen correctamente.

RAYL: Un RAYL es igual a 1 pascal por segundo por metro (Pa·seg/m).

rayos sonoros: Líneas que emanan de una fuente de sonido, que se difunden perpendicularmente al frente de onda, indicando la dirección de propagación del sonido.

receptor: Una persona (o personas) o equipamiento que se ve afectado por el ruido.

recogida de vibración: Véase *transductor de vibración*.

reducción del ruido: La diferencia en el nivel de presión sonora entre dos puntos cualesquiera a lo largo de una vía de propagación del sonido.

refracción: (1) El fenómeno mediante el cual la dirección de propagación de una onda sonora cambia como resultado de una variación espacial de la velocidad del sonido. (2) El cambio angular en la dirección de una onda sonora al pasar oblicuamente de un medio a otro con distinta velocidad de onda.

DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

2.19

relación de amortiguación: Véase *fracción de amortiguación crítica*.

relación de amortiguación crítica: Véase *fracción de amortiguación crítica*.

resistencia de flujo: La proporción entre la diferencia de la presión del aire a través de una lámina de material poroso y el volumen del flujo de aire a través de la lámina. Unidad: pascal por segundo por metro. Símbolo de la unidad: Pa·seg/m.

resonancia: De un sistema en oscilación forzada, un fenómeno tal que cualquier cambio, por pequeño que sea, en la frecuencia de excitación da como resultado un descenso en la respuesta del sistema.

respuesta rápida (fast) [promedio temporal con ponderación exponencial rápida (fast)]: Véase «Promedios de tiempo», Capítulo 5.

respuesta lenta (slow) [promedio temporal con ponderación exponencial lenta (slow)]: Véase «Promedios de tiempo», Capítulo 5.

reverberación: La persistencia del sonido en un espacio total o parcialmente cerrado, después de que la fuente de sonido ha cesado; la persistencia es el resultado del reflejo repetido y/o la dispersión.

ruido: (1) Sonido u otra alteración desagradable o no deseada; sonido no deseado. Por extensión, cualquier alteración no deseada dentro de una banda de frecuencia útil, como ondas eléctricas inadecuadas en un canal o aparato de transmisión. (2) Sonido con naturaleza general aleatoria, cuyo espectro no exhibe componentes de frecuencia claramente definidos.

ruido aleatorio: (1) El ruido cuya magnitud no puede predecirse con precisión en un momento determinado. (2) Oscilaciones debidas a la agregación de un gran número de alteraciones elementales con ocurrencia al azar en el tiempo. (Un ruido aleatorio cuyas magnitudes instantáneas se producen de acuerdo con una distribución gaussiana se denomina *ruido gaussiano aleatorio*.)

ruido ambiental: El ruido envolvente asociado con un ambiente determinado en un momento específico, compuesto habitualmente del sonido de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas; ningún sonido en particular es dominante.

ruido blanco: Un sonido cuya densidad de potencia espectral es esencialmente independiente de la frecuencia. (El ruido blanco no tiene por qué ser ruido aleatorio.)

ruido de fondo: El ruido total de todas las fuentes distintas al sonido de interés (p. ej., otro que el sonido que se está midiendo u otra que el habla o la música que se está escuchando).

ruido de impacto: El ruido que se produce cuando colisionan dos masas.

ruido rosa: El ruido que tiene un espectro continuo de frecuencia y una potencia constante dentro de una anchura de banda proporcional a la frecuencia central de la banda. (Por ejemplo, la potencia por banda octava tiene una anchura de banda constante.)

sabino: una unidad de medida de la absorción del sonido; una medida de la absorción del sonido de una superficie. Es equivalente a un ft^2 de una superficie perfectamente absorbente; un *sabino métrico* es el equivalente a 1 m^2 de una superficie perfectamente absorbente.

sabino métrico: Véase *sabino*.

secudidad (de un sistema mecánico): Una excitación no periódica de un sistema mecánico que está caracterizada por ser repentina y severa y habitualmente produce un desplazamiento relativo significativo en el sistema.

sacudida acústica: Una lesión en el oído producida por un ruido repentino e intenso, como el producido por una explosión o un estallido cerca de la cabeza, que produce cierto grado de pérdida auditiva permanente o transitoria.

sacudida mecánica: Una excitación no periódica (p. ej., un movimiento de la base o una fuerza aplicada) de un sistema mecánico que se caracteriza por ser repentina y severa y habitualmente produce un desplazamiento relativo significativo en el sistema.

sensibilidad axial: De un micrófono para una frecuencia especificada, la sensibilidad de campo libre a las ondas sonoras de plano progresivo cuya dirección de propagación es hacia el micrófono y a lo largo del eje principal.

sensibilidad de presión: De un transductor electroacústico a una frecuencia especificada, la proporción entre el voltaje del circuito abierto y la presión sonora real existente sobre la región del transductor diseñada para recibir el sonido.

sistema de grado de libertad único: Un sistema mecánico en que sólo es precisa una condición para definir completamente su configuración en cualquier instante.

sonido: (1) Una alteración física en un medio (p. ej., aire) que puede ser detectada por el oído humano. (2) Sensación auditiva excitada por una alteración física en un medio.

sonido ambiental: El sonido envolvente asociado con un ambiente determinado en un momento específico, compuesto habitualmente del sonido de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas, incluida(s) la(s) fuente(s) de interés específico.

sonido audible: (1) Oscilaciones acústicas de tal carácter que pueden excitar la sensación de audición. (2) Sensación de audición excitada por las ondas sonoras.

sonido directo: El sonido que llega a una localización determinada en línea directa desde la fuente, sin ninguna reflexión.

sonido reflejado: El sonido que persiste en un espacio cerrado como resultado de reflexiones repetidas o dispersión, no incluye el sonido que se transmite directamente de la fuente sin reflexiones.

sonido residual: El sonido envolvente, en un momento especificado, habitualmente compuesto de los sonidos de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas, que permanece en una posición determinada y una situación concreta, cuando se eliminan, se hacen insignificantes o no se incluyen todas las fuentes discretas de sonido idóntificables.

sonido transmitido por la estructura: Sonido que llega al punto de interés mediante la propagación a través de una estructura sólida.

sonido transmitido por sólidos: Véase *sonido transmitido por la estructura*.

sonio: Unidad de sonoridad. Un sonio es la sonoridad de un tono puro, presentado frontalmente, como ondas planas progresivas de 1000 Hz y un nivel de presión sonora de 40 dB, re 20 micropascales (μPa).

sonómetro: Un instrumento que es utilizado para la medición del nivel sonoro, con ponderación de frecuencia y ponderación exponencial de tiempo promedio estandarizadas. Abreviatura: SLM.

sonoridad: El atributo de la sensación auditiva en términos mediante los que los sonidos pueden ordenarse sobre una escala que se extiende de bajo a alto. Unidad: sonio.

tapon auditivo: Un aparato de protección auditiva que se lleva dentro del canal auditivo externo.

tasa de descenso: A una frecuencia determinada, la tasa de tiempo a la que el nivel de presión sonora descende en una habitación. Unidad: decibelio por segundo. Símbolo de la unidad: dB/seg.

tiempo de ascenso del pulso: El intervalo de tiempo requerido para que el borde conductor de un pulso se eleve desde una fracción pequeña especificada hasta una fracción mayor determinada del valor máximo.

tiempo de reverberación: De un espacio cerrado, para un sonido de una frecuencia o banda de frecuencia determinada, el tiempo que se requiere para que el nivel de presión sonora dentro de él decrezca 60 dB, después de haber cesado la fuente. Véase: Estimación (4.5). Unidad: segundo. Símbolo de la unidad: seg. Símbolo: T_{60} .

tono: (1) Una oscilación (física) del sonido capaz de elicitar una sensación auditiva que tenga un tono. (2) Una sensación auditiva que resulta de una oscilación del sonido.

tono: El atributo de la sensación auditiva en términos del cual pueden ordenarse los sonidos sobre una escala que va de bajo a alto. (El tono de un sonido complejo depende fundamentalmente del contenido de frecuencia del sonido, así como de la presión sonora y de la forma de onda.)

tono complejo: Ondas sonoras que contienen componentes sinusoidales de distintas frecuencias.

tono puro: Una onda sonora que es una función sinusoidal simple del tiempo (véase Figura 1.3).

transductor: (1) Un aparato diseñado para recibir una señal de entrada de determinado tipo y aportar una señal de salida de distinto tipo, de tal manera que la característica descendida de la señal de entrada aparece en la señal de salida. (2) Véase *transmisor de vibración*.

transductor de vibración: Un aparato que convierte la sacudida o movimiento vibratorio en una señal eléctrica (óptica o mecánica) que es proporcional a un parámetro del movimiento experimentado.

transductor electroacústico: Un transductor diseñado para recibir señales eléctricas de entrada y aportar señales acústicas de salida, o viceversa.

transmisión lateral del sonido: La transmisión del sonido desde una habitación fuente (p. ej., una habitación en que se localiza una fuente sonora) hacia una habitación receptora adyacente mediante vías distintas a la partición común.

ultrasónico: Relativo a *ultrasonido*.

ultrasonido: Oscilaciones acústicas con una frecuencia por encima del límite superior de frecuencia del sonido audible por el oído humano, aproximadamente 20.000 Hz.

umbral de audición (umbral de audibilidad): Para un oyente determinado, la presión sonora mínima de un sonido especificado que es capaz de evocar una sensación auditiva. Se asume que el sonido que llega al oído desde otras fuentes es insignificante. (Hay que especificar las condiciones generales de medición, por ejemplo, oír con un oído, dos oídos, en campo libre o con auriculares.)

umbral de audición normalizado: El valor modal de los umbrales de audición para un

2.22 MANUAL DE MEDIDAS ACUSTICAS Y CONTROL DEL RUIDO

gran número de oyentes, con edades entre 18 y 30 años, que poseen oídos otológicamente normales.

umbral de dolor: Para un oyente determinado, el nivel mínimo de presión sonora de un sonido especificado que producirá una sensación definitiva de dolor en el oído.

umbral de inteligibilidad del habla: El nivel de presión sonora del habla en una banda de frecuencia establecida a la que pueden reconocerse con claridad el 50 por 100 de las palabras relativamente fáciles. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

umbral del dolor normal: Valor modal del umbral para el dolor de un gran número de oyentes otológicamente normales, con edades entre 18 y 30 años.

unidad de exposición sonora: 1 pascal al cuadrado por segundo (Pa²·seg).

unidad de exposición sonora día-noche: Una exposición sonora total día-noche de 1 pascal al cuadrado por segundo (1 Pa²·s).

unidad de exposición sonora día-tarde-noche: Una exposición sonora de día-tarde-noche de 1 pascal al cuadrado por segundo (1 Pa²·s).

valor de pico a pico: De una cantidad oscilatoria, la diferencia algebraica entre los valores extremos de la cantidad.

velocidad de partícula: En un campo sonoro durante un intervalo de tiempo especificado, la raíz cuadrática media de las velocidades instantáneas de las partículas, salvo que se establezca de otra manera. Unidad: metro por segundo. Símbolo de la unidad: m/seg.

vibración: Una oscilación en que la cantidad es un parámetro que define el movimiento del sistema mecánico.

vibración ambiental: La vibración envolvente asociada con un ambiente determinado, compuesta habitualmente de la vibración de muchas fuentes próximas y lejanas.

SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

Además de las abreviaturas que se presentan a continuación, otras diversas para varias organizaciones normativas se presentan en el Capítulo 15.

- A Símbolo: Absorción total del sonido en una habitación
- AAO-HNS Abreviatura: (comité de) American Academy of Otolaryngology/Head and Neck Surgery
- AAOO Abreviatura: American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology
- AI Abreviatura: Índice de articulación
- AIGUZ Abreviatura: Instalación de aire compatible con zona de uso (normas)
- AL Abreviatura: Nivel sonoro con ponderación A
- AMA Abreviatura: American Medical Association
- AMC Abreviatura: Air Movement and Control Association

DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y SIMBOLOS 2.23

- ANSI Abreviatura: American National Standards Institute
- APWL Abreviatura: Nivel de potencia sonora con ponderación A
- ASA Abreviatura: Acoustical Society of America
- ASEL Abreviatura: Nivel de exposición sonora con ponderación A
- ASHRAE Abreviatura: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
- ASME Abreviatura: American Society of Mechanical Engineers
- ASTM Abreviatura: American Society for Testing and Materials
- ATS Abreviatura: Desplazamiento de umbral asintótico
- c Símbolo: Velocidad del sonido
- CAB Abreviatura: Civil Aeronautics Board
- CEQ Abreviatura: Council of Environmental Quality
- CFR Abreviatura: Código de normas federales
- CHABA Abreviatura: Committee on Hearing and Bio-Acoustics
- CL Abreviatura: Nivel sonoro con ponderación C
- CNEL Abreviatura: Nivel sonoro equivalente de ruido comunitario
- CNR Abreviatura: Índice de ruido compuesto
- eps Símbolo de la unidad: Ciclos por segundo
- D Abreviatura: Nivel de exposición sonora con ponderación C
- dB Símbolo de la unidad: Decibelio
- dB(A) Símbolo de la unidad: decibelio [la (A) indica el uso de la ponderación A]
- dB(C) Símbolo de la unidad: decibelio [la (C) indica el uso de la ponderación C]
- DIL Abreviatura: Pérdida por inserción dinámica
- DL Abreviatura: Nivel sonoro medio diurno
- DNAL Abreviatura: Nivel sonoro corregido día-noche con ponderación A
- DNCL Abreviatura: Nivel sonoro corregido día-noche con ponderación C
- DNL Abreviatura: Nivel sonoro corregido día-noche
- DNSE Abreviatura: Exposición sonora día-noche
- DOD Abreviatura: Departamento de Defensa
- DTL Abreviatura: Nivel sonoro medio diurno
- e Símbolo: Base neperiana = 2.718...
- E_A Símbolo: Exposición sonora con ponderación A
- E_{A,den} Símbolo: Exposición sonora día-tarde-noche con ponderación de frecuencia A

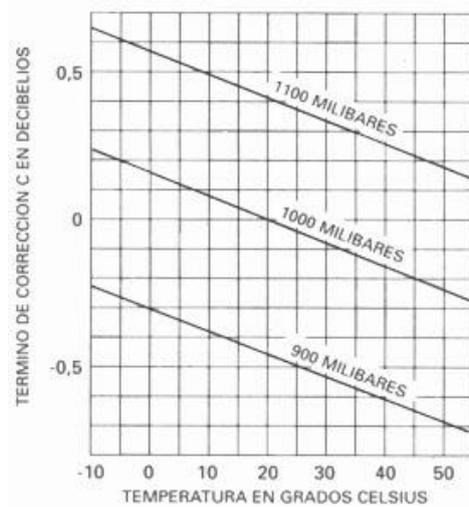
2.24	MANUAL DE MEDIDAS ACUSTICAS Y CONTROL DEL RUIDO	DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y SIMBOLOS	2.25
$E_{A,dn}$	Símbolo: Exposición sonora día-noche con ponderación de frecuencia A	Abreviatura: International Organization for Standardization	Símbolo de la unidad: Kilogramo
$E_{A,T}$	Símbolo: Exposición sonora con ponderación de frecuencia A y período de tiempo de medición	Símbolo: Nivel de aceleración de la vibración	Símbolo: Nivel sonoro con ponderación A
E_C	Símbolo: Exposición sonora con ponderación C	Símbolo: Nivel sonoro corregido día-noche con ponderación de frecuencia A	Símbolo: Nivel de exposición sonora con ponderación A
E_w	Exposición sonora de referencia [400 $\mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$]	Símbolo: Nivel sonoro continuo equivalente con ponderación A	Símbolo: Nivel sonoro continuo equivalente durante un tiempo promedio especificado T
Es.I.A.	Abreviatura: Estudio de impacto ambiental	Símbolo: Nivel de exposición sonora con ponderación de frecuencia A y período de medición T	Símbolo: Nivel sonoro con ponderación A
EPA	Abreviatura: Administración de Protección Ambiental	Símbolo: Nivel sonoro rápido (fast) con ponderación A	Símbolo: Nivel sonoro rápido (fast) con ponderación A
EPNL	Abreviatura: Nivel de ruido percibido efectivo	Símbolo: Nivel sonoro rápido (fast) con ponderación A superado por el x por ciento del período total de medición	Símbolo: Nivel sonoro con ponderación A superado por el x por ciento del período total de medición
f	Símbolo: Frecuencia	Símbolo: Nivel sonoro de impulso con ponderación A	Símbolo: Nivel sonoro de impulso con ponderación A
FAA	Abreviatura: Federal Aviation Administration	Símbolo: Nivel sonoro máximo con ponderación A durante un suceso	Símbolo: Nivel sonoro máximo con ponderación A durante un suceso
FAAct	Abreviatura: Federal Aviation Act de 1958	Símbolo: Nivel sonoro pico con ponderación A	Símbolo: Nivel sonoro pico con ponderación A
FAL	Abreviatura: Nivel sonoro rápido (fast) con ponderación A	Símbolo: Nivel sonoro lento (slow) con ponderación A	Símbolo: Nivel sonoro lento (slow) con ponderación A
FAR	Abreviatura: Federal Aviation Regulations	Símbolo: Nivel sonoro promedio en el tiempo con ponderación de frecuencia A para un período de medición T	Símbolo: Nivel sonoro promedio en el tiempo con ponderación de frecuencia A para un período de medición T
FC	Abreviatura: Nivel sonoro rápido (fast) con ponderación C	Véase L_{AFX}	Véase L_{AFX}
Fed.Reg.	Abreviatura: Federal Register	Símbolo: Nivel sonoro con ponderación A para una constante exponencial de tiempo de τ segundos en el momento t	Símbolo: Nivel sonoro con ponderación A para una constante exponencial de tiempo de τ segundos en el momento t
FHWA	Abreviatura: Federal Highway Administration	Símbolo: Nivel sonoro corregido día-noche	Símbolo: Nivel sonoro corregido día-noche
FR	Abreviatura: Federal Register	Símbolo: Nivel sonoro corregido día-noche anual	Símbolo: Nivel sonoro corregido día-noche anual
FSTC	Abreviatura: Clase de transmisión sonora de campo	Símbolo: Nivel sonoro diurno medio	Símbolo: Nivel sonoro diurno medio
FTL	Abreviatura: Pérdida por transmisión de campo	Símbolo: Nivel sonoro de 8 horas	Símbolo: Nivel sonoro de 8 horas
g	Símbolo: Aceleración de la gravedad	Abreviatura: Instituto de Noise Control Engineering	Abreviatura: Instituto de Noise Control Engineering
GATT	Abreviatura: Tratado General sobre Tarifas y Comercio	Abreviatura: Índice del ruido de impacto	Abreviatura: Índice del ruido de impacto
h	Símbolo de la unidad: Hora		
HL	Abreviatura: Nivel auditivo		
IHL	Abreviatura: Nivel sonoro horario		
8HL	Abreviatura: Nivel sonoro de 8 horas		
HTL	Abreviatura: Nivel de umbral auditivo		
HUD	Abreviatura: Department of Housing and Urban Development		
HVAC	Abreviatura: Calefacción, ventilación y aire acondicionado		
Hz	Símbolo de la unidad: Herzio		
i	Símbolo: (-1) ^{1/2}		
I	Símbolo: Intensidad del sonido		
IAL	Abreviatura: Nivel sonoro de impulso con ponderación A		
IEC	Abreviatura: International Electrotechnical Commission		
IIC	Abreviatura: Clase de aislamiento de impacto		
INCE	Abreviatura: Institute of Noise Control Engineering		
INR	Abreviatura: Índice del ruido de impacto		

L_{BT}	Símbolo: Nivel de exposición sonora	NIC	Abreviatura: Clase de aislamiento de ruido
L_{eq}	Símbolo: Nivel sonoro vespertino medio	NIHL	Abreviatura: Pérdida auditiva inducida por el ruido
L_1	Símbolo: Nivel de intensidad del sonido	NI	Abreviatura: Índice de impacto del ruido
L_n	Símbolo: Nivel sonoro medio nocturno	NIOSH	Abreviatura: National Institute for Occupational Safety and Health
L_N	Símbolo: Nivel de sonoridad	NIPTS	Abreviatura: Desplazamiento permanente de umbral inducido por el ruido
L_{NP}	Símbolo: Nivel de contaminación de ruido	NL	Abreviatura: Nivel sonoro medio nocturno
L_{NWE}	Símbolo: Nivel de emisión de potencia de ruido	NPEL	Abreviatura: Nivel de emisión de potencia de ruido
L_{jh}	Símbolo: Nivel sonoro horario	NPL	Abreviatura: Nivel de contaminación de ruido
L_p	Símbolo: Nivel de presión sonora	NPRM	Abreviatura: Aviso de propuesta de regla
L_{PN}	Símbolo: Nivel de ruido percibido	NR	Abreviatura: Índice del ruido
L_{PNE}	Símbolo: Nivel de ruido percibido efectivo	NR	Abreviatura: Reducción del ruido
L_{PNmax}	Símbolo: Nivel máximo de ruido percibido	NRC	Abreviatura: Coeficiente de reducción del ruido
L_{PNrT}	Símbolo: Nivel de ruido percibido de tono corregido	NRR	Abreviatura: Índice de reducción del ruido
L_{ps}	Símbolo: Nivel de espectro de presión sonora	OBA	Abreviatura: Analizador de banda de octava
L_{pT}	Símbolo: Nivel sonoro (de presión) de tiempo medio	OBSPL	Abreviatura: Nivel de presión sonora de banda de octava
L_w	Símbolo: Nivel de potencia sonora	OSHA	Abreviatura: Occupational Safety and Health Administration
L_{WA}	Símbolo: Nivel de potencia sonora con ponderación A	OSPL	Abreviatura: Nivel de presión sonora global
L_{j1}	Símbolo: Nivel de presión sonora de banda de octava	p	Símbolo: Presión sonora
L_{j2}	Símbolo: Nivel de presión sonora de banda de tercio de octava	Pa	Símbolo de la unidad: Pascal
L_{j10}	Símbolo: Nivel sonoro rápido (<i>fast</i>) con ponderación A superado el 10 por 100 del tiempo	PDNSE	Abreviatura: Nivel de exposición sonora día-noche ponderado para la población
L_{50}	Símbolo: Nivel sonoro rápido (<i>fast</i>) con ponderación A superado el 50 por 100 del tiempo	PKAL	Abreviatura: Nivel sonoro pico con ponderación A
L_{90}	Símbolo: Nivel sonoro rápido (<i>fast</i>) con ponderación A superado el 90 por 100 del tiempo	PKT	Abreviatura: Nivel pico de presión sonora plana
LL	Abreviatura: Nivel de sonoridad	PNdB	Símbolo de la unidad: Nivel sonoro percibido
LR	Abreviatura: Nivel de reducción	PNL	Abreviatura: Nivel sonoro percibido
m	Símbolo de la unidad: Metro	PNR	Abreviatura: Valoración del ruido del producto
MAF	Abreviatura: Campo audible mínimo	PSL	Abreviatura: Nivel de presión sonora del espectro
MAP	Abreviatura: Presión audible mínima	PTS	Abreviatura: Desplazamiento permanente de umbral
MXLA	Abreviatura: Nivel sonoro máximo con ponderación A	PWL	Abreviatura: Nivel de potencia sonora
N	Símbolo de la unidad: Newton	QL	Abreviatura: Nivel sonoro continuo equivalente
N	Abreviatura: Sonoridad calculada	r	Símbolo: Radio; distancia de la fuente
NC	Abreviatura: Nivel del ruido criterio	RC	Abreviatura: Nivel RC
NEF	Abreviatura: Previsión de exposición al ruido	rms	Abreviatura: Raíz cuadrática media
NEL	Abreviatura: Nivel de exposición al ruido	s	Símbolo de la unidad: Segundo
NEMA	Abreviatura: National Electrical Manufacturers Association	SAE	Abreviatura: Society of Automotive Engineers
NEPA	Abreviatura: National Environmental Policy Act	SAL	Abreviatura: Nivel sonoro lento (<i>slow</i>) con ponderación A
		SCL	Abreviatura: Nivel sonoro lento (<i>slow</i>) con ponderación C

2.28		MANUAL DE MEDIDAS ACÚSTICAS Y CONTROL DEL RUIDO
SEL	Abreviatura: Nivel de exposición sonora	
SENEL	Abreviatura: Nivel de exposición de un suceso único de ruido	
SI	Abreviatura: Inteligibilidad del habla	
SIL	Abreviatura: Nivel de interferencia del habla	
SLM	Abreviatura: Sonómetro	
SPL	Abreviatura: Nivel de presión sonora	
STC	Abreviatura: Clase de transmisión del sonido	
STI	Abreviatura: Índice de transmisión del sonido	
t	Símbolo: Tiempo	
T_{60}	Símbolo: Tiempo de reverberación	
TAL	Abreviatura: Nivel sonoro medio durante el tiempo T	
TL	Abreviatura: Pérdida por transmisión	
INI	Abreviatura: Índice del ruido del tráfico	
TOBSPL	Abreviatura: Nivel de presión sonora de banda de tercio de octava	
TFNL	Abreviatura: Nivel de ruido percibido de tono corregido	
TSEL	Abreviatura: Nivel de exposición sonora plano	
TTS	Abreviatura: Desplazamiento transitorio de umbral	
TTS ₂	Abreviatura: TTS determinado 2 minutos después de cesar la exposición al ruido	
TWA	Abreviatura: Nivel sonoro medio con ponderación temporal para 8 horas	
TWP	Abreviatura: Población total ponderada	
W	Símbolo: Potencia sonora	
YCNEL	Abreviatura: Nivel anual de ruido equivalente en la comunidad	
YDNL	Símbolo: Nivel sonoro corregido día-noche anual	
α	Símbolo: Coeficiente de absorción del sonido	
Δ	Símbolo: Decremento logarítmico	
λ	Símbolo: Longitud de onda	
ρ	Símbolo: Densidad del aire	
μPa	Símbolo de la unidad: micropascal	
”		

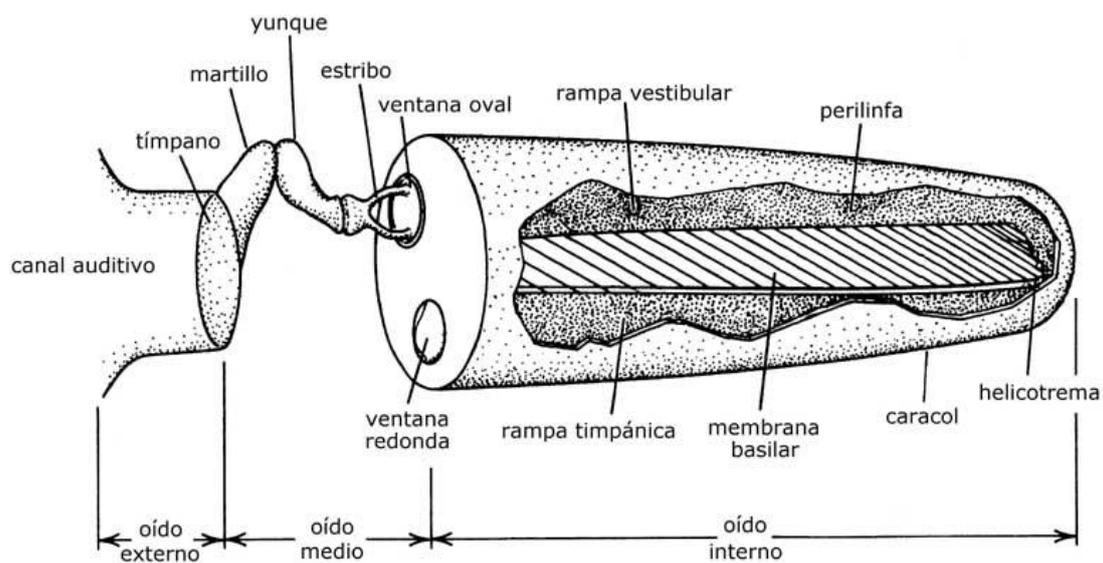
Fuente: Manual de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, cap. 2.

Anexo 2. Término de Corrección C en la Ecuación (2.2), en Función de la Temperatura, Para Tres Valores de Presión Atmosférica: 1000 mbar (1 atm), 1100 mbar y 900 mbar



Fuente: Manual de Mediciones Acústicas y Control de Ruido, p. 1.15.

Anexo 3. Esquema del Sistema Auditivo Periférico con la Cóclea Desenrollada



Fuente: http://www.eumus.edu.uy/eme/cursos/acustica/apuntes/material-viejo/sisaud_m/img/sap02.jpg

Anexo 4. Enfermedades Auditivas

Hipoacusia

Es una disminución de la capacidad auditiva.

Se caracteriza por tres factores:

- La intensidad (leve o moderada).
- La lateralidad (uni o bilateral).
- La precocidad (edad o aparición).

Algunas variantes típicas de esta enfermedad se conocen por términos más comunes.

- la cofosis: (hipoacusia completa, uni o bilateral).
- la sordera: (hipoacusia completa bilateral).

Tipos de Hipoacusia:

- Hipoacusia Conductiva o de Transmisión.

Cuando existe un obstáculo en el mecanismo de transmisión del oído (bien en el conducto auditivo externo, la membrana timpánica o la cadena osicular), pero el oído interno no se encuentra dañado.

- Causas comunes:

Tapones de cerumen, perforaciones timpánicas, lesiones en los huesecillos del oído medio.

Las ondas sonoras, al encontrar un obstáculo para llegar al oído interno, buscan un camino alternativo: VIBRACIÓN ÓSEA (vía ósea, en lugar de vía aérea) a través del cráneo. La sensación sonora en este caso será igual, aunque con menor intensidad, y alcanza ambos oídos internos prácticamente con la misma intensidad, dando igual por el lado del cráneo por el que se aplique.

Este tipo de problemas auditivos tienen, en general, solución. Según la causa que provoque la falta de audición, la solución será diferente. Si lo que ocurre es que existe un tapón de cerumen, éste se quitará sin más; otros casos más complejos requieren intervención quirúrgica; cuando no es posible ninguna de estas soluciones, se provee al enfermo de un aparato amplificador, que elevará el nivel de intensidad sonora que llega al oído interno.

Un ejemplo típico de hipoacusia de conducción es la otosclerosis. Se caracteriza por la existencia de una fijación entre la platina del estribo y la ventana oval (es decir, se produce un "soldamiento" entre el estribo y la ventana oval, perdiendo así la cadena osicular toda su movilidad). La solución puede ser quirúrgica o protésica; en el primer caso, se extirpa el estribo y se sustituye por una prótesis de plástico o alambre que vaya desde el yunque hasta la ventana oval, recobrándose así la movilidad en el sistema de transmisión y una audición prácticamente normal.

- Hipoacusia Neurosensorial o de Percepción.

En este caso el sonido llega hasta el órgano de Corti perfectamente, y el problema se encuentra en el oído interno.

Hay dos tipos de hipoacusia neurosensorial:

1. Cocleares: Son las más comunes dentro de las neurosensoriales.
 - Se producen cuando el órgano de Corti ha perdido células nerviosas (células ciliadas), que son las encargadas de transformar el fenómeno mecánico que se viene transmitiendo hasta ese punto a través de oído externo y medio, en fenómeno bioeléctrico, que es que transmite la información hasta el cerebro.

Las características más significativas son:

- Disminución de la inteligibilidad: desestructuración del mensaje auditivo.
- Reclutamiento positivo: Pasan de no oír a molestarles el sonido (su sensación no crece como el logaritmo del estímulo, como decía la Ley de Weber-Fechner). Comienzan a oír más tarde de lo normal, pero perciben los incrementos de intensidad desproporcionadamente (llegan al umbral antes que un oído sano).

¿Por qué se produce? Las células ciliadas internas responden a la gama de sonidos de 60 a 100 dB, y las externas, de 0 a 100 dB. Si las externas están dañadas (son las más sensibles a las lesiones), sólo quedan las internas, que recorren el mismo camino en sólo 40 dB. Pasan de no oír a que les moleste el sonido, sin punto intermedio. Un ejemplo: La enfermedad de Ménière.

- Afectación preferente de las frecuencias agudas: en el órgano de Corti, lo primero que se desgasta es el conjunto de células correspondientes al primer tramo, que corresponde a las frecuencias agudas.

Ejemplos: la presbiacusia, que es el desgaste por la edad, y afecta primero a los tonos agudos; la hipoacusia producida por la exposición a ruidos intensos, también afecta a frecuencias agudas.

2. Retrococleares: Están producidas como consecuencia de una lesión del nervio auditivo.

Las principales características que las diferencian de las cocleares son:

- No tiene reclutamiento: aunque la ausencia del mismo no asegure que sea retrococlear (no todas las cocleares tienen reclutamiento positivo).

- Inteligibilidad Verbal Desproporcionadamente Mala en relación con los umbrales de audición para tonos puros (ante una audiometría tonal los resultados son bastante aceptables, no siendo así ante una audiometría verbal).
- Adaptabilidad auditiva: conforme aumenta el tiempo de exposición a un sonido continuo, disminuye la sensación de sonoridad.

Un ejemplo típico de hipoacusia neurosensorial retrococlear es la que se produce en los tumores del nervio coclear, el más frecuente de los cuales es el neurinoma del acústico o neurinoma del VIII par.

- Hipoacusia Mixta.

En realidad no es un tipo diferente de hipoacusia, sino una hipoacusia en la que participan, en proporción variable, los dos tipos de hipoacusia vistos anteriormente.

La mayor parte de las hipoacusias son mixtas, pues tienen parte de ambas.

Hiperacusias

Es el trastorno caracterizado por la presencia de una audición superior a la normal, aunque no existe como tal, pues es común que haya personas con más agudeza auditiva que otras.

Sin embargo, existe un término ligado a la hiperacusias que representa realmente una alteración, la algiacusia, sensación dolorosa ante la presencia de un sonido cuya intensidad no alcanza el umbral del dolor en individuos normales. Es fácil asociarla con el reclutamiento positivo propio de las hipoacusias neurosensoriales cocleares, en las que existe un descenso patológico del umbral de audición. También puede presentarse de forma temporal en las parálisis faciales con alteración del reflejo del músculo del estribo.

Acúfeno

También llamados tinnitus o zumbidos del oído, son percepciones sonoras que aparecen en ausencia de estímulo sonoro exterior.

Pueden ser de frecuencias agudas (pitidos) o graves (zumbidos), temporales (se suelen apreciar más por la noche, pues es menor el ruido ambiental) o permanentes, presentarse de forma aislada o acompañando a múltiples enfermedades, tanto del oído externo, medio o interno.

Tipos de Acúfenos:

- Acúfenos objetivos: Pueden ser percibidos mediante auscultación por personas ajenas al paciente. Surgen como consecuencia de un fenómeno vibratorio de origen craneocervical, y en principio se deben a problemas de origen vascular y muscular. Si se logra identificar la causa y eliminarla, el acúfeno desaparece.
- Acúfenos subjetivos: Sólo son percibidos por la persona que los padece. Si aparecen como síntoma acompañante de otra enfermedad otológica, su importancia queda relegada a un segundo plano, pero si aparecen como síntoma aislado, la determinación de la causa suele resultar bastante complicada (se puede asociar a trastornos circulatorios, factores metabólicos, fenómenos de tipo reflejo, causas psíquicas,...) y suelen tener difícil solución.

Diploacusias

Diploacusia significa audición doble, y hace referencia a una alteración en la percepción de la frecuencia de los sonidos. Indica, por lo general, una alteración de las células ciliadas del órgano de Corti, y suele acompañar, a ciertas hipoacusias neurosensoriales de tipo coclear. Se diferencia entre:

Tipos de Diploacusias:

- Diploacusia monoaural: Implica la audición doble por un mismo oído. Dicho oído percibe un sonido y un ruido al mismo tiempo, o bien dos sonidos de distinta frecuencia a la vez. Es muy poco frecuente.
- Diploacusia binaural: Se produce cuando un mismo sonido, presentado simultáneamente a ambos oídos, se percibe con distinta frecuencia por cada uno de ellos. Es más común que la monoaural.

Pérdida de la Audición por Exposición al Ruido

Aunque los efectos del ruido sobre la audición no están definidos con precisión, si existe información suficiente para el desarrollo de índices predictivos de los efectos dañinos del ruido sobre la sensibilidad auditiva.

Se denomina desplazamiento del umbral a la diferencia entre los niveles (medidos en decibelios) del umbral de audición medidos antes y después de la exposición al ruido. Si este desplazamiento es reversible (si el oído se recupera completamente después de la exposición al ruido, de modo que el desplazamiento del umbral se reduce a cero), se dice que es transitorio o temporal; en caso contrario, el desplazamiento es permanente.

Tipos de Pérdida de Audición por Exposición al Ruido:

- Trauma acústico: Es un daño orgánico inmediato del oído por excesiva energía sonora. Se restringe a los efectos de una exposición única o relativamente pocas exposiciones a niveles muy altos de presión sonora.

El ruido extremadamente intenso que llega a las estructuras del oído interno puede sobrepasar los límites fisiológicos de éstas, produciendo la rotura completa y alteración del órgano de Corti. Un ejemplo: una explosión puede romper el tímpano, dañar la cadena de huesecillos y destruir las células sensoriales auditivas.

Como consecuencia del trauma acústico suele quedar una pérdida de audición permanente.

- Desplazamiento temporal del umbral inducido por el ruido (NITTS): El desplazamiento temporal tiene como resultado una elevación de los niveles auditivos (una pérdida de sensibilidad auditiva) después de la exposición al ruido. En este caso la pérdida de audición es reversible.
- Desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido (NIPTS): En este caso la pérdida de audición no es reversible, y no tiene posibilidad de recuperación. Puede surgir como resultado de un trauma acústico o por el efecto acumulativo de las exposiciones repetidas al ruido durante largos periodos de tiempo (esta última causa es la más frecuente).

Ubicación de la Patología Orgánica

Las exposiciones repetidas a niveles altos de ruido, durante un periodo prolongado, pueden dañar la estructura del órgano de Corti, localizado en la cóclea. Las estructuras más susceptibles a la lesión por ruido son las células sensoriales receptoras (células pilosas). Dependiendo de la severidad de la exposición al ruido, se puede producir la destrucción de dichas células receptoras o puede conducir al colapso de secciones completas del órgano de Corti.

Contrariamente a lo que ocurre con la lesión coclear por trauma acústico, la lesión debida a la exposición continuada al ruido no se produce porque se superen los límites físicos de las estructuras afectadas, sino más bien por un mecanismo fisicoquímico: la tensión metabólica que se ejerce sobre las células más estimuladas. Como resultado se produce una disfunción de dichas células, que dependiendo del grado de lesión, provocará una pérdida de audición temporal o permanente.

Fuente: <http://www.elruido.com/divulgacion/curso/enfermedad.htm>

Anexo 5. Datos Provistos por los Fabricantes del Protector Auditivo TRUPER



TRUPER
Protector auditivo / Hearing protector

- Excelente bloqueo contra ruidos.
- Ligero y altamente efectivo.
- Banda resistente ajustable.
- Cómodos cojines rellenos de hule espuma.
- Proporciona un rango de reducción de ruido de 25 dB (SNR), 17 dB (NRR) de acuerdo con la norma ANSI S3.19

- Cushions provides a good seal.
- Lightweight and highly effective.
- Adjustable reinforced head band.
- With soft foam-filled.
- Provides a 25 dB (SNR), 17 dB (NRR) noise reduction range, according to ANSI S3.19 standard.

OAJ
CONT. 1 PIEZA
10 años GARANTIA

Código: 14257
03-2005

OAJ

Protector auditivo (Orejeras) Hearing protector

TRUPER

- Proporciona un rango de reducción de ruido de 25 dB (SNR), 17 dB (NRR).
- Provides a 25 dB (SNR), 17 dB (NRR) noise reduction range.
- Examinado bajo especificaciones S3.19 de ANSI.
- Tested according to ANSI specifications S3.19

Instrucciones de colocación y uso: / Instructions:

- Peinar con las manos el cabello hacia atrás, retirándolo de las orejas.
- Colocar la banda del protector auditivo sobre la cabeza y cubrir perfectamente las orejas.
- Para ajustar la altura recorra las orejeras de forma vertical sobre la banda.
- Para mejores resultados asegurarse que el protector ajuste bien contra la cabeza.
- Comb your hair backward with your hands clearing your ears.
- Place the hearing protector band on your head and cover your ears completely.
- To adjust it slide ear muffs in a vertical manner over the band.
- To have a better performance be sure that the hearing protector is well adjusted to the head.

Precaución: / Warning:

- Para que el protector funcione correctamente debe quedar bien ajustado sobre la oreja.
- El hacer caso omiso de esta indicación podría acarrear problemas auditivos.
- To have a good performance from the hearing protector be sure that it is well adjusted to the ears. Failure to this advice can result in hearing damage.

Al seleccionar la protección auditiva verifique:

- El tipo de ruido al que estará expuesto.
- La comunicación que tendrá así como la necesidad de escuchar alguna alarma.
- Que sea compatible con el demás equipo de seguridad que use.

Frecuencia (Hz)	6,3	12,5	25,0	50,0	100,0	200,0	400,0	800,0
Atenuación media (dB)	26,8	24,9	24	25,6	26,4	32,8	36	41,4
Desviación Std (dB)	18,6	18,5	18,4	18,9	20,8	29,1	27,2	33,4

ADVERTENCIA

- Para obtener la atenuación indicada es necesario que el protector se encuentre en buenas condiciones y se utilice de acuerdo a sus instrucciones de colocación y ajuste.
- La reducción de ruido se verá afectada por cualquier elemento que afecte el sello de los cojines de la concha con la cabeza, tales como armazones de lentes, aretes, cabello largo etc.

IMPORTANTE

- Se recomienda la limpieza continua a los cojinetes de la concha auditiva.
- El cojín del sello puede deteriorarse con el uso y debe reemplazarse regularmente.

Esta garantía la respalda Truper® y significa que este producto está garantizado por 10 años contra defectos de fabricación, funcionamiento y mano de obra, excepto: cuando sea exigida en forma extemporánea, cuando el producto haya sido usado en condiciones distintas a las recomendadas o propias de su naturaleza o destino, o cuando haya sufrido un deterioro esencial, irreparable y grave por causas imputables al consumidor. Este producto es fabricado bajo supervisión de Truper® con estándares de calidad norteamericanos. Para adquirir partes y refacciones de este producto, en caso que existan, deberá acudir al domicilio del importador y/o fabricante que aparece en este empaque, o al domicilio del establecimiento en donde adquirió el producto. Para hacer efectiva la garantía, presente el producto para su reparación o reposición y el comprobante de venta respectivo en el domicilio del importador y/o fabricante que aparece en este envase, o bien, en el establecimiento donde adquirió el producto. *Truper® guarantees this product against defective materials and workmanship and will replace defective merchandise free of charge. Warranty void in cases of abuse or misuse.*

Importador: Truper Herramientas, S.A. de C.V. Parque Industrial No. 1, Jilotepec, C.P. 54240, Estado de México, México.
Tel.: 01(761) 782 91 00, Hecho en Taiwan Fax: 01(761) 782 91 70, R.F.C.:THE-791105-HP2. www.truper.com



- Excelente bloqueo contra ruidos.
- Cushions provides a good seal.



- Banda resistente ajustable.
- Adjustable reinforced head band.

GARANTIA

Si el establecimiento donde compró usted este producto se niega a hacer válida nuestra garantía, favor de reportarlo al siguiente número telefónico, Truper respaldará la garantía. Así mismo, si desea algún otro servicio comuníquese con nosotros:

LLAME SIN COSTO AL:
01-800-690-6990



Fuente: Especificaciones técnicas provistas por el fabricante en la envoltura del producto.

Anexo 6. Desviación Estándar y Varianza

La desviación sólo significa qué tan lejos de lo normal

Desviación Estándar

La desviación estándar (σ) mide cuánto se separan los datos.

La fórmula es fácil: es la raíz cuadrada de la varianza. Así que, "¿qué es la varianza?"

Varianza

La varianza (que es el cuadrado de la desviación estándar: σ^2) se define así:

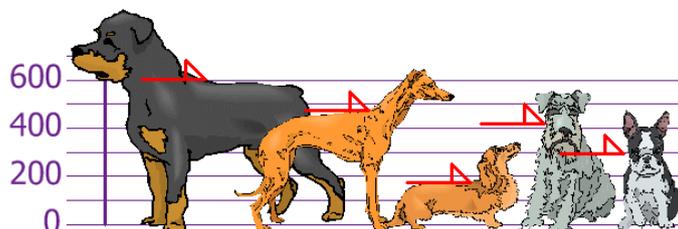
Es la media de las diferencias con la media elevadas al cuadrado.

En otras palabras, sigue estos pasos:

1. Calcula la media (el promedio de los números).
2. Ahora, por cada número resta la media y eleva el resultado al cuadrado (la diferencia elevada al cuadrado).
3. Ahora calcula la media de esas diferencias al cuadrado. (¿Por qué al cuadrado?).

Ejemplo:

Tú y tus amigos han medido las alturas de sus perros (en milímetros):



Las alturas (de los hombros) son: 600mm, 470mm, 170mm, 430mm y 300mm.

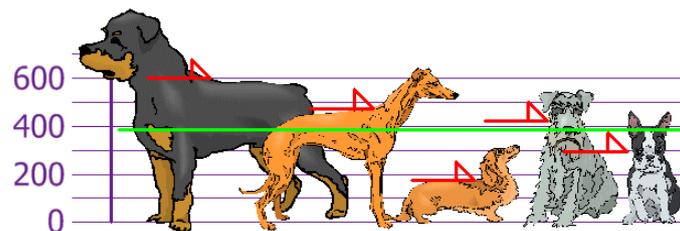
Calcula la media, la varianza y la desviación estándar.

La respuesta se calcularía de la siguiente manera.

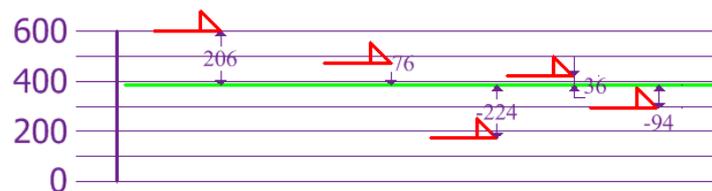
Respuesta:

$$\text{Media} = \frac{600 + 470 + 170 + 430 + 300}{5} = \frac{1970}{5} = 394$$

Así que la altura media es 394 mm. Vamos a dibujar esto en el gráfico:



Ahora calculamos la diferencia de cada altura con la media:



Para calcular la varianza, toma cada diferencia, elévala al cuadrado, y haz la media:

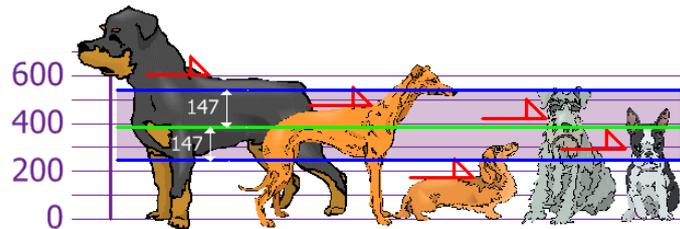
$$\text{Varianza: } \sigma^2 = \frac{206^2 + 76^2 + (-224)^2 + 36^2 + (-94)^2}{5} = \frac{108,520}{5} = 21,704$$

Así que la varianza es 21,704.

Y la desviación estándar es la raíz de la varianza, así que:

$$\text{Desviación estándar: } \sigma = \sqrt{21,704} = 147$$

Lo bueno de la desviación estándar es que es útil: ahora veremos qué alturas están a distancia menos de la desviación estándar (147mm) de la media:



Así que usando la desviación estándar tenemos una manera "estándar" de saber qué es normal, o extra grande o extra pequeño.

Los Rottweilers son perros grandes. Y los Dachshunds son un poco pequeños.

*Nota: ¿por qué al cuadrado?

Elevar cada diferencia al cuadrado hace que todos los números sean positivos (para evitar que los números negativos reduzcan la varianza).

Y también hacen que las diferencias grandes se destaquen. Por ejemplo $100^2=10000$ es mucho más grande que $50^2=2500$.

Pero elevarlas al cuadrado hace que la respuesta sea muy grande, así que lo deshacemos (con la raíz cuadrada) y así la desviación estándar es mucho más útil.

Fuente: <http://www.disfrutalasmaticas.com/datos/desviacion-estandar.html>

Anexo 7. Distribución Normal o Gaussiana

“ Investigación: La distribución normal

2. La Distribución Normal

La distribución normal fue reconocida por primera vez por el francés Abraham de Moivre (1667-1754). Posteriormente, Carl Friedrich Gauss (1777-1855) elaboró desarrollos más profundos y formuló la ecuación de la curva; de ahí que también se la conozca, más comúnmente, como la **"campana de Gauss"**. La distribución de una variable normal está completamente determinada por dos parámetros, su media y su desviación estándar, denotadas generalmente por μ y σ . Con esta notación, la densidad de la normal viene dada por la ecuación:

$$\text{Ecuación 1: } f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right\}, \quad -\infty < x < \infty$$

que determina la curva en forma de campana que tan bien conocemos (Figura 2). Así, se dice que una característica X sigue una distribución normal de media μ y varianza σ^2 , y se denota como $X \approx N(\mu, \sigma)$, si su función de densidad viene dada por la Ecuación 1.

Al igual que ocurría con un histograma, en el que el área de cada rectángulo es proporcional al número de datos en el rango de valores correspondiente si, tal y como se muestra en la Figura 2, en el eje horizontal se levantan perpendiculares en dos puntos a y b , el área bajo la curva delimitada por esas líneas indica la probabilidad de que la variable de interés, X , tome un valor cualquiera en ese intervalo. Puesto que la curva alcanza su mayor altura en torno a la media, mientras que sus "ramas" se extienden asintóticamente hacia los ejes, cuando una variable siga una distribución normal, será mucho más probable observar un dato cercano al valor medio que uno que se encuentre muy alejado de éste.

Propiedades de la distribución normal:

La distribución normal posee ciertas propiedades importantes que conviene destacar:

- I. Tiene una única moda, que coincide con su media y su mediana.
- II. La curva normal es asintótica al eje de abscisas. Por ello, cualquier valor entre $-\infty$ y $+\infty$ es teóricamente posible. El área total bajo la curva es, por tanto, igual a 1.
- III. Es simétrica con respecto a su media μ . Según esto, para este tipo de variables existe una probabilidad de un 50% de observar un dato mayor que la media, y un 50% de observar un dato menor.
- IV. La distancia entre la línea trazada en la media y el punto de inflexión de la curva es igual a una desviación típica (σ). Cuanto mayor sea σ , más aplanada será la curva de la densidad.
- V. El área bajo la curva comprendido entre los valores situados aproximadamente a dos desviaciones estándar de la media es igual a 0.95. En concreto, existe un 95% de posibilidades de observar un valor comprendido en el intervalo $(\mu - 1.96\sigma, \mu + 1.96\sigma)$.
- VI. La forma de la campana de Gauss depende de los parámetros μ y σ (Figura 3). La media indica la posición de la campana, de modo que para diferentes valores de μ la gráfica es desplazada a lo largo del eje horizontal. Por otra parte, la desviación estándar determina el grado de apuntamiento de la curva. Cuanto mayor sea el valor de σ , más se dispersarán los datos en torno a la media y la curva será más plana. Un valor pequeño de este parámetro indica, por tanto, una gran probabilidad de obtener datos cercanos al valor medio de la distribución.

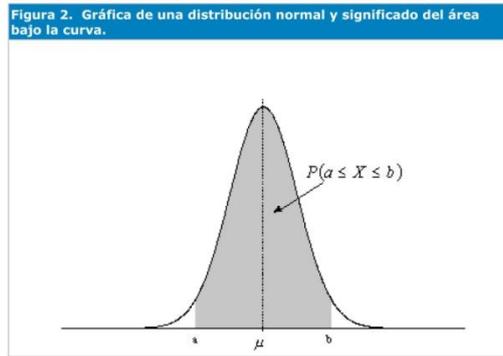
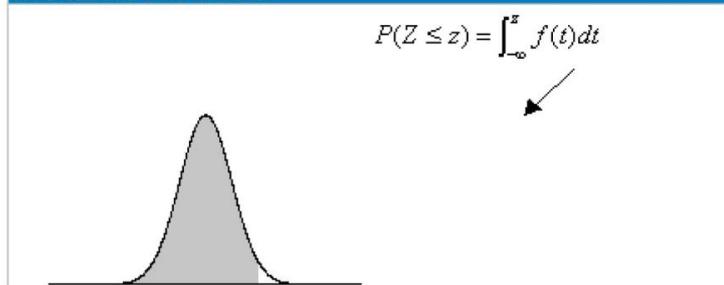


Tabla 1. Áreas bajo la curva normal estándar. Los valores de la tabla que no se muestran en negrita representan la probabilidad de observar un valor menor o igual a z. La cifra entera y el primer decimal de z se buscan en la primera columna, y el segundo decimal en la cabecera de la tabla.



		Segunda cifra decimal del valor de z									
z	0.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09	
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359	
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753	
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141	
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517	
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879	
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224	
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549	
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852	
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133	
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389	
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621	
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830	
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015	
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177	
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319	
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441	
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545	
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633	
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706	
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767	
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817	
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857	
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890	
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916	
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936	
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952	
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964	
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974	
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981	
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986	
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990	
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993	
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995	
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997	
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998	„

Anexo 8. Hoja de Especificaciones, Nylon 6 (Grilón)

EMS-Grivory Grilon® A28BT Nylon 6, Dry As Molded

Categories: [Polymer](#); [Thermoplastic](#); [Nylon](#); [Nylon 6](#); [Nylon 6, Unreinforced](#)

Material Notes: Data provided by EMS-Grivory.

Low viscosity Polyamide-6 blend for injection molding, impact modified, UV-stabilized. Very easy flowing and high impact strength even at low temperatures, good flexibility and weathering resistance.

Applications: For applications in sports such as ski boots and roller skates.

Key Words: Polyamide 6

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	1.00 g/cc	0.0361 lb/in ³	
Water Absorption	5.00 %	5.00 %	
Moisture Absorption at Equilibrium	1.50 %	1.50 %	Humidity Absorption
Melt Flow	15.0 g/10 min	15.0 g/10 min	275 °C/5kg
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Modulus	0.950 GPa	138 ksi	
Charpy Impact Unnotched	NB	NB	
Charpy Impact, Notched	9.50 J/cm ²	45.2 ft-lb/in ²	Low Temp
Tensile Impact Strength	NB	NB	Low Temp
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	1.00e+14 ohm-cm	1.00e+14 ohm-cm	
Surface Resistance	1.00e+13 ohm	1.00e+13 ohm	
Dielectric Constant	3.00	3.00	
Dielectric Strength	40.0 kV/mm	1020 kV/in	
Dissipation Factor	0.00200	0.00200	
Comparative Tracking Index	600 V	600 V	
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	130 µm/m-°C	72.2 µin/in-°F	Parallel to Flow
CTE, linear, Transverse to Flow	150 µm/m-°C	83.3 µin/in-°F	
Melting Point	222 °C	432 °F	
Deflection Temperature at 0.46 MPa (66 psi)	55.0 °C	131 °F	
Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi)	45.0 °C	113 °F	
Vicat Softening Point	89.0 °C	192 °F	
Flammability, UL94	HB	HB	

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's disclaimer and terms of use regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

Fuente: www.matweb.com (search nylon 6).

Anexo 9. Hoja de Especificaciones, Nylon 66 (Duralón)

EMS-Grivory Grilon® T300GM Nylon 66, Dry As Molded

Categories: [Polymer](#); [Thermoplastic](#); [Nylon](#); [Nylon 66](#); [Nylon 66, Unreinforced, Flame Retardant](#)

Material Notes: Data provided by EMS-Grivory.

An unreinforced PA66 injection molding type, nucleated. Unreinforced, universally applicable with short cycle time. Easy to process.

Applications: Plugs, sockets, cable ties, clamps, handles, spectacle frames, furniture components.

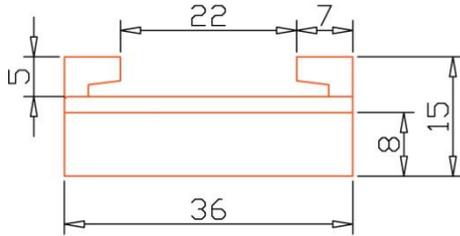
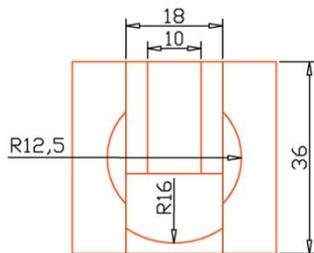
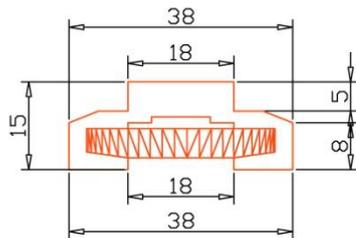
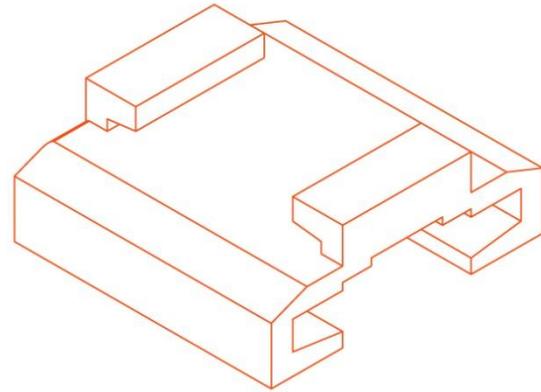
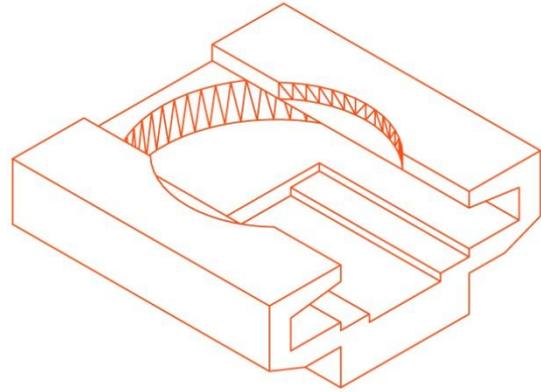
Key Words: Polyamide 66

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	1.14 g/cc	0.0412 lb/in ³	
Water Absorption	8.00 %	8.00 %	
Moisture Absorption at Equilibrium	2.00 %	2.00 %	Humidity Absorption
Viscosity Test	145 cm ² /g	145 cm ² /g	Viscosity Number
Linear Mold Shrinkage	0.00900 cm/cm	0.00900 in/in	Parallel
Linear Mold Shrinkage, Transverse	0.0140 cm/cm	0.0140 in/in	
Melt Flow	160 g/10 min	160 g/10 min	275°C/5kg
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Yield	95.0 MPa	13800 psi	
Elongation at Break	10.0 %	10.0 %	
Elongation at Yield	4.00 %	4.00 %	
Tensile Modulus	3.70 GPa	537 ksi	
Charpy Impact Unnotched	NB	NB	Low Temp
	NB	NB	
Charpy Impact, Notched	0.400 J/cm ²	1.90 ft-lb/in ²	Low Temp
	0.400 J/cm ²	1.90 ft-lb/in ²	
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	1.00e+14 ohm-cm	1.00e+14 ohm-cm	
Surface Resistance	1.00e+13 ohm	1.00e+13 ohm	
Dielectric Constant 	3.00	3.00	
	@Frequency 100 Hz	@Frequency 100 Hz	
	4.00	4.00	
	@Frequency 1e+6 Hz	@Frequency 1e+6 Hz	
Dielectric Strength	29.0 kV/mm	737 kV/in	
Dissipation Factor 	0.00350	0.00350	
	@Frequency 100 Hz	@Frequency 100 Hz	
	0.0200	0.0200	
	@Frequency 1e+6 Hz	@Frequency 1e+6 Hz	
Comparative Tracking Index	600 V	600 V	
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	50.0 µm/m-°C	27.8 µin/in-°F	Parallel to Flow
	@Temperature 20.0 °C	@Temperature 68.0 °F	
CTE, linear, Transverse to Flow	100 µm/m-°C	55.6 µin/in-°F	
	@Temperature 20.0 °C	@Temperature 68.0 °F	
Melting Point	260 °C	500 °F	
Deflection Temperature at 0.46 MPa (66 psi)	225 °C	437 °F	
Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi)	75.0 °C	167 °F	
Vicat Softening Point	239 °C	462 °F	
Flammability, UL94	V-2	V-2	
	@Thickness 1.60 mm	@Thickness 0.0630 in	
Oxygen Index	27.0 %	27.0 %	

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's disclaimer and terms of use regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

Fuente: www.matweb.com (search nylon 66).

Anexo 10. Planos y Vistas del Acople Mecánico en Milímetros**Vista Lateral****Vista Inferior****Vista Frontal****Vistas Isométricas**

Anexo 11. Formato de Encuesta



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SONIDO Y ACÚSTICA**

ENCUESTA CORRESPONDIENTE AL METRÓNOMO DEL PROYECTO

ENCIERRE EN UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE MEJOR REPRESENTA SU OPINIÓN PERSONAL

1. ¿Cree que los músicos necesitan sistemas de protección auditiva debido a su exposición a altos niveles sonoros?

SI NO

2. ¿Utiliza usted algún tipo de sistema de protección auditiva en sus actividades musicales?

SI NO

En caso de haber respondido que SI, por favor explique, ¿Por qué, con qué frecuencia y de qué fabricante?

.....
.....

2.1. ¿Comparado con los sistemas que ha probado anteriormente, ¿Cómo clasificaría al sistema que ha probado el día de hoy?

EXCELENTE BUENO REGULAR MALO PÉSIMO

3. ¿Cree que el sistema que ha probado, es un buen sistema de protección auditiva para músicos, comparado con los existentes en el mercado?

SI NO

¿Por qué?

.....
.....

4. En su opinión personal ¿En cuál de las siguientes aplicaciones utilizaría usted éste sistema?

ESTUDIO DE GRABACIÓN CONCIERTOS ENSAYOS APRENDIZAJE TODAS ELLAS NINGUNA DE ELLAS

¿Por qué?

.....
.....
.....

5. ¿Sintió mayor comodidad con el sistema probado el día de hoy, en su interpretación y confort, en comparación con el hecho de tocar sin protección?

SI NO

6. ¿Sintió mayor seguridad al interpretar su instrumento utilizando el sistema en mención?

SI NO

¿Por qué?

.....
.....

7. ¿Considera que puede representar un aporte significativo al aprendizaje de la técnica de Interpretación de su instrumento?

SI NO

¿Por qué?

.....
.....

8. ¿Considera que al utilizar el sistema del proyecto, presentado el día de hoy, las deficiencias del Instrumento son menos notorias?

SI NO

9. ¿Utilizaría a futuro el sistema presentado en el proyecto?

SI NO

Anexo 12. Artículos 55 y 179 del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Ministerio de Trabajo y Empleo del Ecuador) [2]



CARGA DE TRABAJO

TIPO DE TRABAJO	LIVIANA Inferior a 200 Kcal/hora	MODERADA De 200 a 350 Kcal/hora	PESADA Igual o mayor 350Kcal/hora
Trabajo continuo 75% trabajo 25% descanso cada hora	TGBH = 30.0	TGBH = 26.7	TGBH = 25.0
50% trabajo, 50% descanso, cada hora	TGBH = 30.6	TGBH = 28.0	TGBH = 25.9
25% trabajo, 75% descanso, cada hora	TGBH = 31.4	TGBH = 29.4	TGBH = 27.9
	TGBH = 32.2	TGBH = 31.1	TGBH = 30.0

Art. 55. RUIDOS Y VIBRACIONES.

1. La prevención de riesgos por ruidos y vibraciones se efectuará aplicando la metodología expresada en el apartado 4 del artículo 53.

2. El anclaje de máquinas y aparatos que produzcan ruidos o vibraciones se efectuará con las técnicas que permitan lograr su óptimo equilibrio estático y dinámico, aislamiento de la estructura o empleo de soportes antivibratorios.

3. Las máquinas que produzcan ruidos o vibraciones se ubicarán en recintos aislados si el proceso de fabricación lo permite, y serán objeto de un programa de mantenimiento adecuado que aminore en lo posible la emisión de tales contaminantes físicos.

4. (Reformado por el Art. 31 del Decreto 4217) Se prohíbe instalar máquinas o aparatos que produzcan ruidos o vibraciones, adosados a paredes o columnas excluyéndose los dispositivos de alarma o señales acústicas.

5. (Reformado por el Art. 32 del Decreto 4217) Los conductos con circulación forzada de gases, líquidos o sólidos en suspensión, especialmente cuando estén conectados directamente a máquinas que tengan partes en movimiento siempre y cuando contribuyan notablemente al incremento de ruido y vibraciones, estarán provistos de dispositivos que impidan la transmisión de las vibraciones que generan aquellas mediante materiales absorbentes en sus anclajes y en las partes de su recorrido que atraviesen muros o tabiques.

6. (Reformado por el Art. 33 del Decreto 4217) Se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido.



7. (Reformado por el Art. 34 del Decreto 4217) Para el caso de ruidos continuos, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla:

Nivel sonoro /dB (A-lento)	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	1.25

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

En el caso de exposición intermitente a ruido continuo, debe considerarse el efecto combinado de aquellos niveles sonoros que son iguales o que excedan de 85 dB (A). Para tal efecto la Dosis de Ruido Diaria (D) se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula y no debe ser mayor de 1:

$$D = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \frac{C3}{T3}$$

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

T = Tiempo total permitido a ese nivel.

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

RUIDO DE IMPACTO.- Se considera ruido de impacto a aquel cuya frecuencia de impulso no sobrepasa de un impacto por segundo y aquel cuya frecuencia sea superior, se considera continuo.

Los niveles de presión sonora máxima de exposición por jornada de trabajo de 8 horas dependerán del número total de impactos en dicho período de acuerdo con la siguiente tabla:

Número de impulsos o impacto por jornada de 8 horas	Nivel de presión sonora máxima (dB)
100	140
500	135



1000	130
5000	125
10000	120

Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audiométrico.

8. Las máquinas herramientas que originen vibraciones tales como martillos neumáticos, apisonadoras, remachadoras, compactadoras y vibradoras o similares, deberán estar provistas de dispositivos amortiguadores y al personal que los utilice se les proveerá de equipo de protección antivibratorio.

(Añadido por el Art. 30 del decreto 4217) Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audiométrico.

9. (Reformado por el Art. 35 del Decreto 4217) Los equipos pesados como tractores, traillas, excavadoras o análogas que produzcan vibraciones, estarán provistas de asientos con amortiguadores y suficiente apoyo para la espalda.

(Añadido por el Art. 30 del decreto 4217) Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audiométrico.

Art. 56. ILUMINACIÓN, NIVELES MÍNIMOS.

1. Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos.

Los niveles mínimos de iluminación se calcularán en base a la siguiente tabla:

NIVELES DE ILUMINACIÓN MÍNIMA PARA TRABAJOS ESPECÍFICOS Y SIMILARES.

ILUMINACIÓN MÍNIMA	ACTIVIDADES
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso.
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
100luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera; salas de máquinas y calderos, ascensores.



Art. 179. PROTECCIÓN AUDITIVA.

1. Cuando el nivel de ruido en un puesto o área de trabajo sobrepase el establecido en este Reglamento, será obligatorio el uso de elementos individuales de protección auditiva.

2. Los protectores auditivos serán de materiales tales que no produzcan situaciones, disturbios o enfermedades en las personas que los utilicen. No producirán además molestias innecesarias, y en el caso de ir sujetos por medio de un arnés a la cabeza, la presión que ejerzan será la suficiente para fijarlos debidamente.

3. Los protectores auditivos ofrecerán la atenuación suficiente.

Su elección se realizará de acuerdo con su curva de atenuación y las características del ruido.

4. Los equipos de protección auditiva podrán ir colocados sobre el pabellón auditivo (protectores externos) o introducidos en el conducto auditivo externo (protectores insertos).

5. Para conseguir la máxima eficacia en el uso de protectores auditivos, el usuario deberá en todo caso realizar las operaciones siguientes:

a) Comprobar que no poseen abolladuras, fisuras, roturas o deformaciones, ya que éstas influyen en la atenuación proporcionada por el equipo.

b) Proceder a una colocación adecuada del equipo de protección personal, introduciendo completamente en el conducto auditivo externo el protector en caso de ser inserto, y comprobando el buen estado del sistema de suspensión en el caso de utilizarse protectores externos.

c) Mantener el protector auditivo en perfecto estado higiénico.

6. Los protectores auditivos serán de uso personal e intransferible.

Cuando se utilicen protectores insertos se lavarán a diario y se evitará el contacto con objetos sucios. Los externos, periódicamente se someterán a un proceso de desinfección adecuado que no afecte a sus características técnicas y funcionales.

7. Para una buena conservación los equipos se guardarán, cuando no se usen, limpios y secos en sus correspondientes estuches.

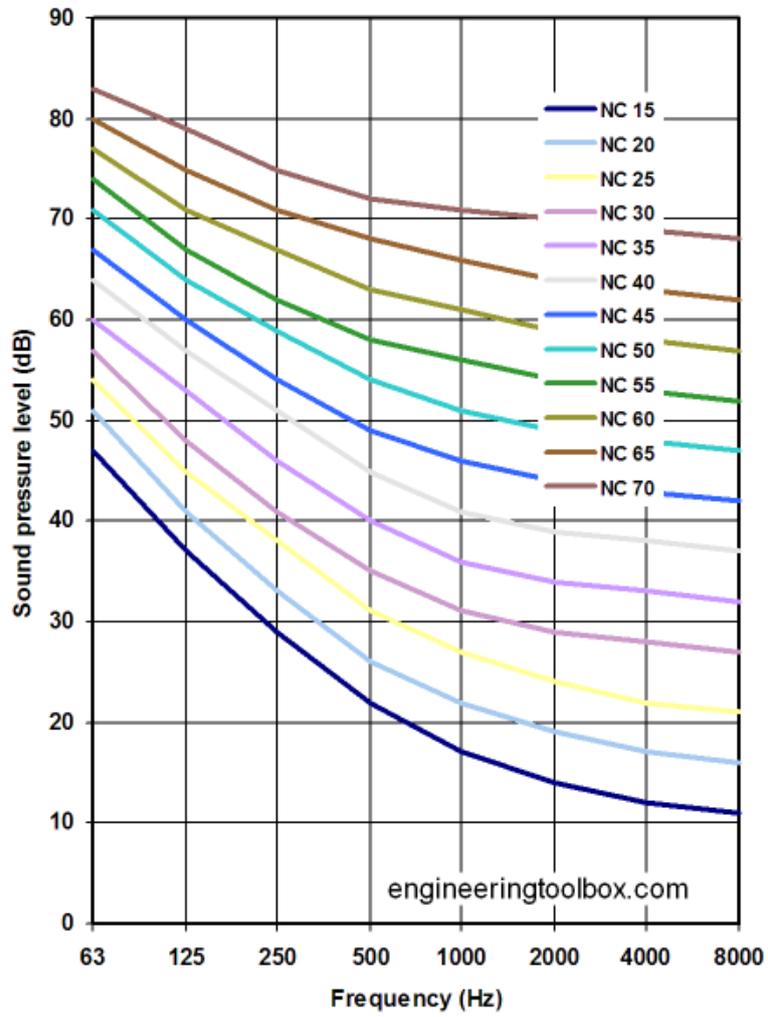
UNIDAD DE SEGURIDAD Y SALUD:
Clemente Ponce N15-59 y Piedrahita
www.mintrab.gov.ec

Anexo 13. Desviación Media del Umbral Auditivo en 4 kHz en Función del Nivel de Ruido, Analizado Bajo la Norma ISO 1999-2003 con una Estadía Laboral Entre 4 y 5 Años

Nivel de Ruido en dB	Desplazamiento Medio del Umbral en dB
80	2
85	7
90	15
95	27

Fuente: <http://occmed.oxfordjournals.org/cgi/reprint/50/4/274.pdf>

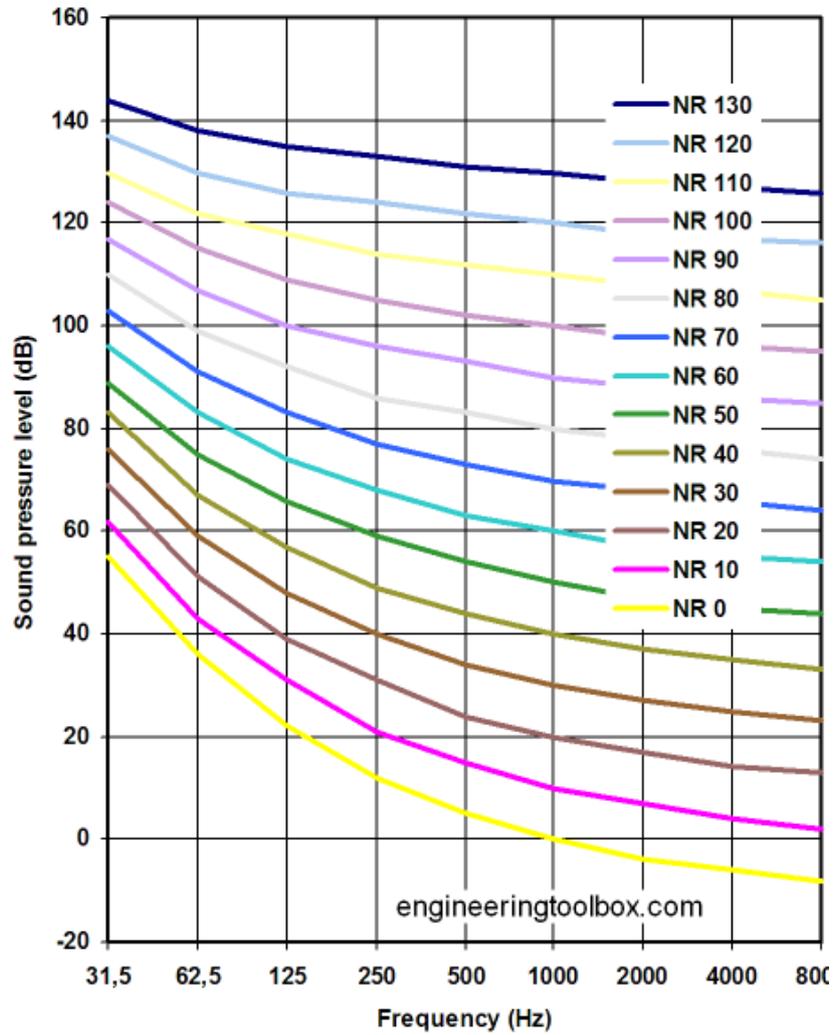
Anexo 14. Curvas NC (Noise Criterion Curves)



NC = 38

Fuente: http://www.engineeringtoolbox.com/nc-noise-criterion-d_517.html

Anexo 15. Curvas NR (Noise Rating Curves)



NR = 41

Fuente: http://www.engineeringtoolbox.com/nr-noise-rating-d_518.html

Anexo 16. Código Fuente de la Aplicación de MATLAB

```
function varargout = Analizador(varargin)

%Apertura de Programa en GUI

gui_Singleton = 1;

%Asignacion de propiedades, para GUI estructura, y tipo de Archivo

gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...

    'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...

    'gui_OpeningFcn', @Analizador_OpeningFcn, ...

    'gui_OutputFcn',  @Analizador_OutputFcn, ...

    'gui_LayoutFcn',  [], ...

    'gui_Callback',   []);

if nargin && ischar(varargin{1})

    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});

end

if nargout

    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});

else

    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});

end

%Comienzo de Funcion de Botones y Marcadores

function Analizador_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)

handles.output = hObject;
```

```
guidata(hObject, handles);

function varargout = Analizador_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

varargout{1} = handles.output;

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

global y2 y1 Fs2 Fs1;

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)

close all

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)

Acerca_De()

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc

    set(hObject,'BackgroundColor','white');

else

    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));

end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc

    set(hObject,'BackgroundColor','white');

else
```

```
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));  
end  
  
function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)  
  
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
  
if ispc  
    set(hObject,'BackgroundColor','white');  
else  
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));  
end  
  
function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)  
  
if ispc  
    set(hObject,'BackgroundColor','white');  
else  
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));  
end  
  
function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)  
  
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
  
if ispc  
    set(hObject,'BackgroundColor','white');  
else  
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));  
end
```

```

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end

%Adquisicion de Datos Wav

function text21_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)

Acerca_de()

% Reproduccion de Audio

function pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)

global y2 y1 Fs2 Fs1;

wavplay(y1,Fs1)

%Manipulacion de datos de Audio

function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)

global y1 Fs1 bits1;

[filename, pathname]=uigetfile('*.wav','Open wav');

M=strcat(pathname,filename);

[y1,Fs1,bits1]=wavread(M);

ilosc=size(y1);

```

```
handles.wave=y1;

handles.Fs=Fs1;

%programa para importar datos externos

Fs1

y1=y1;

Fs1=Fs1;

%Graficas y calculos de Propiedades de las Ondas

axes(handles.axes1);

plot(y1,'b');

set(handles.text18,'string',mean(y1));

set(handles.text19,'string',std(y1));

set(handles.text21,'string',std(y1).*std(y1));

l1min=min(y1);

limax=max(y1);

x=l1min-5:0.00001:limax+5;

y3=1/(sqrt(2*3.1416)*std(y1))*exp(-(x-mean(y1)).*(x-
mean(y1)))./(2.*std(y1).*std(y1));

axes(handles.axes3);

plot(x,y3,'b-')

grid on

function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)

global y2 y1 Fs2 Fs1 bits1;
```

```
wavplay(y1,Fs1);

function pushbutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)

clear playsnd

function pushbutton11_Callback(hObject, eventdata, handles)

global y2 y1 Fs2 Fs1 bits2;

wavplay(y2,Fs2);

function pushbutton12_Callback(hObject, eventdata, handles)

clear playsnd

function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)

global y2 Fs2 bits2;

[filename, pathname]=uigetfile('*.wav','Open wav');

M=strcat(pathname,filename);

[y2,Fs2,BITS2]=wavread(M);

ilosc=size(y2);

handles.wave=y2;

handles.Fs=Fs2;

Fs2

y2=y2;

Fs2=Fs2;

axes(handles.axes2);

plot(y2,'m');

set(handles.text22,'string',mean(y2));
```

```
set(handles.text23,'string',std(y2));  
  
set(handles.text24,'string',std(y2).*std(y2));  
  
l2min=min(y2);  
  
l2max=max(y2);  
  
x=l2min-5:0.00001:l2max+5;  
  
y4=1/(sqrt(2*3.1416)*std(y2))*exp(-(x-mean(y2)).*(x-  
mean(y2)))./(2.*std(y2).*std(y2));  
  
axes(handles.axes4);  
  
plot(x,y4,'m-')  
  
grid on
```

Anexo 17. Diseño de una Cotización del Servicio Prestado en el Diseño del Proyecto



Quito, 01 de Enero de 2010

A quien corresponda:

La presente tiene por objeto, enviarle un cordial saludo y poner a su disposición los servicios de nuestra empresa, para los fines que usted tenga a bien contratar.

Nuestros servicios a ofrecer se detallan en función de la conversación previa al envío de la presente cotización donde se definieron las necesidades del cliente:

- Investigación y desarrollo del proyecto que abarca los temas de transmisión ósea, protección auditiva, enfermedades auditivas adquiridas y congénitas.
- Programación de una aplicación en Matlab que muestre las formas de onda de 2 señales de audio, calcule y grafique su curva de gauss, muestre la desviación estándar de los datos y su mediana.
- Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación.
- Diseño y fabricación del acople mecánico correspondiente a la solución del problema investigativo.
- Diseño de un cable con circuito de protección eléctrico para el sistema diseñado.
- Pruebas y evaluación de resultados del sistema sobre 10 personas.
- Entrega de resultados con su respectivo análisis.

Inversión USD 7500,00

Observaciones:

Si en caso fuere necesaria la entrega del código fuente esto tendrá un costo equivalente a tres veces el valor cotizado más el valor correspondiente a los trámites legales respectivos.

Si es necesario crear un archivo ejecutable sobre la aplicación en otro lenguaje de programación el valor de la cotización de servicios se incrementara en USD 1000,00.

Cualquier decisión con respecto a la cotización preferimos conversarla en una reunión a puerta cerrada para plantear la propuesta de una manera más detallada y a profundidad.

Cualquier duda o decisión relativa a la contratación de nuestros servicios le agradeceré comunicarse con nosotros a los teléfonos: **096019997, 022485503** o al e-mail **gab_r85@hotmail.com**.

Por la atención que brinde a la presente, y en espera de su decisión le anticipo mis muy sinceros agradecimientos.

Atentamente,

Gabriel Rivadeneira F.

Gerente General

Anexo 18. Espectro de Frecuencia del Metrónomo Utilizado por Transmisión Ósea



Fuente: Visualización del plugin PAZ Frequency de la empresa WAVES.

Anexo 19. Auspicio Ferrogama



RUC No. 1704398682001
Urb. La Ribera II - Calle de La Fraternidad Lote 98 y
Av. José de la Cuadra (La Armenia II - Valle de Los Chillos)
Telfs.: 2429-168 / 2344-307 / 098 755694 / 099 800385
Fax.: (593-2) 2429-168 / 2075-058
E-mail : ferrogama@andinanet.net

Quito, Octubre 20 del 2009

Señores
UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS
Presente

REF. AUPICIO DE TESIS

De mi consideración:

Por la presente informamos a Uds. que el señor GABRIEL ALEJANDRO RIVADENEIRA FUEL, portador de la C.I. No. 170969432-5, solicitó a esta Empresa Metalmecánica, auspicio para su tesis de Ingeniería en Sonido y Acústica, que consiste en el diseño y elaboración de una adaptación mecánica de una de las piezas que será motivo de su tesis.

El tiempo que la Empresa le ha otorgado para la elaboración del mismo, es un máximo de 50 horas que serán distribuidas en horario de 07h00 a 09h00; únicamente los días lunes.

En el caso de que la Empresa tenga un trabajo emergente que realizar, estas 2 horas serán modificadas en el día y hora que la Empresa lo estime conveniente.

Particular que ponemos en vuestro conocimiento.

Atentamente,


FERROGAMA
Ing. Carlos Agama Mesias
GERENTE GENERAL

Mcr.
C.c.: Recursos Humanos

Anexo 20. Auspicio Procelec



Quito, Octubre 19 del 2009

Señores
UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS
Presente

REF. AUPICIO DE TESIS

De mi consideración:

Por la presente informamos a Uds. que el señor GABRIEL ALEJANDRO RIVADENEIRA FUEL, portador de la C.I. No. 170969432-5, solicitó a esta Empresa de Equipos y Servicios Electromecánicos, auspicio para su tesis de Ingeniería en Sonido y Acústica, que consiste en los acabados en base de pintura acrílica y el posterior secado en horno.

El tiempo que la Empresa le ha otorgado para la elaboración del mismo, es un máximo de 12 horas que serán distribuidas en horario de 17h00 a 18h30; únicamente los días miércoles.

En caso de que dicho horario se interponga con trabajos inaplazables de nuestra empresa, el mismo será modificado de acuerdo a reunión con el mencionado auspiciado.

Particular que ponemos en vuestro conocimiento.

Atentamente,

Maria José Garcés Procelec Cia. Ltda.

Srta. María José Garcés
ASISTENTE TECNICO ADMINISTRATIVA

CEDULA: 1722461082
CONTACTO: 092947225