



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ANÁLISIS DE DAÑO AUDITIVO EN INGENIEROS DE SONIDO Y MÚSICOS INDUCIDO POR
EL USO INADECUADO DE AURICULARES A ALTOS NIVELES SONOROS
Y PROLONGADOS PERÍODOS DE TIEMPO

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

Profesor Guía
MSc. Jorge Páez Rodríguez

Autor
Guillermo Nicolás Guarderas Moncayo

Año
2016

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

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

Jorge Páez Rodríguez
Máster en Gestión y Evaluación de la contaminación acústica
CI: 4452061600

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.”

Guillermo Nicolás Guarderas Moncayo
CI: 1713160487

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia y amigos y profesores, por haberme apoyado incondicionalmente desde el inicio de mis estudios profesionales. A mí querida abuela y segunda madre, por su apoyo durante toda mi carrera universitaria.

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada a mi querido padre y madre, los cuales me ayudaron para llegar a este momento tan importante en mi vida; toda mi familia en general, mi esfuerzo y dedicación es, y será siempre para ustedes.

RESUMEN

La presente investigación se basa en la evaluación de las posibles pérdidas auditivas sufridas en Ingenieros de Sonido y Músicos por el uso inadecuado de auriculares empleados a altos niveles sonoros y por períodos prolongados dentro de la Universidad de las Américas de Quito, Ecuador. El trabajo consistió en realizar pruebas audiométricas y encuestas tanto a Ingenieros como a Músicos de la Universidad para determinar sus antecedentes personales, así como las posibles pérdidas globales del oído. Los resultados de los audiogramas y las encuestas sirvieron para relacionar las posibles pérdidas auditivas encontradas con el mal uso de los auriculares. Los exámenes se realizaron con la ayuda del audiómetro Maico MF7, para audiometrías por vía aérea, a una cantidad de 285 personas. Gracias a las normas A.M.A (American Medical Association) se obtuvieron los valores de pérdidas globales y se compararon los resultados entre Ingenieros y Músicos.

La metodología utilizada para el desarrollo de la tesis fue experimental-inductiva puesto que teóricamente se identificaron posibles causas de pérdidas auditivas y se realizaron exámenes para determinar si dichas pérdidas existían. Con el análisis de datos se obtuvo una conclusión global de las pérdidas auditivas en Ingenieros de Sonido y Músicos, obteniendo cierta hipoacusias con mayor impacto en Músicos.

ABSTRACT

This research is based on the assessment of potential hearing losses in Sound Engineers and Musicians by the inappropriate use of headphone with high levels and long periods of time at “Universidad de las Américas” in Quito, Ecuador. The work was to perform audiometric tests and surveys both Engineers and Musicians from the University to determine their medical history, and possible global hearing losses. The results of the audiograms and surveys were used to relate possible hearing loss with the misuse of headphones. Tests were conducted with the help of the audiometer Maico MF7 for audiometry by air conduction, for a total of 285 people. Thanks to A.M.A (American Medical Association) standards overall loss were obtained and the results between Engineers and Musicians were compared.

The methodology used for the development of this research was experimental-inductive as theory of hearing loss was identified and tests were conducted to determine if these losses exist. With data analysis we got an overall conclusion of the hearing loss in Sound Engineers and Musicians, resulting in some hearing loss with greater impact on Musicians.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO.....	10
1.1. Anatomía del oído	10
1.1.1. Oído Externo	10
1.1.2. Oído medio.....	12
1.1.3. Oído interno	13
1.2. Características del sonido y fisiología auditiva.....	17
1.2.1. Características del sonido	17
1.2.2. Fisiología de la audición.....	20
1.3. Fundamentos acústicos de mediciones de ruido	22
1.3.1. El sonómetro	23
1.3.2. Analizadores de frecuencia	25
1.4. Sistema para medición auditiva Humana.....	25
1.4.1. Mínimas diferencias de percepción	26
1.4.2. Banda crítica frecuencial	27
1.4.3. Audiómetros	28
1.4.4. Técnicas audiométricas.....	29
1.5. Efectos del ruido	31
1.5.1. Estrés	31
1.5.2. Adaptación	32
1.5.3. Cansancio	33
1.5.4. Alteración del metabolismo	34
1.5.5. Efectos cardiovasculares	34
1.5.6. Otros	34
1.6. Daño auditivo causado por inducción de ruido	35
1.6.1. Peculiaridades del ruido	35
1.6.2. Frecuencias clave	35
1.6.3. Intensidad.....	36
1.6.4. Intermitencia y tiempo de exposición	36

1.6.5. Ruido impulsivo	37
1.6.6. Experiencias vividas según la edad	37
1.6.7. Trastornos del oído	38
1.7. Protectores auditivos	38
1.7.1. Tipos de protectores.....	39
1.8. Reproductores y auriculares musicales	41
1.8.1. Tipos de reproductores	42
1.8.2. Tipos de auriculares	43
1.8.3. Tipos de equipos usados para reproducción musical.....	48
2. MÉTODO Y DESARROLLO	49
2.1. Modelo de encuestas.....	49
2.2. Parámetros para medición del oído Humano.....	49
2.2.1. Audiometría.....	50
2.2.2. Modelo de audiograma.....	50
2.3. Población y muestra	51
2.3.1. Población	51
2.3.2. Obtención de la muestra	52
2.4. Mediciones	52
2.4.1. Medición de ruido de fondo	52
2.4.2. Niveles de reproducción.....	54
2.4.3. Test de audiometría a sujetos experimentales.....	54
2.5. Rangos auditivos	54
2.6. Tablas de exposición de niveles de reproducción determinados.....	55
2.7. Recintos utilizados.....	56
2.7.1. Descripción de recintos usados para la prueba	56
2.7.2. Cabinas audiométricas.....	57
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	58
3.1. Informe de las encuestas.....	58
3.1.1. Edad, sexo y actividad laboral.....	58

3.1.2. Antecedentes patológicos familiares	59
3.1.3. Antecedentes o dificultades personales	62
3.1.4. Antecedentes y actividades extras	64
3.1.5. Niveles sonoros comúnmente utilizados	66
3.1.6. Sistema de protección o cuidados empleados	69
3.2. Audiometrías	71
3.2.1. Resultados obtenidos.....	71
3.2.2. Tipo de hipoacusias localizadas.....	79
3.2.3. Rango audible	80
3.2.4. Frecuencia/s de daño/s auditivo/s	80
3.2.5. Umbrales según el tiempo de exposición	81
3.2.6. Verificación de lateralidad, zurdos o diestros	84
3.3. Mediciones acústicas.....	85
3.3.1. Resultados de ruido de fondo	85
4. ANÁLISIS ECONÓMICO	86
4.1. Costo de materiales empleados, mano de obra.....	86
4.2. Costo total de audiometrías y otros elementos usados.....	87
5. PROYECCIONES	88
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
6.1. Conclusiones	89
6.2. Recomendaciones.....	92
REFERENCIAS.....	94
ANEXOS	98

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El oído humano es un órgano de suma importancia, su cuidado debe ser constante y cauteloso. Su característica principal es la de permitir a las personas la audición. Sin embargo el oído cumple también una función tal como la del equilibrio. Ésta es de enorme importancia ya que permite tanto a los humanos como a los animales generar estabilidad y no perder el equilibrio evitando caídas. Los responsables de este equilibrio son los canales semicirculares, con la ayuda de éstos se crea la sensación de espacio que a la larga da el equilibrio del cuerpo, todo por espacialidad. Un punto valioso a indicar, es que el oído interno es el último responsable en el proceso de la audición, aquí se encuentra la cóclea la cual posee alrededor de 40000 células ciliadas la cuales responden a distintos tipos de tonos. Al recibir algún sonido, la oreja transduce la señal en vibraciones gracias al tímpano y tres huesos llamados Yunque, Martillo y Estribo. Esas vibraciones permiten que el martillo y estribo se exciten y envíen señales hacia la cóclea, por lo que las señales cruzan a través de las células ciliadas generando así impulsos eléctricos (que a su vez son transmitidos cerebro), los cuales serán transformados en información. Las células ciliadas son únicas desde su formación, que una vez que mueren no vuelven a regenerarse. Generalmente la muerte de estas células es un proceso natural del cuerpo humano, ya que al pasar los años se pierden éstas células por envejecimiento, y causan a largo plazo la pérdida auditiva de las personas. Sin embargo la pérdida auditiva puede ser causada por factores externos, como la exposición a altos niveles de ruido que pueden perjudicar la audición según el nivel al que la persona esté expuesta y según el tiempo de exposición de la fuente emisora.

La Asociación de Pérdida Auditiva de América, en su artículo “An overview of Hearing loss” (1979), asegura que existen varios tipos de degeneración auditiva, entre estos nombran los dos principales que son la pérdida de

audición conductiva (por volumen) y la pérdida auditiva neurosensorial. La pérdida de audición conductiva trata acerca del volumen con el que hablan las personas. Cuando una persona habla, el sonido generado no solo es transmitido por la boca, sino que también se transmite a través de la estructura ósea del cuerpo. El sonido a su vez se retransmite al oído (en específico el oído interno), lo que conlleva a que la gente escuche su voz más alta de lo normal enmascarando la voz de las personas que pueden estar hablándole. Por éste motivo una persona con daño auditivo conductivo tiende a bajar el volumen de su voz (necesitan escuchar el sonido recibido a niveles más altos). Existe una manera de corregir el problema de daños auditivos conductivos, y es gracias al uso de aparatos amplificados para elevar el sonido recibido en las personas. Se tratan de aparatos de audición colocados en las orejas del afectado y amplifica el sonido recibido permitiendo así que el usuario logre escuchar bien el mensaje que recibe. El siguiente caso es el de pérdida auditiva neurosensorial, aquí el volumen y la claridad son los dos factores que determinan éste tipo de pérdida auditiva. Las personas con problemas auditivos neurosensoriales sufren un gran problema con la inteligibilidad de la palabra. Estas personas tienden a elevar el volumen de su voz, y al existir un ruido de fondo medianamente presente no logran asimilar o comprender lo que escuchan, por estos motivos tienden a enfadarse o sufren de estrés. Otro problema relacionado a la pérdida neurosensorial es que las personas no toleran sonidos elevados (lo que se conoce como hiperacusia). A diferencia de la pérdida conductiva, la pérdida auditiva neurosensorial no puede ser corregida amplificando el sonido, esto debido a la poca tolerancia al volumen que poseen las personas con éste problema. De esta manera se explica el por qué cierta gente con pérdidas auditivas conductivas pueden manejar mejor su situación en comparación a las personas con problemas de auditivos neurosensorial.

La Asociación de Pérdida Auditiva de América (1979), gracias a sus investigaciones, explica que la pérdida auditiva puede deberse por varios factores como: envejecimiento, explosiones, maquinaria industrial,

exposiciones a ruidos muy elevados, sistemas amplificados para eventos masivos, uso de aparatos electrónicos (iPods, mp3, audífonos de alta y baja calidad). Para el caso de estudio se toma en cuenta la degeneración auditiva por ruido inducido por usos de reproductores musicales (se hablará en general de una degeneración por ruido). Un punto importante expuesto por la Asociación de Pérdida Auditiva es que el ruido excesivo puede causar pérdidas auditivas (trabajos en la milicia o fábricas ruidosas suelen ser dónde el ruido extremo suele estar presente). En la legislación nacional se ha establecido que el límite de exposición a ruido sea de 85 dB(A) para jornadas laborales de 8 horas diarias (esto sugiere que éste nivel está en los límites antes de empezar a causar pérdidas auditivas). Existen otros ruidos tales como explosiones, disparos o equipos de construcción que generan niveles de presión sonora muy elevados lo que conlleva a generar daños auditivos. En adición a los anteriores ruidos comentados, se incluye a la música como otro actor en problemas auditivos. Dentro de éste ámbito se encuentran conciertos masivos de varios géneros musicales, ensayos de bandas u orquestas, o simple uso de aparatos personales música como un iPod, todos logran fácilmente exceder los 85 dB(A) por lo que entran en una categoría de peligroso para el aparato auditivo. De esta forma la Asociación indica que el uso personal de radios, iPods, o CD players con audífonos debe ser cauteloso. Los niveles excesivamente altos que pueden alcanzar los reproductores son capaces de dañar la audición de manera acumulativa o definitiva. Esto sugiere entonces que cada vez exista un pequeño daño, éste, se va a acumular y empeorará la audición de la persona afectada. Un dato presentado por la Asociación es que el uso de un reproductor que muestre su volumen hasta la mitad ya es suficiente para empezar a causar daños, por tanto niveles más elevados conllevan a generar daños más profundos y definitivos. Para esta tesis de investigación el enfoque de pérdida de audición debido al uso de reproductores con audífonos será primordial.

La Organización Mundial de Salud (OMS, 2013, A) dice, en cuanto a reproductores musicales, que la mejor manera de evitar daños auditivos es

evitar escuchar música a niveles altos (BBC, 2015). Esto fundamenta la idea de que el uso de audífonos a altos niveles no puede ser una buena idea si se desea conservar la audición. El Instituto de Investigación de la Audición o MRC, realizó en 2010 una investigación para determinar si las pérdidas auditivas están relacionadas a los reproductores de música personales (Dillner, 2014). La investigación se basó en encuestas que permitiesen saber a qué nivel los encuestados solían escuchar su música (incluyendo clubs nocturnos, conciertos y reproductores musicales). Al centrarse en los reproductores musicales evidenciaron que éstos son capaces de emitir niveles de presión sonora (NPS) entre 95 y 105 dB (por encima de 105 equivale a sostener una motosierra). A través de la campaña llamada “Decibeles Peligrosos” realizada por la Universidad de Oregon en su Instituto de Salud y Ciencias, se dice que escuchar música con audífonos desde el iPod (o cualquier otro reproductor) a máximo volumen y en un período de 15 minutos es suficiente para causar daños al oído. Estos altos niveles dañan los estereocilios (diminutos pelos que se afianzan en la parte superior de las células pilosas del oído interno).

A través de los años la tecnología se ha desarrollado de tal manera, que el acceso a reproductores musicales como radios, iPods, o reproductores mp3 se han vuelto asequibles para las personas. De igual manera cada dispositivo permite potencias más grandes que los artefactos pasados, es decir que se pueden alcanzar grandes dosis de presiones sonoras. Así como esos dispositivos han ido desarrollando, los audífonos también se han incrementado en el mercado, cada uno con etiquetas de superioridad en alcanzar niveles más altos y fieles de sonido. Como una gran característica, cabe destacar que son diseñados de tal forma que no existan muchas fugas de presiones, por lo que cada vez van más incrustados en la oreja. Esto por un lado permite enmascarar el ruido externo, pero cuando el usuario está expuesto a niveles más altos de ruido de fondo, generalmente presentados en calles, o sitios de alto flujo peatonal, el nivel es aumentado progresivamente. Esto no permite al usuario darse cuenta de que permanece expuesto a altos niveles de presión sonora por largos períodos de tiempo; lo cuál a la larga le hará perder su audición en distintos grados de gravedad.

Los Ingenieros en Sonido y los Músicos, mucho antes de emprender la formación profesional, fueron parte de la sociedad que conoció el uso de reproductores y durante años pudieron estar expuestos a niveles altos de sonido. Es decir que como muchos otros usuarios, la posibilidad de que posean ciertos daños auditivos debido al mal uso de audífonos, está siempre presente. El oficio de un Ingeniero en Sonido, en la mayoría de los casos, lo expone a distintos niveles de presión sonora durante largos períodos de tiempo. La exposición al sonido puede provenir de monitores de estudio, así como de audífonos que suelen ser usados para la mezcla de canciones; pero por otro lado, debido a que son amantes de la música, tienden a escucharla por largos períodos de tiempo. Por otro lado los Músicos viven de igual manera en un mundo rodeado de música, dónde generalmente su profesión les obliga a escuchar música durante horas, sea por diversión, aprender temas musicales, ensayar, o asistir a eventos musicales. Por lo general, y debido a que es su oficio, un Ingeniero en Sonido y un Músico debe cuidar sus oídos, sin embargo no es una práctica que muchos la tomen en cuenta.

Las exposiciones sonoras a niveles elevados y de larga duración repercuten en la escucha de las personas. En el Ecuador no se han realizado pruebas ni en Músicos, ni en Ingenieros en Sonido. Realizar este tipo de investigación sería de gran ayuda para iniciar una campaña de concienciación en el mundo del sonido y la música. El punto de realizar un estudio a Ingenieros de Sonido y Músicos se debe al hecho de que los profesionales de este campo acostumbran a vivir de la música y por lo tanto deben estar expuestos a niveles variables de sonido tanto con monitores, amplificadores y también con audífonos. Al realizar un estudio de ese tipo se podrían analizar los daños causados, y así a futuro lograr generar conciencia en estos usuarios, ya que sus carreras profesionales dependen del cuidado de sus oídos.

MARCO REFERENCIAL

Descripción de la situación actual:

Todo Ingeniero en Sonido y Músico está expuesto durante largos períodos de tiempo a distintos niveles de presión sonora, ya sea en estudio, en la mezcla de temas, ensayos musicales, o en eventos masivos como conciertos. Al estar siempre expuesto a niveles de presión sonora, es presumible que la acumulación por tiempo de exposición haya creado disminución de la audición. En especial, estos usuarios suelen hacer uso de audífonos para apreciar la música o para usarlos como herramientas de trabajo, por lo que los períodos de exposición y niveles alcanzados con estos pueden ser altos durante su uso. Es decir que la exposición a esos niveles puede a la larga, generar problemas auditivos que a través de los años se acumulan haciendo que la persona pierda la audición sin percibirlo.

Planteamiento del problema:

Muchos Ingenieros y Músicos hacen uso de audífonos; estos pueden ser de dos tipos: “in-ears” o “headphones”, el propósito puede diferir según sea: mezcla, ensayos o actividades personales.

Al estar expuesto a distintos niveles de presiones sonoras, se quiere saber cuál es el posible daño auditivo generado en los Ingenieros y Músicos por el uso frecuente de auriculares y a niveles altos.

ALCANCE

El proyecto de titulación contemplará el análisis de la pérdida auditiva en Ingenieros de Sonido y Músicos a través de pruebas audiométricas y encuestas. Las audiometrías podrán ser aplicadas a cualquier Ingeniero o Músico dentro de la Universidad de las Américas aunque podrán ser

contemplados otros sujetos externos a esta institución. Para el análisis de las posibles pérdidas se presentan algunos parámetros a tomar en cuenta detallados a continuación:

1. Condiciones físicas/anatómicas iniciales: posibles defectos de nacimiento, antecedentes de accidentes auditivos, percepciones actuales de molestias auditivas, inteligibilidad de la palabra, distribución uniforme del sonido en sus orejas.
2. Análisis de resultados para audiometrías.
3. Sala acondicionada para realizar las audiometrías.
4. Encuestas que acompañen las audiometrías.
5. Se realizan los exámenes en sujetos pertenecientes a estas dos escuelas de la Universidad de las Américas.
6. Incluirán sujetos de muestras ajenos a la Universidad, pero que posean las mismas profesiones para aumentar el número de muestras.

Para la práctica de las audiometrías se contemplan las siguientes opciones:

- Sala aislada que no interfiera con las mediciones.
- Audífonos aislados para mejorar el resultado medido.
- Realizar las mediciones a horas tempranas donde el rango auditivo de la oreja es amplio. Las horas del día en las que se realicen las pruebas podrán afectar los resultados, ya que las orejas están expuestas al ruido de la ciudad (carros, buses, multitudes, entre otros) y esto puede disminuir el umbral auditivo de las personas.

JUSTIFICACIÓN

Este tema se lo realiza para conocer una estimación del daño auditivo que poseen los Ingenieros en Sonido y Músicos de la Universidad de las Américas, debido al propio ambiente laboral en el que se desenvuelven y sobre todo por el uso de auriculares a altos niveles y largos períodos de tiempo. La

elaboración de este estudio sirve para conocer en mayor profundidad este problema; y al mismo tiempo crear conciencia, en profesionales y estudiantes de estos campos, acerca de los riesgos fisiológicos y psicológicos que crea el uso inadecuado y prolongado de auriculares.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el daño auditivo de Ingenieros en Sonido y Músicos, debido al uso inadecuado de auriculares a través de pruebas audiométricas realizadas por un software elaborado en la Universidad de las Américas.

Objetivos específicos

- Recopilar datos de los individuos evaluados para conocer el uso que le dan a auriculares y conocer características de sus ambientes laborales.
- Establecer valores de referencia para conocer el nivel de daño auditivo presente en los profesionales evaluados y comparar valores dependiendo del nivel de uso de auriculares.
- Realizar audiometrías para conocer los posibles daños auditivos de los sujetos puestos a prueba.

HIPÓTESIS

- El uso prolongado de audífonos con altos niveles sonoros produce pérdida auditiva.
- Al estar expuestos a altos niveles sonoros durante largos períodos de duración haciendo uso de audífonos, los Ingenieros y Músicos presentan ciertos porcentajes de pérdida auditiva.
- Los niveles de música reproducidos están generalmente empleados por encima de los 85 dBA.

- Niveles de presión sonora superiores o iguales a 85 dBA son suficientes para causar daños auditivos.
- Las pruebas de audiometría a través de software, sirven para determinar el grado de pérdida auditiva en los sujetos puestos a prueba.
- Las pruebas y encuestas se apoyan mutuamente para analizar los resultados.

Los sujetos de interés para el estudio serán todos aquellos que trabajen en áreas de sonido, es decir Ingenieros en Sonido, Sonidistas, Músicos-Sonidistas, productores musicales. La edad de las personas será de 18 a 50 años, y se aprovechará el número de estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica de la Universidad de las Américas, por el hecho que la mayoría ya ejerce su profesión o debido a su tipo de formación académica, están expuestos a distintos niveles sonoros constantemente.

Se realizará un trabajo inferencial, el cuál a través de los datos, se evaluará si existe una pérdida auditiva en los sujetos a estudio, debido al uso constante de audífonos a altos niveles de presión sonora.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Anatomía del oído

La anatomía del cuerpo humano es en su totalidad muy compleja. El cuerpo posee varios órganos, los cuales cumplen funciones específicas ya sean estas para que el ser humano pueda vivir o, para que pueda percibir, escuchar, entre otros. Uno de estos órganos es el oído, el cuál le permite a toda persona la habilidad de poder escucha, así como de tener una percepción espacial de su entorno y también de darle equilibrio. El oído posee una anatomía especial, en la cual se divide en tres partes, el oído externo, el oído medio y el oído interno. Cada parte del oído cumple una función específica desde captar el sonido, procesarlo y convertirlo en mensajes nerviosos para captar el mensaje.

1.1.1. Oído Externo

El oído externo es aquel perceptible a la vista, es decir la oreja. Esta parte del oído comprende dos secciones, estas son el pabellón interno, correspondiente a una parte más externa, y el conducto auditivo externo correspondiente a una parte interna. El pabellón auricular está constituido por varios cartílagos cubiertos en su totalidad por la piel, son básicamente las pequeñas estructuras óseas que podemos ver y sentir en una oreja. Estos cartílagos tienen varios nombres como lo son el hélix, el trago y el antihélix. Al pabellón auricular también se lo conoce como pinna, su función principal es la de captar el sonido y sus frecuencias, y redirigen el sonido hacia el conducto auditivo externo (Casal, s.f, p.31).

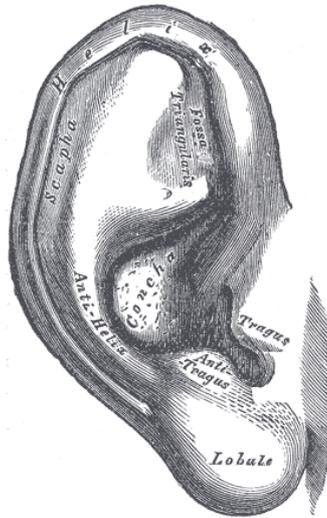
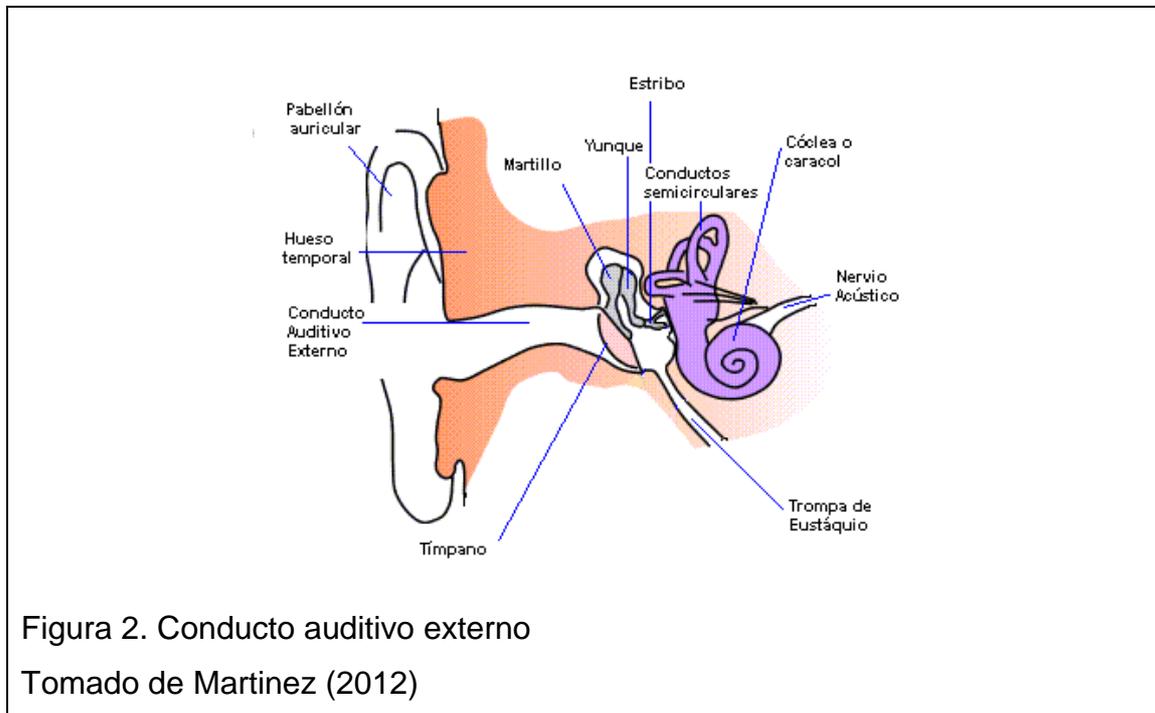


Figura 1. Pabellón auricular

Tomado de Gray (1918)

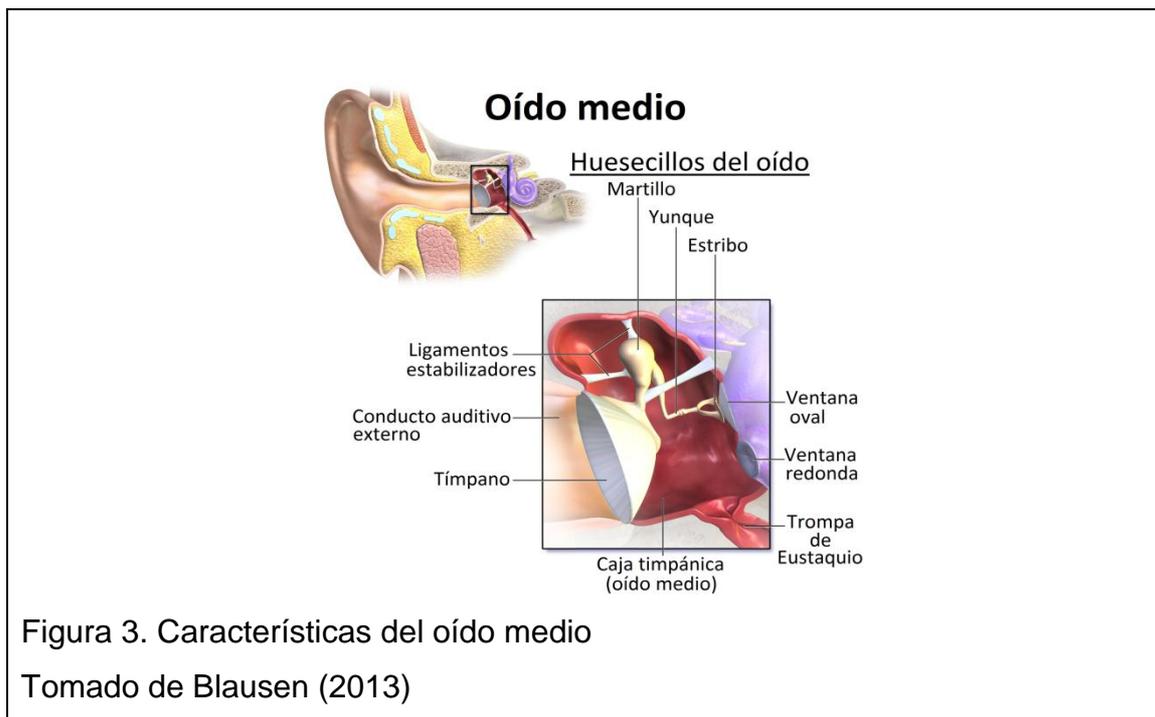
Por otro lado está la siguiente sección del oído externo, el conducto auditivo externo. Como ya fue dicho, el pabellón auricular capta las vibraciones y dirige el sonido hacia el conducto auditivo. Este conducto está situado entre el pabellón auricular y el tímpano, que se trata de una membrana de entre 25 mm y 30mm. Éste es la continuación del pabellón y está recubierto de piel, tal como lo dicen San Martín y Letelier “La piel que lo cubre es continuación de la del PA [...] cuya función es producir cerumen” (Martin, Letelier, s.f). Esta segregación cerosa permite la protección tanto del conducto como del tímpano. La función principal de este conductor, es la de guiar el sonido o vibraciones, que previamente fue enviado por el pabellón auditivo, hacia el tímpano el cual captará las vibraciones para generar una nueva función dentro del oído medio. Estas dos partes del oído, pabellón e conducto, son de gran importancia ya que permiten captar y conducir las vibraciones que son recibidas al exterior del cuerpo, es decir la oreja, por esto es que corresponden al oído externo, ya que interactúa con el exterior, y es el principio de la cadena de funcionamiento auditivo.



1.1.2. Oído medio

Como ya se ha dicho, el oído en su totalidad posee tres partes, ya se ha hablado del oído externo, y en este caso se hablará del oído medio. El oído medio está formado por la caja del tímpano la cual posee un espacio de aire lleno de una mucosa respiratoria, ésta posee en su interior a la cadena osicular (varios huesecillos que permiten cumplir el trabajo de la audición se los conoce por ser los más pequeños del cuerpo). Aquí se encuentra el tímpano que corresponde a una membrana semitransparente, ésta separa el oído externo del oído medio. La membrana se constituye por piel, fibras elásticas radiales y circulares, así como por mucosa. Pasando el tímpano se encuentra un espacio llamado cadena osicular (atado a varios ligamentos). Éste se encuentra formado por el martillo, el yunque y el estribo. El martillo tiene la característica de estar adherido a la membrana timpánica, es decir, el tímpano, por lo que cada movimiento significa un movimiento del martillo. El martillo está dispuesto de tal manera, que está fijado al yunque y al estribo, por lo que cada movimiento realizado por el martillo será transmitido hacia el estribo. Que se encuentra adherido en un espacio llamado ventana oval. Como lo dicen en el

artículo de la Universidad de Católica de Chile “Este se encuentra en un espacio conocido como ventana oval la que está cerrada por la platina del estribo. En el espacio de aire entre la ventana oval y la platina se encuentra un ligamento anular que cierra este compartimento de aire (oído medio del oído interno)” (Letelier y San Martín, s.f).



1.1.3. Oído interno

El sonido es captado a través del oído externo, este transmite las vibraciones por el pabellón auditivo que a su vez guía las señales hacia el conducto auditivo externo. Una vez que esas vibraciones atraviesan el conducto se encuentran con el tímpano, membrana fina susceptible a vibraciones, éste al entrar en movimiento permite que los huesos como el martillo, yunque y estribo se desplacen. Así se crean vibraciones que serán enviadas a su vez al llamado laberinto óseo para que, las pequeñas vibraciones, sean convertidas en estímulos eléctricos dentro del oído interno.

El oído interno es la última etapa, permite transformar las vibraciones acústicas en información hacia nuestro cerebro. Esta parte del oído está compuesta por

dos órganos, uno ubicado en la cóclea o caracola, se lo llama el órgano auditivo (también se lo conoce como coclear), y por otro lado está el órgano vestibular o de equilibrio el cuál se encuentra situado posteriormente a la cóclea. El oído interno es también llamado laberinto óseo, posee un laberinto óseo y un laberinto membranoso en su interior. Como se mencionó anteriormente el caracol es el que da la función auditiva y la del equilibrio, y la espacialidad es dada por el laberinto. Dentro de la caracola existen varios conductos que se dividen en tres llamados los conductos semicirculares o canales semicirculares que se orientan en tres planos espaciales, uno horizontal y dos verticales (anterior y posterior).

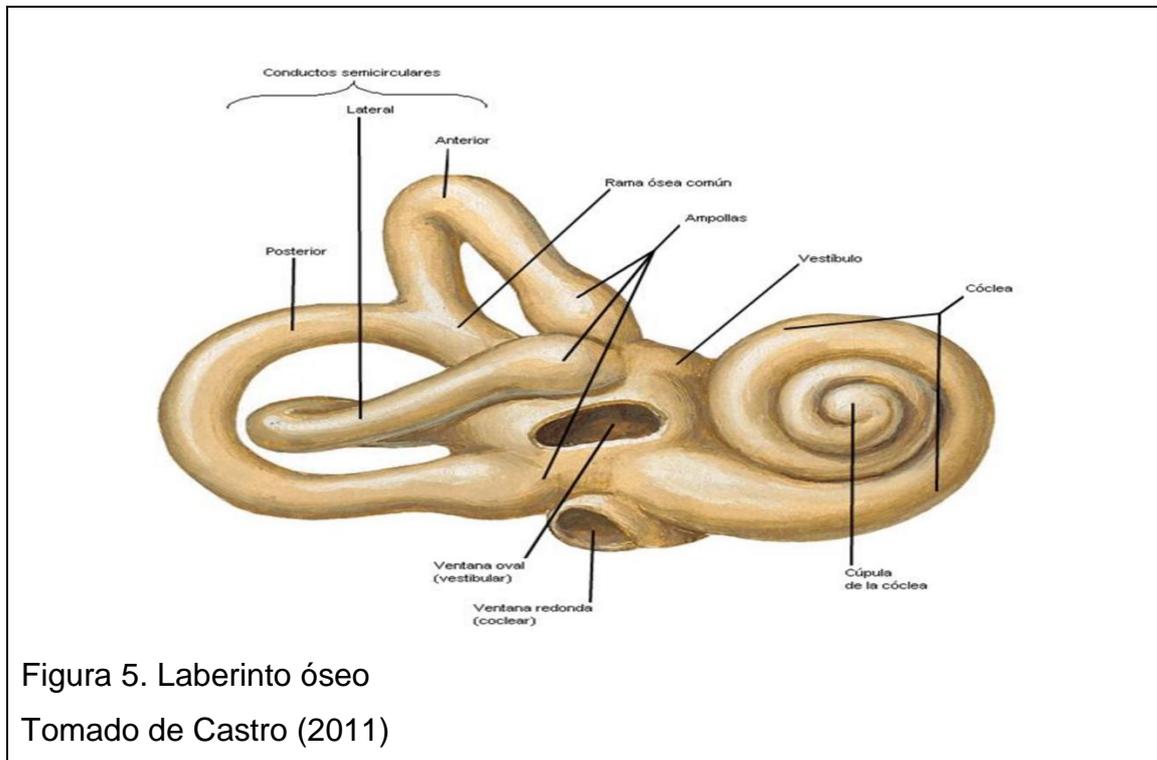
Como característica, el laberinto coclear posee una forma circular, se trata de un conductor que da alrededor de dos vueltas y medias, y en su interior posee el llamado órgano de Corti, el cual es un mecanorreceptor (San Martín, Letelier, s.f). Un mecanorreceptor es un receptor sensorial, este reacciona a presiones mecánicas o distorsiones. Estos receptores se encuentran en la piel, el pelo, el oído, y transforman transformar estímulos mecánicos en impulsos nerviosos (National Library of Medicine, 2012).

El órgano de Corti es el responsable del último proceso en el funcionamiento de la audición. Dentro de este órgano existen las células ciliadas que reposan sobre la membrana basilar. Como se lo comentó antes, los procesos que realizan estas células son los de transformar las vibraciones o energía mecánica, en impulsos nerviosos. La interacción de estas células permite la formación del nervio coclear, este tiene dirección hacia el tronco encefálico dentro de un conducto óseo, al cual se lo llama conducto auditivo interno.



1.1.3.1 Laberinto Óseo

El laberinto óseo forma parte del oído interno. Este laberinto está lleno de líquido ubicado por detrás de la llamada ventana oval. Otro de sus elementos es el vestíbulo, una cavidad ancha en relación a las dimensiones del oído, este se comunica con el oído medio gracias a la ventana oval, y tiene la característica de prolongarse hacia la parte superior en tres conductos, ya nombrados anteriormente, los conductos semicirculares. Siguiendo la parte inferior nos encontramos con el caracol, que lleva el nombre debido a su forma en espiral o forma de concha, y aquí dentro reposan las células ciliadas sobre la membrana basilar. Como se comentó previamente el laberinto anterior es el responsable del aparato auditivo, y el posterior llamado vestibular es aquel que se hace cargo del equilibrio corporal. No se seguirá entrando en detalle puesto que no es de interés para esta tesis.



1.1.3.2. Nervio estatoacústico

Se toma en cuenta este punto ya que el nervio estatoacústico es parte de los doce nervios del cráneo del ser humano. Es de nuestra incumbencia puesto que dicho nervio es aquél que se encarga de la función auditiva y la del equilibrio corporal. Su composición está hecha en base al nervio coclear y vestibular, ya que este transmite la información sonora y aquella del equilibrio (nervio vestibular).

Al tratarse de la vía coclear, ya que es de mayor interés para el trabajo, se puede nombrar dos vía importantes estas son:

- La vía ascendente, responsable de transmitir los impulsos nerviosos desde el órgano de Corti hasta el cerebro.
- Las vías descendentes (sobrentendiéndose que se tratan de las vías auditivas), la cuales proporcionan la autorregulación o equilibrio dentro del sistema auditivo.

1.2. Características del sonido y fisiología auditiva

El sonido es la perturbación energética o mecánica de un medio, siendo este el aire (puede también tratarse de un medio sólido, gaseoso o líquido). El oído humano capta presiones en la oreja y luego de todo un proceso esas presiones se convierten en información para nuestro cerebro. A continuación se describirá más acerca del sonido y acerca de las características del oído.

1.2.1. Características del sonido

Se puede definir al sonido como la propagación de ondas longitudinales a través de un medio específico (gaseoso, sólido, líquido), en el cuál existen variaciones de presión debido a la compresión y rarefacción de la onda propagada en el medio. Se trata de un sistema masa resorte, donde existe una compresión, que tomará un tiempo necesario, esa compresión empuja al objeto y regresa a su posición de inicio, se lo llama rarefacción.

La onda, como tal, sufre de una velocidad característica. Volviendo al ejemplo de masa resorte, la velocidad de la perturbación de la onda va a depender de dos elementos, estos son:

- La masa del elemento puesto en movimiento, esto debido a que la masa dependerá de la velocidad de perturbación de la onda. En general se puede decir que mientras mayor sea la masa del elemento perturbador, mayor será el tiempo que tomará el elemento para empezar a desplazarse y para parar su movimiento. Será entonces la densidad del material lo que determinará la efectividad al momento de desplazarse. Al igual que antes, una mayor densidad (mayor masa efectiva) generará un movimiento más lento.
- La fuerza del resorte, asumiendo el sistema masa resorte, funciona de manera que la cantidad de masa hará que el resorte se comprima. Aun así la compresión dependerá de la elasticidad del resorte, por ende de

eso dependerá la velocidad de propagación. Un resorte con una fuerza significativa, al momento de la rarefacción, tendrá la habilidad de desplazar la partícula o masa con mucha más fuerza lo que significará una mayor velocidad. Esta fuerza de elasticidad corresponde al llamado módulo de Young de un material (un mayor rigidez corresponde a un módulo de Young más grande).

El módulo de Young se lo puede calcular de la siguiente forma:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

c : corresponde a la velocidad del sonido [m/s]

ρ : Densidad del material [kg/m³]

E : Módulo de Young del material [N/m²]

Según el material la dirección de propagación será independiente de la densidad del sólido. Dependiendo del material dónde se propague el sonido, el material se verá afectado acústicamente, es así como los instrumentos musicales obtienen sus distintas características sonoras.

Ya que el tema de tesis está relacionado al oído humano, es bueno explicar que el medio específico por el cuál se transmite el sonido es el aire. Este es el medio común y más conocido para transmisión de sonido. El habla o la música se transmiten por este medio para llegar a nuestros oídos. El principio de transmisión, se basa en la compresión y rarefacción de partículas de aire. Para realizar los cálculos de propagación y velocidad del sonido en el aire se deben considerar varios factores, como la ley adiabática del aire. Esta ley es usada debido a que la velocidad de perturbación en el aire es extremadamente rápida por lo que es difícil notar la transferencia de calor en la compresión y rarefacción. Se deberá analizar la ley adiabática (relaciona presión y volumen del gas) para encontrar la elasticidad del aire lo que se relacionará al módulo de Young. A continuación ciertas ecuaciones para el cálculo de la velocidad del sonido en el aire:

- Constante adiabática:

$$PV^\gamma = \text{cons} \quad (\text{Ecuación 2})$$

P : Presión del medio gaseoso [N/m^2]

V : Volumen del gas [m^3]

γ : Constante dependiendo del gas (constante del aire 1,4)

- Relación de presión y volumen del gas:

$$E_{gas} = \gamma P \quad (\text{Ecuación 3})$$

E : Módulo de Young para el gas

P : Presión del gas

γ : Constante del gas

- Densidad del gas:

$$\rho_{gas} = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT} \quad (\text{Ecuación 4})$$

m : Masa del gas [kg]

M : Masa molecular del gas [kg/mole]

T : Temperatura absoluta [$^\circ\text{K}$]

R : Constante del gas [8,31 J/ $^\circ\text{K}\cdot\text{mole}$]

De estas ecuaciones se saca la siguiente ecuación para permitir el cálculo del sonido en el aire:

$$c_{gas} = \sqrt{\frac{E_{gas}}{\rho_{gas}}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{\left(\frac{PM}{RT}\right)}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

De esta ecuación se concluye que la presión no es aquella que afecta la velocidad. La velocidad del aire en el aire va a depender de la temperatura y también por el peso molecular del aire o del gas donde se propague el sonido. Al aumentar la temperatura, aumenta el volumen del aire mientras que la presión permanece constante y la densidad disminuye. Pese a que la temperatura es un actor importante en la variación de la velocidad del aire, será

el peso molecular del gas el actor principal de la variación de la velocidad del sonido en el aire. El peso molecular puede verse afectado por factores distintos, como por ejemplo el vapor de agua, debido a su peso ligero permite un incremento en la velocidad. Generalmente se toma a la temperatura como referencia de cálculo, y se tiene en cuenta para cálculos rápidos una temperatura de 20 °C dando como resultado una velocidad de 344 [m/s]. A continuación una tabla de velocidad del sonido según los materiales.

Tabla 1. Velocidad, densidad y módulo de Young según el material

Material	Módulo de Young (N.m⁻²)	Densidad (Kg.m⁻³)	Velocidad del sonido (ms⁻¹)
Acero	2.10 x 10 ¹¹	7800	5189
Aluminio	6.90 x 10 ¹⁰	2720	5037
Plomo	1.70 x 10 ¹⁰	11400	1221
Vidrio	6.00 x 10 ¹⁰	2400	5000
Concreto	3.00 x 10 ¹⁰	2400	3536
Agua	1.43 x 10 ⁹	1000	1517
Aire (a °20 C)	1.43 x 10 ⁵	1.21	344

1.2.2. Fisiología de la audición

Al hablar de anatomía de la audición nos referimos al principio básico de interacción entre el medio de propagación y el oído humano. Como ya se habló antes, el sonido que es transmitido por medio del aire llega a las orejas de las personas y a través de un proceso complejo este se convierte en un mensaje para el cerebro. Dicho mensaje se interpretará de distintas maneras dependiendo de su naturaleza, como por ejemplo el sonido de una cuerda de guitarra. En general lo que una persona conoce como sonido es una percepción sonora generada por el sistema auditivo y el sistema nervioso central. El sonido se propaga a través de ondas en todo nuestro entorno. Se

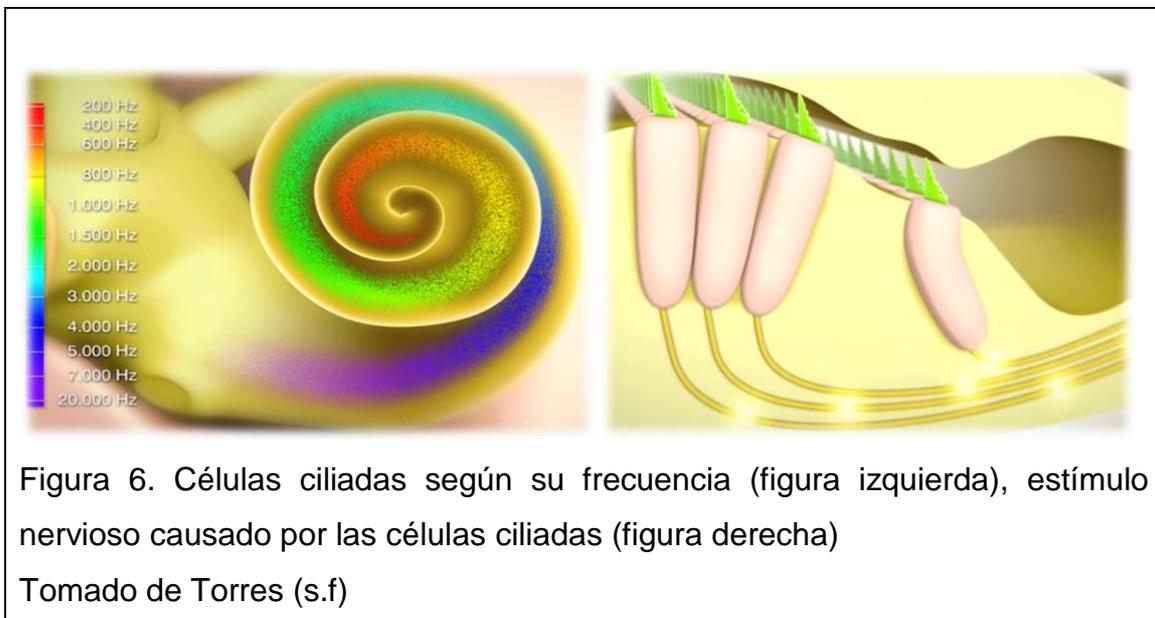
puede decir que no existe silencio absoluto ya que el mismo viento genera una clase de sonido al frotar una superficie como el suelo, o al tener una velocidad elevada. Las ondas propagadas en el medio generan cambios de presiones, estas presiones son a su vez captadas por el llamado pabellón auditivo el cual guía las ondas hacia el conducto auditivo externo; una vez que pase por el conducto auditivo externo las ondas llegarán al tímpano, este entrará en movimiento y generará vibraciones y pondrá en funcionamiento a la cadena de huesecillos. Un dato importante es que en un principio la onda se transmite en un medio aéreo dominado por cambios de presiones para seguir, en el oído interno, a un entorno de cambios de presiones en un medio líquido. Por último las vibraciones que son generadas dentro del oído permitirán desarrollar una transformación de energía mecánica a energía eléctrica. Estos estímulos eléctricos permitirán que la información llegue al sistema nervioso central y así el cerebro la interprete como una sensación sonora.

Los humanos tenemos, por lo general un rango auditivo uniforme. Este es un rango frecuencial o de frecuencias en el cual escuchamos de 20 Hz a 20 kHz, sin embargo es muy raro que alguien logre alcanzar ambos extremos. Se conoce que al nacer el rango va de 20 Hz a 20000 Hz. Pese a eso, el rango que va de 128 Hz a 8000 Hz es dónde mejor funciona la audición. (Letelier, s.f)

1.2.3. Nervios auditivos

Los nervios auditivos son, básicamente, los más importantes en el proceso final de la audición. Sin estos nervios el mensaje sonoro no podría ser transmitido al cerebro, por lo tanto el aparato auditivo humano no serviría de nada. Lo que sucede al momento de la transducción es que las fibras nerviosas actúan al identificar los sonidos o las vibraciones que viajan a través de las diferentes partes del oído. Las fibras van a responder según el tipo de frecuencia e intensidad del estímulo presente, y vale resaltar que las fibras variarán su

sensibilidad según el tipo de frecuencia. Son entonces las células ciliadas las que protagonizan el estímulo nervioso para generar una corriente eléctrica hacia el cerebro. Vale la pena recordar que las células ciliadas en la base de la cóclea son responsables de las altas frecuencias, mientras que aquellas del ápex se encargan de las bajas frecuencias. El movimiento de estas células causa diferencias de tensión que producen señales eléctricas para transmitirse por el nervio auditivo hacia la corteza cerebral, estas, una vez ahí se combinan con otros estímulos cerebrales como aquellos de la vista para así controlar la posición corporal. Si alguna vez estas no coincidiesen, el individuo sufriría de vértigo.



1.3. Fundamentos acústicos de mediciones de ruido

En acústica es necesario comprender el comportamiento de sonido. Dentro del sonido también está el ruido, y el ingeniero debe conocer los aspectos del ruido para poder controlarlo o eliminarlo. Sin embargo para poder conocer acerca del ruido o sonido en el medio ambiente, en distintos recintos o en la oreja humana es necesario de equipos de medición para poder conocer al respecto de todos los fenómenos que puedan estar implicados. A continuación hablaremos acerca de los distintos equipos acústicos, sus propósitos e incluso sus técnicas según el interés de este trabajo.

1.3.1. El sonómetro

El sonómetro es un dispositivo que permite realizar mediciones de niveles de presión sonora. Gracias a este instrumento es posible calcular el nivel de ruido existente en un recinto. Las medidas arrojadas por el sonómetro son en dB. Existen distintos tipos de sonómetros para lidiar con distintos tipos de ruidos como por ejemplo emisiones continuas, o también emisiones impulsivas. Estos dispositivos son diseñados bajo la norma CEI 60651 y la norma CEI 60804 (Comisión Electrotécnica internacional), de manera que la programación de todos los instrumentos lleve el mismo funcionamiento. Existen cuatro clases de sonómetros:

Tabla 2. Tipos de sonómetros y sus características

Tolerancias permitidas para los distintos tipos o clases definidas por la IEC 60651. Todas las tolerancias se expresan en decibelios (dB)		
Clase	Calibradores	Sonómetros
0	+/- 0.15	+/- 0.4
1	+/- 0.3	+/- 0.7
2	+/- 0.5	+/- 1.0
3 (eliminada por la IEC 61672)		+/- 1.5

El sonómetro se compone por distintos elementos. Tiene un micrófono con una respuesta aproximada entre 8 Hz y 22 kHz, este debe ser calibrado y es muy sensible por lo que se lo debe cuidar de cualquier tipo de golpe. Por otro lado posee una pantalla la cual permite leer los resultados obtenidos después de las mediciones. Varios sonómetros tienen su software para procesar los datos en un ordenador. Los resultados que se pueden a través de estos dispositivos son varios como por ejemplo en los sonómetros integrados que permite seleccionar la curva de ponderación A, B, C, D o U. Las curvas de ponderación son curvas que sirven para aproximar los analizadores acústicos con la respuesta del oído

humano. Las curvas muestran que la respuesta del oído humano no es plana y varía según el nivel de presión sonora. De las más comunes están las siguientes curvas:

Tabla 3. Curvas de ponderación

Curva de ponderación	Tipo de uso
A	Esta curva se la usa para bajos niveles de presión sonora la cual atenúa distintas frecuencias bajas. Por ejemplo en 20 Hz reduce 50 dB, en 100 Hz reduce 20 dB, y para 20 kHz reduce 10 dB. Esta curva es adecuada para la medición de ruido de fondo.
B	Esta curva es usada para frecuencia no tan bajas y aunque se parece a la curva A la reducción en bajos es menor. Como ejemplo a 60 Hz se tiene una reducción de 10 dB. Esta es una curva ideal para mediciones de tipo musical.
C	Esta curva es muy parecida a la curva B para las frecuencias más agudas, su aporte en atenuación en bajas frecuencia es casi nula. Se la puede usar para mediciones de alto ruido en el medio.

1.3.1.1. Sonómetro integrador

En definición el sonómetro integrado es la herramienta que permite a un usuario medir el nivel de sonido en un tiempo determinado o en un período de tiempo establecido. El micrófono mide los cambios continuos de presión en el aire, estos cambios de presión son medidos en pascales. Generalmente se podría representar a estos cambios constantes de presión gracias a un gráfico y a una línea que varía en el tiempo. La función específica que realiza el instrumento es la de una función matemática compleja llamada integración, por

ende justifica el nombre que lleva el dispositivo. El resultado de los datos es conocido como nivel de exposición sonora o en inglés SEL (o Le), estos valores son entregados en ponderación A dando como resultado el indicador Lae.

Los sonómetros integrados suelen ser usados en casi todas las mediciones de ruido reglamentarias u ocupacionales, especificando los límites de exposición de ruido. Por ejemplo los valores de ruido integrado que requieren, valga la redundancia, de un sonómetro integrado. Básicamente son usados para todas las medidas que requieran valores integrados dónde la exposición al sonido fue promediada en el tiempo durante el período de medición establecido.

1.3.2. Analizadores de frecuencia

Un analizador de frecuencia es una herramienta con varios filtros. Estos filtros tienen la función de separar o dividir varias frecuencias que están dentro de bandas frecuenciales. Los sonómetros vienen por lo general con esta función para mostrar una evidencia visual del rango frecuencial de la banda. Las bandas más usadas son las bandas de octava y las de 1/3 de octava.

1.4. Sistema para medición auditiva Humana

Como se vio anteriormente el rango de audición humana oscila, teóricamente, entre 20 Hz y 20000 Hz. Sin embargo es muy raro que una persona pueda escuchar todas las frecuencias del rango auditivo, generalmente las frecuencias más bajas y las más altas son las menos percibidas por las personas, es decir que la mejor respuesta está dada en las frecuencias medias. Las medidas que se toman para realizar las mediciones de audición en las personas serán expresadas en dB, o NPS (nivel de presión sonora). Portmann (1979), estableció que en audiometrías se usan tres escalas para decibelios:

- SPL [dB]: nivel de presión sonora, con 20 micropascales para el 0 de referencia.
- HL [dB]: nivel de audición, estos niveles van a variar según la frecuencia.
- SL [dB]: nivel de sensación, depende del porcentaje o nivel de audición de cada persona.

Pese a lo anterior los humanos escuchan las frecuencias a diferentes niveles sonoros, es decir que la sensibilidad es diferente para cada frecuencia escuchada. Por ejemplo para un tono de 1000 Hz el promedio de intensidad es de 6.5 a 10 dB (SPL), y por otro lado a 10000 Hz necesita entre 20 y 25 dB. Gracias al audiograma o curva de Wegel se pueden observar los valores máximos y mínimos de la audición, a continuación el gráfico:

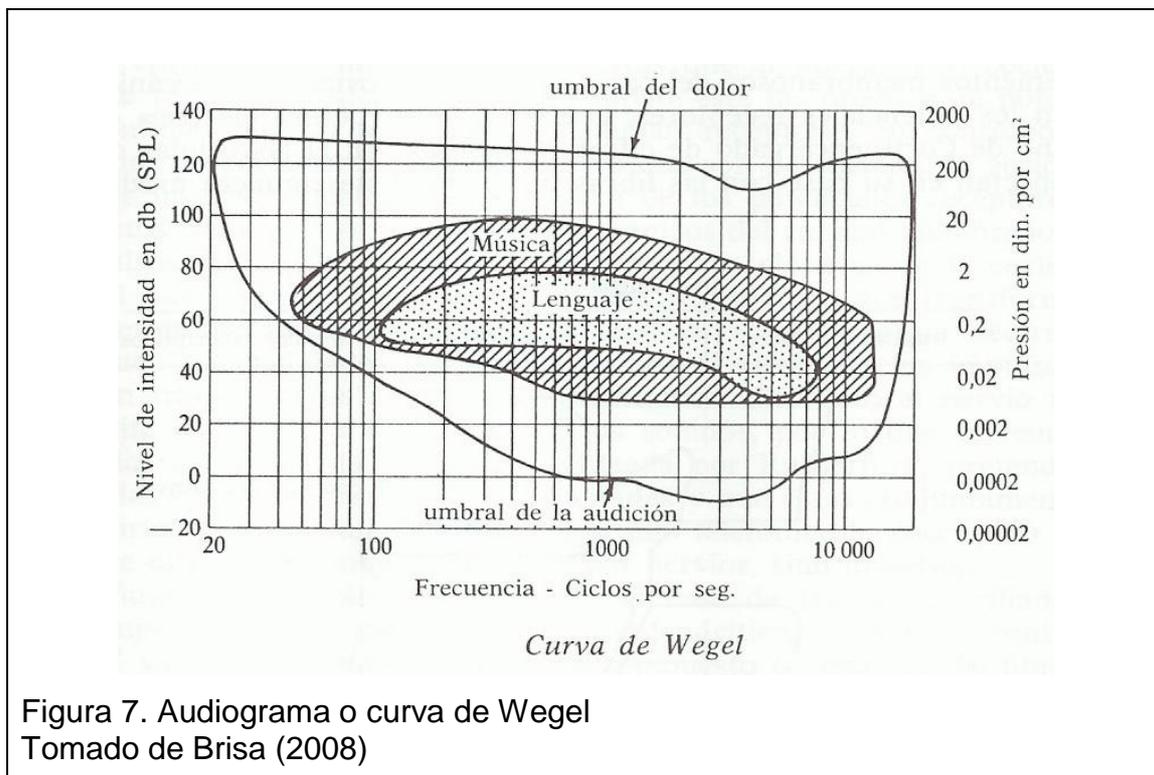


Figura 7. Audiograma o curva de Wegel
Tomado de Brisa (2008)

1.4.1. Mínimas diferencias de percepción

Las mínimas diferencias de percepción (MPD) corresponden a la variación más pequeña al cual responde el oído humano entre dos estímulos diferentes. Así lo definen en la Escuela Universitaria de Música o EUMUS, dónde citan que “La MPD de frecuencia tiene un comportamiento complejo, y su magnitud es difícil de estimar con exactitud. Varía considerablemente con cada persona, así como también con otros aspectos aparte de la frecuencia, como la intensidad” (EUMUS, s.f). Para hallar estos niveles se varía ciertos parámetros del sonido, estos parámetros pueden ser el cambio o modulación de la frecuencia y la amplitud.

1.4.2. Banda crítica frecuencial

La banda crítica de frecuencia corresponde al desplazamiento necesario para que dos tonos puedan ser percibidos individualmente el uno del otro. Al reproducirse un tono, éste llega a la membrana basilar haciendo que la membrana oscile. Si existen dos tonos o frecuencias muy cercanas, la persona escuchará ambos como un solo tono. Cuando las frecuencias se alejan poco a poco la una de la otra, llegará un momento en que se las pueda percibir individualmente. Es decir que el oído es un conjunto de filtros “Se puede considerar entonces al sistema auditivo periférico como un conjunto de filtros pasabanda, con bandas superpuestas” (Maggiolo, s.f), es así que podríamos llamar a la banda crítica de frecuencia como la frecuencia necesaria que debe ser desplazada para lograr identificar dos tonos por separado.

El sistema auditivo detecta distintas fuentes sonoras con un mecanismo de percepción temporal. Es decir que analiza el tiempo de llegada de cada fuente entre un oído y otro. Esta diferencia se da por un desplazamiento gradual del oído “En realidad lo que se hace es detectar la diferencia temporal entre la llegada del sonido a uno y otro oído. Con un desplazamiento de 3 grados llega 30 microsegundos antes a un oído que al otro. Dicha diferencia es percibida por nuestro cerebro, el cual identifica un cambio de localización” (Casal, s.f), es decir que gracias a esa diferenciación de tiempo se puede localizar la fuente y su dirección. De igual manera el pabellón auditivo permite crear un efecto de barrera para el sonido, dando así, nuevamente, un sistema de localización para saber si el sonido viene por delante o por detrás. Gracias a este sistema de localización se puede diferenciar si se está escuchando dos sonidos distintos al mismo tiempo. Como dato adicional es que este sistema permite evitar efectos no deseados como la reverberación o ecos, por el hecho de que se discrimina los sonidos iniciales y sus respectivas reflexiones (Casal, s.f).

1.4.3. Audiómetros

El audiómetro es la herramienta que nos permite determinar si existe algún tipo de daño auditivo. En su libro, Boix define al audiómetro de la siguiente manera, “Se da únicamente el nombre de Audiómetro, en la actualidad, a un aparato electrónico que genera sonidos puros, de diferente frecuencia, sin decaer en intensidad” (Boix, 2013, pg. 81). En su texto Boix da una definición más amplia acerca del concepto, dónde dice que es un instrumento que permite realizar mediciones para ver o determinar la capacidad auditiva de un sujeto, así como verificar su máximo y mínimo (Boix, 2013, pg. 81).

En general un audiómetro es un artefacto capaz de generar oscilaciones en distintas frecuencias. Estas frecuencias son calibradas a la entrada o la salida gracias a un regulador de intensidad de las oscilaciones, y son cuantificadas en decibelios. Estos aparatos fueron creados con el fin de remplazar a los diapasones, que servían, en el pasado, para realizar audiometrías debido a que el sonido del diapason no se conservaba permanentemente. Para que cada paciente o sujeto de experimentación pueda escuchar las oscilaciones, es necesario de que el instrumento tenga un transductor a su salida, es decir un altavoz o auriculares, de esta forma se desplazan las partículas de aire del medio para llegar al oído. En adición, la transmisión, también podría realizarse por vía ósea gracias a un vibrador colocado sobre el mastoides u otro punto que permita las transmisiones hacia la cóclea.

Los audiómetros modernos poseen controles que permiten manipular el número de oscilaciones y la frecuencia a ser oscilada. Estos instrumentos se basan en frecuencias que poseen una relación decimal, generalmente esas frecuencias son por banda de octavas: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz. Las frecuencias siempre varían según el audiómetro, ya que el rango puede ser mucho más amplio y pueden ser transmitidas constantemente sin cambios. Otra característica de los audiómetros es que tienen otras opciones dentro del instrumento como enmascaradores, tal como lo define Boix “señal luminosa de respuesta que es un circuito muy simple que permite al sujeto

examinado indicar que el paciente oye, pulsando un interruptor, y encendiendo con el mismo, una lucecita en el panel del aparato” (Boix, 2013, pg. 84), esta es la función clave del examen debido a que esto permite saber si el paciente escucha la señal que está siendo enviada a través del transductor.

1.4.4. Técnicas audiométricas

1.4.4.1. Audiometría aérea

Para poder realizar pruebas audiométricas es necesario cumplir ciertos parámetros para el óptimo funcionamiento del instrumento. Uno de estos criterios es la verificar que el ruido de fondo de la sala dónde se realizan las pruebas no sea muy elevado, a continuación se presenta una tabla de valores promedio requeridos según la norma ISO 8253-1:

Tabla 4. Niveles de ruido de fondo requeridos en audiometrías según la norma ISO 8253-1 (Tomado de saludauditiva.com)

Frecuencia para 1/3 de octava (Hz)	dB(μ 20 pa)	Frecuencia para 1/3 de octava (Hz)	dB(μ 20 pa)	Frecuencia para 1/3 de octava (Hz)	dB(μ 20 pa)
31.5	66	250	19	2000	30
40	62	315	18	2500	32
50	57	400	18	3150	34
63	52	500	18	4000	36
80	48	630	18	5000	35
100	43	800	20	6300	34
125	39	1000	23	8000	33
160	30	1250	25		
200	20	1600	27		

Adaptado de la norma ISO 8253-1.

Las pruebas audiométricas comienzan, por lo general, con la emisión de un tono de 1000 Hz durante cinco segundos aproximadamente y es seguida por un silencio con un tiempo de duración igual a la mitad que el tono emitido. Éste

método permite obtener la intensidad sonora y la respuesta al tono dando así una idea del umbral del paciente. El paso a seguir es la reducción en pasos de 10 dB hasta el punto en el cual no se presente una respuesta, una vez reducido los tonos presentados se lo sube en intervalos de 5 dB. Así cada que exista una respuesta se repite el mismo proceso. Durante las pruebas pueden existir datos erróneos cuando la oreja que no está siendo estudiada se confunde con los distintos ruidos de fondo, para esto se utilizan varias técnicas para enmascarar los ruidos no deseados. Entre estas técnicas están el ruido de enmascaramiento de banda estrecha por banda crítica, o enmascaramiento por banda amplia. El de banda estrecha es el más usado ya que da mayor enmascaramiento en un nivel tanto general como bajo, y por último posee menos ruido.

Por otro lado la audiometría típica es la llamada audiometría tonal liminar, que es definida por Boix como: la prueba que permite medir la cantidad mínima de audición del oído, donde se identifica a liminar como el umbral auditivo. Esta técnica, por lo general, se la usa para uso de prótesis auditivas, por lo que se deben conocer los umbrales máximos para establecer el confort (Boix, 2013, pg. 105), es decir que la audiometría liminar analiza los umbrales máximos y mínimos. El punto importante de estas audiometrías es siempre tener en cuenta los errores comunes que ocurren, como con la mala calibración, distracción del técnico, exceso de ruido de fondo, etc (Boix, 2013, pg.106).

1.4.4.2. Audiometría de alta frecuencia

A través de los años han existido varios artefactos construidos con el objetivo de medir la audición humana, estos han sido el monocordio de Struyken, el audiómetro de válvulas electrónicas de Griessman y Schwartzkopp hecho en 1919, el acúmetro telefónico de Hartmann hecho en 1878, entre otros (Casal, s.f). Sin embargo no arrojaban resultados exactos debido a que no podían ser calibrados con precisión.

Existe un problema con las altas frecuencias, que se da cuando la onda que entra al oído externo sufre resonancias, por lo que resulta difícil identificar la presión sonora real que se aplica a la membrana timpánica. A partir de los años 60 empezaron a aparecer varias soluciones y distintas tablas para las audiometrías de alta frecuencia “En 1967 Yoshie en Japón, Portmann en Francia y Spreng en Alemania obtienen los primeros registros mediante un electrodo de aguja en un puncionando el tímpano” (Chávez, 2013, pg. 2), y como característica de estos exámenes es que la escala en dB deja de existir.

1.5. Efectos del ruido

El ruido es un fenómeno que nos rodea día y noche, durante toda nuestra vida, esto debido a que no existe el silencio absoluto en el planeta. Este fenómeno tiene un impacto negativo sobre todas las personas, generando efectos como la pérdida de la audición, trastornos del sueño, estrés, depresión, entre otros. La exposición a ruido durante largos períodos de tiempo puede generar lesiones, así como ocasionar enfermedades. Por este motivo el cuidado del sistema auditivo es imperativo y necesario en todas las personas. Estos problemas pueden generarse, al tratarse de un daño auditivo, en el oído externo, oído medio y en el oído interno.

1.5.1. Estrés

El ruido puede llegar a ser molesto, y mientras una persona esté más tiempo expuesta a niveles constantes de ruido pueden empezar a aparecer desconformidades provocando un gran estrés en el individuo. Será la intensidad del ruido la que va a controlar el nivel de estrés de la persona. Generalmente el estrés aparece cuando a nuestro alrededor el ruido se percibe como una amenaza, generalmente se trata de una corta reacción del cuerpo. Culminada la amenaza la presión arterial y latidos del corazón vuelven a la normalidad (Tunajek, 2010). Con el pasar de los años y la tecnología, el ruido se ha vuelto una sinfonía presente en toda ciudad. Es por esto que los estímulos de estrés aumentan cada día al estar expuestos a todos los ruidos que nos rodean. El problema es que el sistema auditivo funciona día y noche

sin parar, y el humano no tiene la capacidad de apagar dicho sistema. A diferencia de los ojos, que pueden ser cerrados para excluir imágenes no deseadas y lograr generar un estado de relajación o descanso. Es así que el ruido está presente a toda hora, incluso cuando las personas no se dan cuenta de ello.

La exposición continua al ruido generara un aumento importante de estrés y de la presión sanguínea. Ya que no es posible controlar el ruido, a largo plazo, una persona puede sufrir de un ataque cardíaco o crear defectos cardiovasculares.

1.5.2. Adaptación

La adaptación se relaciona con la reacción que sufre una persona al estar sometida a varios estímulos fisiológicos como estrés, calor o frío, golpes, o ruido. Todas estas reacciones fisiológicas crean estímulos en el hipotálamo, el cuál, tras pasar por varias reacciones de diferentes partes del cerebro, permite que el metabolismo pueda defenderse o actuar ante las reacciones mencionadas previamente (Selye, 1956). Esta adaptación ocurre en tres tipos:

- Fase de alarma, dónde el estrés crea reacciones y contra reacciones. Se secreta acetilcolina lo cual eleva los niveles de cortisol.
- Fase de resistencia, este es llamado por Selye el estado de adaptación, dónde el contrashock o contra reacción llevan al organismo a un estado de relajación.
- Fase de agotamiento, esta etapa sucede una vez que el estado de adaptación llega al límite y no puede ser mantenida por el cuerpo.

1.5.3. Cansancio

El cansancio va de la mano con el estrés. Cada persona tiene distintos niveles de estrés por lo que cada persona se ve afectada distintamente. María Naranjo en su publicación señala que “El buen estrés es todo aquello que causa placer, todo lo que la persona quiere o acepta hacer en armonía consigo misma, con su medio y con su propia capacidad de adaptación” (Naranjo, 2009, pg. 174), explica así que también existen tipos de estrés que son buenos y van relacionados a ánimo de las personas, tal como la alegría. Por otro lado la misma autora hace énfasis sobre el “mal estrés”, indicando así que va de la mano con todo lo que displace a una persona, como la tristeza, enfermedades, etc. A esto señala que el estrés depende de cómo cada persona recibe los distintos tipos de sucesos. Bensabat (1987), menciona que existen niveles óptimos de estrés, y depende de una dosis que cada persona puede soportar.

Cada persona tendrá entonces, un umbral de estrés, en el cual determinará el tipo de reacción que el individuo tendrá al estar expuesto, valga la redundancia, a este estrés. El cuerpo, al funcionar por arriba del nivel óptimo, sufre de agotamiento es decir que la persona sufre de cansancio excesivo. Esto se debe a que sufre de altos niveles de adaptación lo cual crea demasiadas hormonas como adrenalina y cortisona, que a su vez generan distintas reacciones negativas en el organismo. El ruido al que una persona puede estar expuesta en el trabajo genera estrés y agotamiento en las personas, creando cansancio y perjudicando su rendimiento durante el día. A esto se suma el cansancio, este no se restaura fácilmente, así lo dice naranjo “La fatiga incluye un cansancio que no se restaura con el sueño nocturno, y generalmente va acompañada de nerviosismo, irritabilidad, tensión e ira” (Naranjo, 2009, pg. 175), este cansancio puede llevar a la gente a sufrir varios trastornos como depresión, insomnio o negativismo.

1.5.4. Alteración del metabolismo

Como se ha mencionado anteriormente el ruido puede ser causante de varios aspectos negativos en el cuerpo humano. Una persona expuesta al ruido constantemente, ya sea en el trabajo o en la escuela, va a sufrir de cambios del metabolismo debido a esa exposición. La alteración del sueño es uno de los actores principales en esto ya que, al no dormir bien, una persona tiende a desarrollar distintos problemas como estrés, falta de productividad, aumento de o pérdida de peso, mala alimentación, entre otros.

1.5.5. Efectos cardiovasculares

Otro de los problemas que pueden generarse es la alteración cardiovascular en las personas. A través de estudios, como la investigación del aeropuerto de los Ángeles (1980) y el estudio del aeropuerto de Múnich, se determinó que existen repercusiones en la presión sanguínea de las personas expuestas al ruido constantemente. En ese estudio asociaron el ruido como el causante del aumento en la presión sanguínea sistólica. Con respecto a esos estudios se puede ver que la exposición continua al ruido genera problemas en la presión sanguínea, lo cual a la larga podría desencadenar en problemas cardíacos debido a los altos niveles de presión arterial. Estudios de la misma índole han demostrado que existen problemas cardíacos y de hipertensión en poblaciones expuestas a ruido constante, como las poblaciones aledañas a aeropuertos (Stansfeld y Matheson, 2003).

1.5.6. Otros

Otro de los efectos causados por el ruido son los de las alteraciones psicológicas y desórdenes mentales. La exposición a ruido por parte de personas que ejercen su función en sectores laborales como en industrias, o dentro del ámbito educativo, generan varios síntomas asociados a desordenes psicológicos. Estos síntomas pueden ser: náuseas, ansiedad, cambios de humor, o dolores de cabeza. Estudios han demostrado que el ruido puede conllevar a desarrollar desordenes psicológicos, generando así varios síntomas

negativos para el cuerpo humano como el dolor de cabeza o los cambios de humor repentinos (Stansfeld y Matheson, 2003).

Por otro lado también pueden existir desórdenes mentales que son creados por la exposición contante a altos niveles de ruido. Por lo general se ha asociado al ruido emitido por aeronaves, es decir altos niveles de ruido en el medio, con desórdenes mentales. Las evidencias de síntomas que se han hallado relacionadas con el ruido son las de depresión y nerviosismo. Estos síntomas aparecen cuando el individuo no logra soportar el ruido al que está siendo sometido, lo que crea desesperación (Stansfeld y Matheson, 2003).

1.6. Daño auditivo causado por inducción de ruido

1.6.1. Peculiaridades del ruido

El ruido es un fenómeno que está presente las 24 horas del día. No es posible deshacerse de él de manera concreta. Es decir que el silencio o silencio absoluto no existe sobre la tierra. La única manera de encontrar silencio absoluto es fuera de la atmosfera terrestre, es decir en el espacio, o dentro de salas anecoicas las cuales pueden llegar a tener -10 dB en su interior provocando que sonidos como la circulación sanguínea o sistema nervioso puedan ser percibidos. Como ya se ha comentado, el ruido está presente en todos lados y a cada hora, y dependerá de su intensidad para ocasionar posibles daños auditivos o enfermedades inducidas por ruido. Los elementos que se hacen presentes al rato de hablar de daño auditivo son: la frecuencia de emisión, la intensidad, el tiempo de exposición, entre otros.

1.6.2. Frecuencias clave

Según Acton (1968), por cuestiones anatómica y fisiológicas las frecuencias entre 2 y 3 KHz son las más susceptibles a sufrir daños auditivos. De igual manera comenta que las frecuencias por arriba de los 20 KHz, para producir algún tipo de daño, deberían superar los 110 dB para lograr producir algún tipo de daño auditivo.

1.6.3. Intensidad

La intensidad se refiere, por definición, al flujo de energía a través de una unidad de área. Como lo dicen Howard y Angus en su libro “Acoustics and Psychoacoustics” (2009), la intensidad representa los watts por unidad de área de una fuente, lo que permite que la intensidad pueda relacionar al nivel de presión sonora realizando la división del área de radiación de la fuente emisora. La intensidad sonora es representada en escala logarítmica y se expresa por la siguiente formula:

$$SIL = 10 \log_{10} \left(\frac{I_{actual}}{I_{ref}} \right) \quad (\text{Ecuación 6})$$

SIL: Sound intensity level o nivel de intensidad sonora.

I_{actual}: Nivel de intensidad sonora medido [W/m²]

I_{ref}: Nivel de referencia [10⁻¹² W.m⁻²]

1.6.4. Intermitencia y tiempo de exposición

Según la Organización Mundial de la Salud, un trabajador no puede estar expuesto a niveles mayores a 85 dBA en un período de 8 horas laborales. Una vez que esos niveles sean superados el tiempo de exposición deberá ser menor antes de que una persona empiece a sufrir daños auditivos. Passchier-Vermeer (1968), en sus investigaciones, indicó que los niveles seguros eran de 80 dBA durante 8 horas, sin embargo aclaró que, por ejemplo, con niveles de 100 dBA durante 8 horas podría causar daños de hasta 40 dB entre 3,6 KHz y 6 KHz n un período aproximado de diez años. Ward (1983) mostró en sus estudios que los daños se relacionan también con el tiempo de exposición. Esto debido a que si existen exposiciones al ruido durante distintos intervalos de tiempo los daños se reducen. A esto se suma el hecho que al estar expuesto a tiempos intermitentes los músculos del oído medio pueden restablecer su fuerza lo que reduce el paso del sonido hacia la cóclea (Ward, 1983).

1.6.5. Ruido impulsivo

El ruido impulsivo es aquel ruido causado por un ruido de impacto tal como una explosión o un golpe. Este ruido puede ser causado, por ejemplo, por disparos, golpes de martillos, explosión de dinamita, choques, etc. Ya que se trata de un ruido fuerte y breve, la energía que se acumula tiene un mayor impacto en el oído de las persona, lo que puede desencadenar en un daño auditivo significativo (Brüel & Kjær, 2000).

Según Ward (1961), la zona donde existen mayores pérdidas auditivas están entre los 4 y 6 KHz. En 1983 Ward mostró que las exposiciones intermitentes pueden llegar a ser igual de peligrosas que las exposiciones continuas. Esto indicó que la energía equivalente no es la principal terminante en el riesgo del ruido continuo, pero que esta energía no puede predecir el riesgo por ruido impulsivo. Por tal motivo se determina el contenido espectral del ruido para ver los efectos sobre la audición.

1.6.6. Experiencias vividas según la edad

La exposición al ruido de una persona va a depender mucho de su edad, aunque ciertas veces esto puede variar. Esto dependerá del tipo de trabajo y entorno en el que se encuentre una persona, por lo general los jóvenes pasan la mayor parte del tiempo en institutos educativos que suponen ser más silenciosos, y por otro lado los adultos, dependiendo su trabajo, estarán más expuestos al ruido como por ejemplo un trabajador de una fábrica de automóviles.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (febrero 2013), hay un 5% de la población que sufre de alguna pérdida auditiva, y como dato señalan que en este grupo son 328 millones de adultos y 32 millones de niños con algún daño auditivo. Explican que puede ser una causa adquirida por excesos de ruido como maquinarias pesadas o música a alto volumen. Esto va de la mano con respecto a la edad, ya que una persona que trabaja en el sector industrial

estará expuesta al ruido de maquinaria pesada; y por otro lado están los adolescentes que hoy en día tienen acceso a accesorios musicales, que, por lo general, no moderan el nivel con el que escuchan música, sufriendo así daños en el oído.

1.6.7. Trastornos del oído

Chong (1978), señaló en sus estudios que los trastornos del oído son por lo general producidos en el oído medio. Estas alteraciones del oído medio provocan que la energía que se transmite a la cóclea se reduzca por el decrecimiento del flujo energético, lo que evita pérdidas auditivas por ruido. Entonces Chong dice que al existir una pérdida conductiva unilateral, el oído lesionado se verá menos afectado de pérdidas auditivas.

1.7. Protectores auditivos

Como ya se ha comentado, el ruido es un factor que está presente en todos lados y sobre todo en todas las actividades productivas. Este es un problema ya que los trabajadores son propensos a sufrir discapacidades auditivas debido a la exposición sistemática de ruido en sus actividades profesionales. Es así que es imperativo que cada trabajador, hablando del sector productivo, se proteja del ruido recibido durante sus horas laborales. Es así que el uso de protectores auditivos permiten reducir el impacto sonoro en los oídos de las personas, por ende reducir las posibles pérdidas auditivas.

Los protectores van a variar según el uso en el que necesiten ser empleados, ya que existen distintos protectores con mayores y menores niveles de atenuación sonora.

1.7.1. Tipos de protectores

El ruido varía su intensidad según el sector laboral o social, por tal motivo existen distintos tipos de protectores. Al superar los 85 dBA es necesario que una persona haga uso de estos, existen tres protectores principales que son los atenuadores de oreja, los tapones de conducto y los tapones óticos. Los protectores auditivos cumplen ciertas normativas las cuales regulan tanto la fabricación y comercialización (RD 1407/1992), como el uso de los mismos (RD 773/1997).

1.7.1.2. Atenuadores auditivos

Los atenuadores auditivos u orejeras, son protectores capaces de cubrir toda la oreja gracias a una copa tipo almohadilla de espuma. Gracias a sus propiedades elásticas la almohadilla ejerce presión para que no existan fugas de aire y por lo tanto tampoco pueda ingresar ruido a altos niveles. Estos protectores pueden atenuar hasta 40 dB y son más eficientes en las bandas de entre 1-2 KHz. Son útiles para uso de ruido intermitente, también para actividades laborales que no necesiten de elementos en la cabeza como gafas, gorras o cascos, y para trabajadores susceptibles a tener infecciones en el oído. Estos protectores son muy usados debido a su comodidad, facilidad de uso y a su adaptabilidad.



Figura 8. Atenuador auditivo

Tomado de <http://multimedia.3m.com/mws/media/893645O/3m.pdf>

1.7.1.3. Tapones de tipo óticos

A estos protectores se los llama tapones ya que su función primaria es la de taponar el conducto auditivo externo con el afán de interrumpir el flujo de energía que recibe el oído. Las características que tienen estos tapones son que su tamaño está normalizado, y se ajusta todo tipo de oreja ya que es moldeable. Estos pueden estar hechos de espuma, de goma o silicona, lo que les da sus propiedades moldeables. Su uso está diseñado para ambientes con ruido moderado, o ambientes cálidos para poder ser usado por un tiempo prolongado. Su nivel de atenuación varía entre los 25 y 30 dB cuando se hace el uso correcto de los tapones.



1.7.1.4. Protectores activos

Estos protectores tienen la característica principal de depender del nivel al cual se los expone. Lo que hacen es, gracias a una reproducción electrónica, reproducir el sonido exterior de manera controlada, es decir que su atenuación es muy significativa. Al reproducir el sonido exterior, el atenuador amplifica o limita el sonido externo de manera automática si este es muy bajo o muy alto. Ya que es un sistema eléctrico el que realiza el trabajo, estos rebajan el volumen a la entrada de los protectores, y a diferencia de los protectores pasivos estos protectores pueden atenuar las bajas frecuencias de 50 Hz a 500 Hz, lo que los hace más eficaces.



Figura 10. Protectores activos
Tomado de ebay (2015)

1.8. Reproductores y auriculares musicales

A través de los años el desarrollo tecnológico ha permitido un incremento significativo de auriculares, así como reproductores musicales. Este incremento ha ocasionado la competencia entre distintas empresas, como por ejemplo Apple, Sony, o JBL, la cuales orientan su interés al desarrollo de estos productos para tener gran presencia en el mercado. Ese interés plasmado por las empresas permite que existan distintos productos con varios diseños y tecnologías diferentes que se acoplan al gusto del consumidor.

Un auricular es un transductor electro-mecano-acústico, existen distintos tipos de auriculares lo cuales varían en tamaño, fidelidad, precios y diseño. Entre esos auriculares se encuentran aquellos que van dentro del pabellón auditivo y por otro lado se tiene otros tipos de casco. Es necesario mencionar que existen audífonos capaces de amplificar una señal, estos son usados para tratamiento de la hipoacusia, donde se desempeñan por captar, amplificar y emitir una señal (Guerrero, 2015).

Dependiendo del tipo de dispositivo los formatos de audio podrán variar. Los reproductores pueden ser portátiles como no, como un equipo de sonido de casa o un reproductor mp3 o como un iPod. Como se comentó previamente acerca de la producción de auriculares, las empresas también desarrollan día a día nuevas tecnologías para crear dispositivos capaces de reproducir las

canciones con la más alta fidelidad, como en el caso de un porta discos o un iPod que utiliza su propio formato de reproducción.

A continuación presentaremos los distintos auriculares y reproductores más usados en el mercado.

1.8.1. Tipos de reproductores

Los reproductores de audio son dispositivos que permiten al usuario reproducir música a través de este, ya sea por parlantes o por audífonos. Hoy en día los reproductores musicales más utilizados son los portátiles, como los iPods o los mp3 que remplazaron a los antiguos Discmans. Los reproductores como los mp3 e iPods corresponden a los reproductores de audio digital, y permiten alcanzar altos niveles de volumen sin perder nitidez o fidelidad. El volumen de algunos dispositivos puede alcanzar niveles de hasta 120 dBA, lo que los vuelve extremadamente peligrosos para los oídos (CCRSERI, 2008).

- Mp3: Este es un dispositivo que permite almacenar y gestionar audio digital con formato mp3. Varias marcas como Sony, Philips, etc, poseen estos dispositivos con precios no muy altos y con almacenamientos que pueden variar desde 128 MB hasta 64 GB. Su tráfico de datos se los realiza vía USB.
- iPod: Este es un reproductor portátil creado por la compañía Apple. A través del tiempo se han creado varias versiones desde simples reproductores con comando de presión hasta reproductores con pantallas táctiles. Su característica principal es que reproducen su propio formato de alta calidad llamado AAC. Sin embargo también pueden reproducir formatos MP3, WAV, AIFF, entre otros. La transferencia de datos se la realiza a través de conectores USB.
- Discman: Este es un dispositivo más antiguo el cuál reproducía la música de los CD's que se insertaban en el artefacto. Como característica es que este podía leer archivos tipo mp3 y tipo Wave.

1.8.2. Tipos de auriculares

Los auriculares son los dispositivos que nos permiten escuchar la música a través de los reproductores musicales.

- **In-Ears (figura 11):** Los audífonos o In-ears, son auriculares que se los coloca en el canal externo del oído. Su característica principal es la de reproducir el sonido de alta calidad sin pérdidas, esto dependiendo del auricular escogido. Por otro lado también generan un buen aislamiento atenuando ruidos ajenos, éste aislamiento se da gracias a una almohadilla de goma. Su deficiencia se da debido al poco rendimiento de reproducción de bajas frecuencias debido a su tamaño. A estos auriculares también se los llama audífonos “intraauriculares”.



Figura 11. In-ears Hearfine

Tomado de HearFine (2015)

- **EarBuds (figura 12):** Los earbuds son los clásicos “auriculares” o “audífonos”, son los más comercializados y populares entre la gente. Se caracterizan por ser baratos y de pequeño tamaño, y generalmente vienen incluidos al comprar un reproductor portátil de audio. Sus principales desventajas son que no poseen un buen rango de frecuencias ni buena calidad sonora. Su tiempo de vida va de la mano con el precio del dispositivo, y por último no posee un buen aislamiento.



- **Earbuds (figura 13):** estos auriculares fueron fabricados por la empresa Apple a finales del 2012. Estos dispositivos vienen incluidos con los reproductores portátiles de la misma compañía. Su principal característica es que fueron diseñados según la geometría de las orejas, dónde experimentaron con cientos de orejas para llegar a un estándar para que sus dispositivos funcionen óptimamente. Ya que se trató de un diseño complejo, los Earbuds incluyen un bass-réflex permitiendo tener una reproducción optimizada de bajos, es decir que el rango de frecuencias se extiende comparado con los viejos modelos y en comparación con auriculares normales de otras marcas. Sus ventajas principales son la capacidad de reproducir un mayor rango de frecuencias, su comodidad y la adaptación al oído. Por otro lado sus puntos negativos son su baja impedancia que provoca ruido y distorsión.



- **Clip-Ear (figura 14):** Estos audífonos son de tipo deportivos, con la cualidad de que se sujetan en la oreja y son resistentes al agua y al sudor. Como ya se mencionó, su principal ventaja es su facilidad para ajustarse a la oreja del usuario y tienen una buena relación calidad precio. Sin embargo, sus desventajas se dan por su incomodidad y su grado de dificultad para colocárselos y retirarlos, también por su bajo rendimiento en aislamiento de ruidos externos.



- **Auriculares de Bluetooth (figura 15):** Estos audífonos, como su nombre lo indica, utilizan la tecnología de Bluetooth, que se trata de una conexión y transmisión de datos sin necesidad de emplear cables de por medio. Este tipo de audífonos se los encuentra con distintos tipos de modelos y formas, así como del uso binaural o, de un solo oído. Ya que se transmiten señales inalámbricamente es necesario que tanto emisor como receptor tengan una compatibilidad de conexión, en este caso de bluetooth. Sus usos pueden ser para deportistas, así como personas que necesiten sus manos libres mientras establecen una conversación telefónica o escuchan música, como en el caso de los conductores. Sus principales ventajas se dan por su tecnología de conectividad, su comodidad y practicidad. Por otro lado sus desventajas son que necesitan ser recargados para utilizarlos, la relación calidad precio no es buena debido a que la fidelidad de audio no es la mejor, pueden existir interferencias y siempre se requiere de un emisor con tecnología bluetooth.



- **Circumaurales (figura 16):** Estos son auriculares tipo “diadema” o tipo “casco”. Estos auriculares son, por lo general, los que presentan la mejor calidad de sonido así como mejor aislamiento de ruido externo. Se caracterizan por utilizar un cable grueso para su durabilidad. Son usados

en diversas áreas como para sonido en vivo, Disk Jockey, mezcla de producciones discográficas en estudios de grabación, entre otros. La desventaja que suelen tener estos auriculares es que su precio en el mercado es bastante elevado, y también poseen un gran tamaño.



Figura 16. Over- head marca Sony
Tomado de Sony (2016)

- **Supra-Aurales (figura 17):** estos auriculares son los más populares entre los distintos tipos de audífonos que existen en el mercado. Se caracterizan por su tamaño, el cual es ideal para caber en el pabellón auditivo, y por su comodidad. En el mercado existen varios modelos con distintos diseño, y su calidad sonora va de la mano con el precio del dispositivo. Su aspecto negativo es que su nivel de aislamiento sonoro es pobre, y sus niveles de presión sonora suelen ser medianamente inferiores a los otros auriculares del mercado.



Figura 17. Auriculares Sony MDRZX600L
Tomado de auricularesycascos.com (2016)

1.8.3. Tipos de equipos usados para reproducción musical

Aunque existe una gran lista de equipos de reproducción musical, los dispositivos típicos que las personas encuestadas hacen uso son los iPod's, pequeños dispositivos mp3, y por últimos sus celulares o Smart Phones. Todos estos dispositivos entran dentro de la tecnología actual cuyos niveles de reproducción son muy similares. Lo que varía son los auriculares, ya que según el modelo y calidad el nivel de reproducción sonora puede ser más bajo mientras mejores sean los audífonos. Sin embargo muchas personas, tanto Ingenieros como Músicos no poseen auriculares de gama alta, esto hace que el nivel de reproducción empleado pueda ser más alto ya que estos dispositivos requieren de mayor volumen para alcanzar una calidad aceptable.

2. MÉTODO Y DESARROLLO

2.1. Modelo de encuestas

El objetivo primario del estudio es el de relacionar las posibles pérdidas auditivas encontradas en Ingenieros de Sonido y Músicos. Por tal motivo se realizarán encuestas que acompañen las audiometrías, para conocer distintos puntos tales como la edad, el sexo, el tiempo de exposición con audífonos, el tipo de protección auditiva, entre otros. La encuesta será entregada al momento en el que el sujeto de experimento pase a realizarse la audiometría, la cual deberá ser completada. Serán un total de ocho preguntas las cuales comprenderán distintos enunciados que permitirán obtener datos concretos para el tema de estudio (ANEXO 6).

2.2. Parámetros para medición del oído Humano

El oído humano es único, y a diferencia de otros órganos del cuerpo, una vez que sufre algún tipo de traumatismo el daño es irreversible. Para determinar si una persona tiene algún tipo de acúfeno en su oído es necesario implementar una serie de exámenes con el afán de verificar la salud del órgano.

Existen varios exámenes realizados a un paciente que acude a un otorrinolaringólogo, el primero es la cita para conocer acerca de las inquietudes de un paciente. El siguiente paso se trata de una otoscopia, que se la realiza con un aparato que ilumina la zona del oído externo y facilita su visualización, este es un examen de tipo visual que permite conocer la cantidad de cerumen o alguna lesión en el tímpano. Si una persona presenta una hipoacusia leve esta puede deberse a la acumulación de cerumen o cera en el conducto del oído externo. En ese caso se puede realizar un lavado de oído para tratar de resolver su problema. Al presentarse una falencia auditiva después del examen de lavado la persona deberá ser sometida a otro tipo de evaluaciones auditivas.

Si la molestia persiste, entonces el sujeto puede presentar problemas en el oído interno por lo que existen exámenes específicos para determinar su grado

de pérdida auditiva o el tipo de pérdida que posee la persona en distintas bandas de frecuencias y para ambas orejas, este examen se lo llama audiometría.

Siguiendo la normativa AMA 909 los resultados audiométricos serán calculados a través de globales determinados por la oreja derecha y la izquierda. La norma nos guía gracias a una tabla con valores porcentuales que serán remplazados según la frecuencia y la intensidad presentada en la audiometría (ANEXO 5).

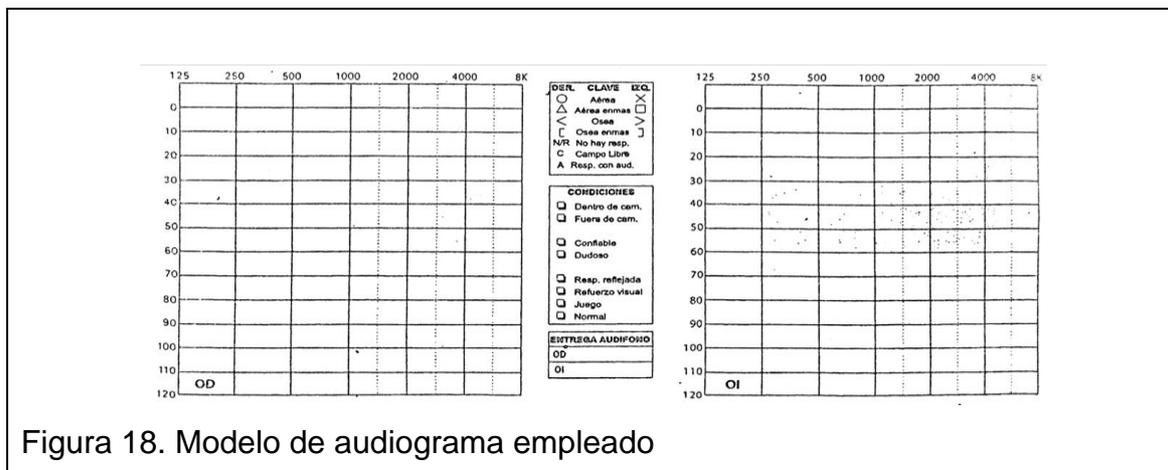
2.2.1. Audiometría

La audiometría es conocida en estos días como un examen médico para determinar la calidad con la que una persona escucha. En el libro Acústica y Audiometría (Boix, 2013) se define el concepto de la siguiente manera: “Se entiende por Audiometría un conjunto de técnicas que permiten apreciar la agudeza auditiva y determinar la magnitud de esta relación con las vibraciones acústicas que llegan al oído, y por lo tanto, poder cuantificar las posibles eficiencias en su funcionamiento” (Boix, pg. 99, 2013).

Para las pruebas audiométricas del estudio se hará uso del audiómetro marca MAICO MF7. Este audiómetro sirve para realizar exámenes tanto en recintos aislados como para realizar exámenes de campo. El equipo se lo calibró con equipos especializados por parte de laboratorios de Pro Audio. El equipo audiométrico fue facilitado gracias al apoyo de la fundación Vivir la Sordera de la ciudad de Quito, Ecuador.

2.2.2. Modelo de audiograma

Cada prueba audiométrica debe arrojar resultados individuales para cada oreja. Estos resultados serán presentados por tablas de frecuencias vs intensidad sonora en decibeles y siguen el modelo común de audiogramas. Para la oreja derecha se marcará cada resultado con un círculo, mientras que para la oreja izquierda se usará una equis para marcar cada resultado. A continuación se presenta el modelo de audiograma utilizado.



El audiograma está compuesto por dos gráficos que sirven para marcar el grado de pérdida auditiva en cada oído. Se marcan las siglas OD para oído derecho y OI para el izquierdo. Estos gráficos están realizados con la pérdida auditiva en dB en función la frecuencia en Hz. Para el oído izquierdo se marca con una equis el punto en el cual el paciente perciba el tono emitido, mientras que para el oído derecho se marca ese valor con un círculo.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

El caso de estudio e investigación se lo hará dentro de la Universidad de la Américas. Para este caso se tomarán en cuenta a los Músicos e Ingenieros de la Universidad (el cuál comprende de estudiantes y profesores). Gracias a datos proporcionados por la Universidad se obtuvieron el número de estudiantes por carrera. Para la carrera de Música está conformada aproximadamente por un total de 414 alumnos, mientras que en la carrera de Ingeniería en Sonido figuran una cantidad aproximada de 658 estudiantes entre graduados y actuales hasta la fecha. Para obtener nuestra población total sumamos esos valores obteniendo así un total de 1072 personas.

2.3.2. Obtención de la muestra

$$n = \frac{k^2 pqN}{(e^2(N-1)) + k^2 qp} \quad (\text{Ecuación 7})$$

k : es la constante que depende del nivel de confianza. En este caso tenemos una confianza del 95% lo cual corresponde a $k=1,96$.

N : es el tamaño de la población o el número total de posibles encuestados, también se lo conoce como universo.

p : Se refiere al porcentaje estimado de éxito, para este caso se estima que será de 50%, es decir de 0,05.

$$q = 1 - p$$

e : es el error muestral deseado, y se lo establece en 5% o 0,05.

$$n = 283$$

Conforme con la ecuación 7, la muestra estará conformada por un total de 283 personas. Ya que se desea tener un número parejo de encuestas entre profesiones se tendrán alrededor de 142 encuestas por profesión.

2.4. Mediciones

2.4.1. Medición de ruido de fondo

Según la norma ISO 8253-1-2011 la audiometrías a realizarse en cámara deben cumplir ciertas condiciones, una de las principales es la de respetar los niveles de ruido de fondo mínimos para realizar el examen audiométrico. Para el ruido de fondo los valores que se midan no deberán sobrepasar los valores establecidos por los valores de la siguiente tabla.

Tabla 5. Valores máximos de ruido para realizar audiometrías

Frecuencia central de banda de 1/3 de octava Hz	Niveles máximos de presión sonora permitidos para ruido ambiental L _{max} (ref 20 Pa) dB		
	Banda de frecuencias para prueba		
	125 Hz a 8000Hz	250 Hz a 8000 Hz	500 Hz a 8000 Hz
31,5	56	66	78
40	52	62	73
50	47	57	68
63	42	52	64
80	38	8	59
100	33	43	55
125	28	39	51
160	23	30	47
200	20	20	42
250	19	19	37
315	18	18	33
400	18	18	24
500	18	18	18
630	18	18	18
800	20	20	20
1000	23	23	23
1250	25	25	25
1600	27	27	27
2000	30	30	30
2500	32	32	32
3150	34	34	34
4000	36	36	36
5000	35	35	35
6300	34	34	34
8000	33	33	33

Tomado de Ambientes Acústicos en Cabinas de Pruebas (2010)

Las mediciones de ruido de fondo serán realizadas dentro del laboratorio ACUSLAB del aula EG1 de la Universidad de las Américas. Las mediciones serán tomadas previamente al examen de las audiometrías.

2.4.2. Niveles de reproducción

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el nivel de salida de los reproductores personales está entre 75 dB y 136 dB, y estos varían dependiendo la calidad de audífonos y del reproductor. Según informes de la OMS, basta con escuchar 15 minutos de música con los audífonos a un nivel de 100 dB, para comparar la exposición de un trabajador industrial expuesto a 85 dB en una jornada de 8 horas. Con unos audífonos estándar tales como los earpods, la salida a nivel máximo puede llegar a los 105 dB, lo cuál implica que una persona puede escuchar a ese nivel durante cuatro minutos antes de empezar a presentar pérdidas auditivas.

2.4.3. Test de audiometría a sujetos experimentales

El test audiométrico se lo realizará dentro del aula EG1 en el laboratorio Acuslab. Este laboratorio cumple la función de una cámara semi-anecoica, por lo que posee los parámetros de ruido de fondo necesarios para la realización del test. La prueba se complementa por el usuario y el operador, ésta consiste en que el usuario se coloque unos audífonos especiales para ser usados con el audiómetro. El operador generará tonos puros en distintas frecuencias para cada oreja, de igual manera irá variando la intensidad de los tonos según la respuesta del usuario al escuchar el sonido. La respuesta que será anotada en el audiograma corresponderá al valor mínimo que el usuario haya respondido.

2.5. Rangos auditivos

La pérdida auditiva se la determina gracias a ciertos rangos de audición de cada persona. Estos rangos están dados en decibeles, mientras más alto sea el rango, entonces la pérdida se verá más acentuada. Según el Dr. San Martín (s.f) el umbral auditivo según el tipo de hipoacusia es el siguiente:

1. Normal: 0-20 dB.
2. Hipoacusia leve: 20-40 dB.
3. Hipoacusia moderada: 40-60 dB.

4. Hipoacusia severa: 60-80 dB.
5. Hipoacusia profunda: 80 dB o más.

2.6. Tablas de exposición de niveles de reproducción determinados

Gracias al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) a través del decreto 2393 “REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO”, nos entregan la tabla de relación entre el nivel sonoro y el tiempo de exposición. A continuación la tabla correspondiente a dicha relación.

Tabla 6. Dosis de exposición según el Decreto Ejecutivo 2393

Nivel sonoro (dBA-Lento)	Tiempo de exposición máxima por jornada (horas)
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	0.125

Tomado de IEES.com (2014)

La Organización Mundial de la Salud también ofrece una tabla con dosis de exposición según la intensidad sonora. La tabla se establece gracias al “*Draft Secretarial proposal for noise rating numbers with respect to conservation of hearing, speech communication and annoyance* (ISO/TC 43 (Secretaría 194) 314” (Guerrero, 2015). A continuación la tabla.

Tabla 7. Índice de exposición admisible en función de períodos de exposición a ruido continuo.

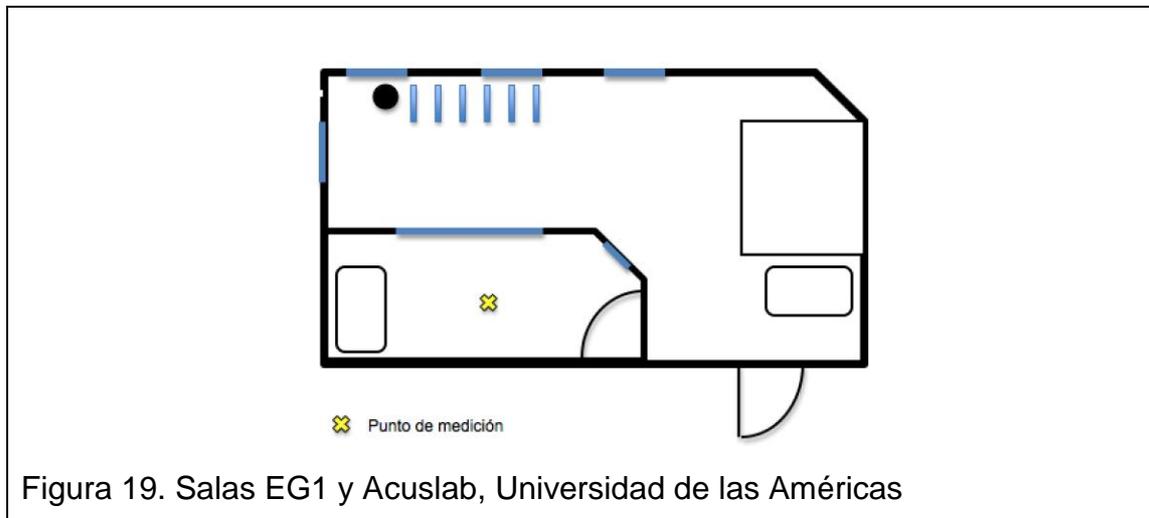
Nivel de presión sonora (dB)	Exposición diaria (min)
85	Más de 120
90	Menos de 120
95	Menos de 50
100	Menos de 25
105	Menos de 16
110	Menos de 12
115	Menos de 8
120	Menos de 5

Tomado de OMS (2013)

2.7. Recintos utilizados

2.7.1. Descripción de recintos usados para la prueba

El recinto usado para las pruebas audiométricas fue el llamado Acuslab. Este recinto cumple con la función de una cámara semi-anecoica, por lo tanto su diseño está hecho con material absorbente para reducir la reverberación de la sala y para reducir los ruidos externos a ésta. Ya que se trata de una cámara semi-anecoica, el acondicionamiento e aislamiento no es total, sin embargo sus propiedades sirven para cumplir con las condiciones de los exámenes audiométricos.



La sala donde se realizaron las audiometrías tiene las siguientes medidas 4,8 m de largo, 2,8m de alto y 3,8m de ancho. El volumen de la sala es de 38,5 m³. Se realizó un modelo en 3D gracias al software de modelación Google Sketchup.

2.7.2. Cabinas audiométricas

La cabina audiométrica se refiere a un espacio físico que permita aislar el ruido externo y al mismo tiempo debe estar acondicionado para controlar los altos niveles de reverberación. Estos espacios no necesitan ser extremadamente amplios ya que solo es necesario que entren como máximo dos personas. Generalmente la persona a la cual se la realiza el examen audiométrico entra sola a la cabina, mientras el controlador está en otra habitación controlando el audiómetro y dando las respectivas ordenes al paciente. Es importante que los dispositivos electrónicos sean apagados para que no interfieran con los resultados del examen. Los ruidos de fondo deben ser respetados según la norma BS EN ISO 8253-1, la cual nos presenta tablas con los valores máximos que no podrán ser excedidos por el ruido de fondo.

La cabina que se usó fue el aula Acuslab, que cumple con función de laboratorio de medición o cámara semi-anecoica. Se tomaron la mediciones de ruido de fondo y se las comparó con las tablas de las norma ISO 8253-1 (tabla

3), los valores obtenidos están dentro de los valores normados por lo que las audiometrías pudieron ser realizados dentro de dicha aula.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Informe de las encuestas

Las encuestas se realizaron dentro del aula Acuslab de la Universidad de las Américas. Como objetivo de optimizar el caso de estudio, se procedió a usar este espacio para que cada persona rellene el cuestionario y tome el test audiométrico. En total se realizaron alrededor de 285 audiometrías y encuestas. Por falta de colaboración de ciertas personas no se logró obtener el mismo número de Músicos e Ingenieros. La muestra para Ingenieros fue de 157 y la de los Músicos fue de 128.

3.1.1. Edad, sexo y actividad laboral

Una vez realizadas las encuestas se obtuvo un rango de edad que van desde los 16 años hasta los 46 años. Revisando la cantidad de personas según el género y su profesión tenemos algunos datos que son: para Ingenieros un total de 143 hombres y 16 mujeres. Por el otro lado para Músicos tenemos una cantidad de 98 personas de género masculino y 30 de género femenino. Al realizar los promedios correspondientes del total, encontramos que el 16% de los encuestados pertenecen al género femenino, mientras que el 84% corresponde al género masculino. Esto muestra que la cantidad de Ingenieros y Músicos en la Universidad de las Américas está conformada en su gran mayoría por hombres. Estos datos pueden ser visualizados en la siguiente tabla.

Tabla 8. Correlación de datos según la edad, la profesión y el género

Edad	Ingeniero		Músico	
	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino
16-19	30	3	11	5
20-24	79	9	55	22
25-29	26	2	17	3
30-34	4	1	7	0
35-39	2	1	6	0
40 o más	0	0	2	0

3.1.2. Antecedentes patológicos familiares

UN antecedente familiar como por ejemplo sordera de parte de alguno de los padres puede repercutir en que el hijo herede esa patología. Por tal motivo fue necesario recolectar tal dato para poder descartar a uno de los encuestados si es que posee algún tipo de pérdida auditiva por un antecedente familiar.

Tabla 9. Antecedentes presentados por los encuestados

		Profesión		Total	Total (%)
		Ingeniero	Músico		
Antecedentes	No	148	113	261	92
	Si	9	15	24	8
Total		157	128	285	100

El porcentaje de personajes que poseen alguna clase de antecedente familiar es mínimo, este corresponde al 8% del total de encuestados, es decir incluyendo Músicos e Ingenieros. Aunque este número es relativamente bajo, permite justificar las posibles falencias encontradas en los resultados audiométricos. Gracias a las encuestas se pudo determinar el tipo de antecedente que cada persona posee. A continuación la tabla con el tipo de antecedente presentado (ANEXO 1).

Tabla 10. Tipo de antecedente sufrido en función de la profesión

	Profesión		Total	Total (%)
	Ingeniero	Músico		
Pérdida auditiva padre	0	3	3	12
Pérdida auditiva abuelos	2	9	11	44
Tinnitus padre	2	1	3	12
Pérdida auditiva a temprana edad	1	1	2	8
Lesión tímpano	1	2	3	12
Pérdida auditiva parcial de una oreja	1	0	1	4
Problemas a nivel coclear	1	0	1	4
Pérdida de células ciliadas	1	0	1	4
Global	9	16	25	100

Se aprecia que en total se obtuvieron 9 tipos de antecedentes. Entre estos, los más comunes son por pérdida de parte de los abuelos con el 44%, sin embargo este dato no perjudica los resultados ya que la pérdida en personas mayores es un proceso natural del Ser Humano llamado presbiacusia. Por otro lado, con un 12% se tiene los antecedentes de Tinnitus y pérdida temprana de parte del padre. En caso de encontrar problemas en las pruebas audiométricas se podrá considerar que los antecedentes influyen directamente en los resultados. Cada antecedente permitirá entonces poder relacionar el mal uso de los audífonos en caso de que la persona sufra de un daño auditivo.

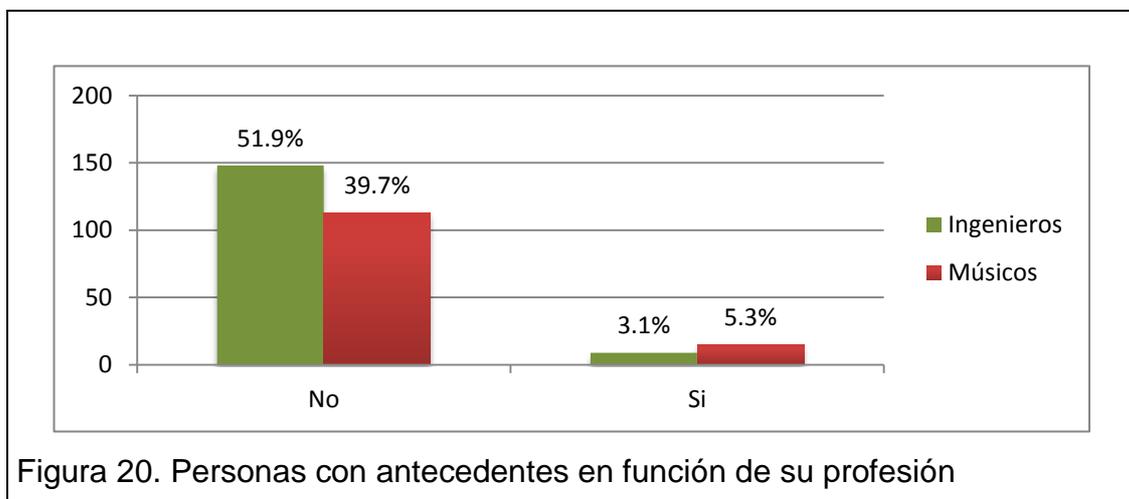


Figura 20. Personas con antecedentes en función de su profesión

Se observa que los antecedentes que presentan los músicos e Ingenieros son relativamente bajos. La muestra total comprende a 285 personas, y todas las que respondieron que tienen antecedentes son un total de 24 personas. Este es un indicador que puede servir para los resultados finales ya que si las personas presentan pérdidas auditivas pueden ser asociadas debido a su tipo de antecedente, y nos deja todavía un grupo grande de personas para poder relacionar el mal uso de audífonos con posibles falencias auditivas. A continuación se presentarán en un gráfico de barras los tipos de antecedentes sufridos por las personas (figura 21).

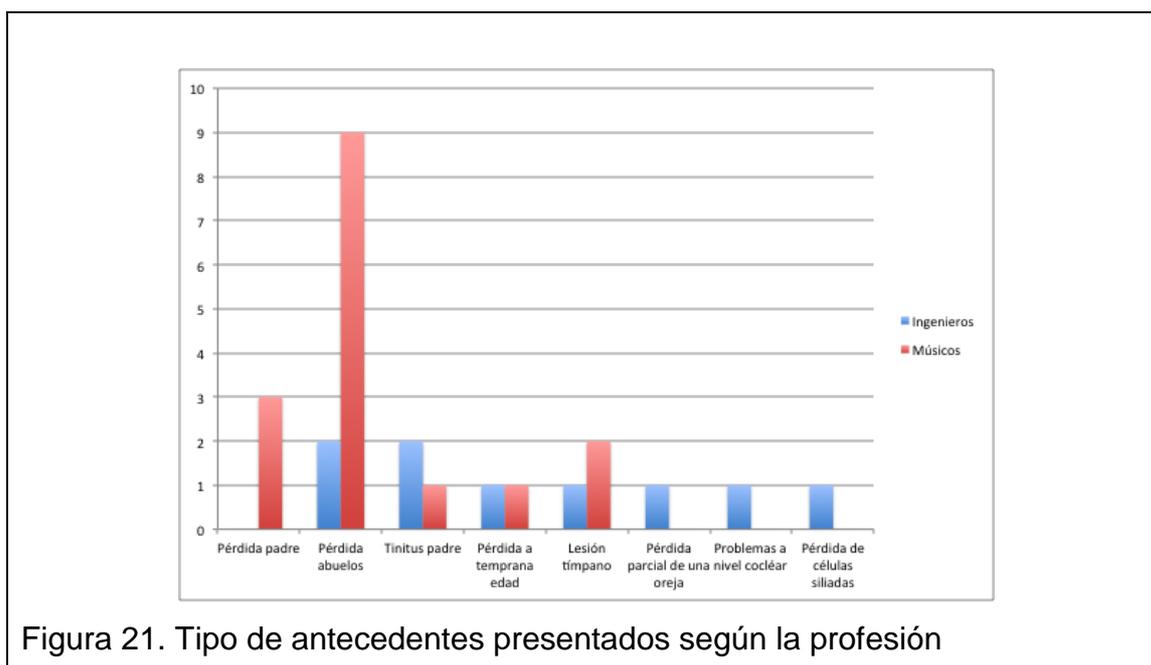


Figura 21. Tipo de antecedentes presentados según la profesión

3.1.3. Antecedentes o dificultades personales

Una persona puede presentar dificultades auditivas como sorderas leves, problemas de inteligibilidad de la palabra, entre otros. Estos problemas pueden estar relacionados a distintos tipos de antecedentes como por ejemplo explosiones, disparos, música con volumen excesivos, entre otros (tabla. 10).

Tabla 11. Dificultades auditivas presentes

		Profesión		Total (%)
		Ingeniero	Músico	
Dificultad	No	123	92	75
	Si	34	36	25
Total		157	128	100

Las dificultades auditivas representan el 25% del total de los encuestados, es decir que un cuarto de nuestro universo posee una dificultad auditiva. Dentro de este porcentaje podemos decir que el 49% de Ingenieros ha sufrido un tipo de dificultad auditiva, mientras que el 51% de Músicos también ha sufrido de algún tipo de dificultad auditiva. Esto muestra que en ambas profesiones la probabilidad de sufrir algún problema auditivo es medianamente elevado y no dependiente necesariamente del tipo de profesión. Al comparar con los valores de pérdidas globales podremos determinar qué profesión es más susceptible a presentar hipoacusias, y si estas se relacionan al manejo equivocado en los niveles de reproducción sonora con los auriculares.

Dentro de este grupo de personas con dificultades, cada persona debió explicar el problema sufrido. En dicha categoría los encuestados debieron elegir entre traumas sufridos como disparos, explosiones, accidente o golpes, concierto o auriculares (tabla 12). Los conciertos e auriculares se los toma en cuenta ya que en dichos eventos los equipos pueden alcanzar niveles muy altos causando daños auditivos, de la misma manera los auriculares pueden

alcanzar altos niveles por usos indebidos del usuario. En caso de que el usuario no haya seleccionado ninguna de las opciones anteriores, éste debía escribir el tipo de problema sufrido como por ejemplo una explosión o un golpe en el oído. A continuación se presenta una tabla con los problemas sufridos y los porcentajes en relación a la población total de la muestra.

Tabla 12. Tipo de dificultad sufrida por los encuestados

			Profesión			
			Ingeniero	%	Músico	%
Explosión	No	Recuento	156		122	
	Si	Recuento	1	0.35	6	2.11
Disparo	No	Recuento	153		126	
	Si	Recuento	4	1.40	2	0.70
Accidente	No	Recuento	154		126	
	Si	Recuento	3	1.05	2	0.70
Concierto	No	Recuento	148		119	
	Si	Recuento	9	3.16	9	3.16
Auriculares	No	Recuento	154		109	
	Si	Recuento	3	1.05	19	6.67

El porcentaje más alto que se encontró fue de 6,67% para los Músicos en cuanto a un mal uso o accidente sufrido con auriculares. Comparado con el 3% de posible daño causado por auriculares en Ingenieros, podemos ver que en esta profesión el posible uso de audífonos sea inferior al de los Músicos. De igual manera estos datos arrojan la posibilidad de que los Músicos escuchen música a mayor volumen que los Ingenieros por ende se tiene una probabilidad más alta en sufrir daños por causa de auriculares en la profesión de la música.

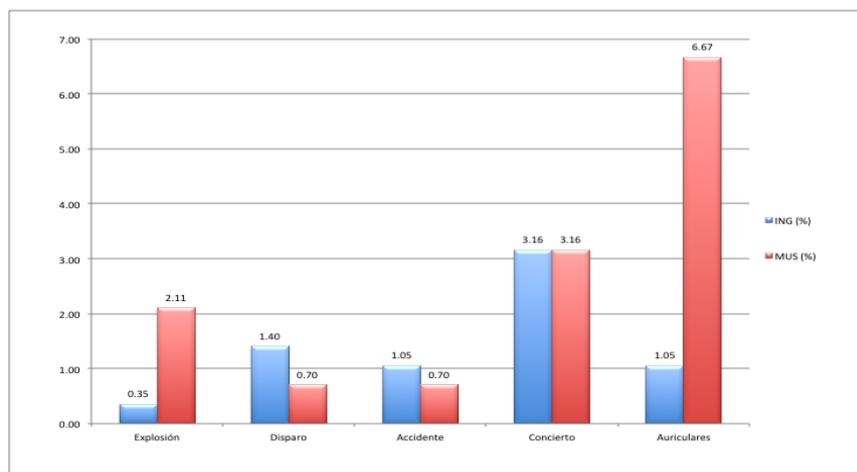


Figura 22. Porcentajes del tipo de dificultad sufrida por los sujetos experimentados

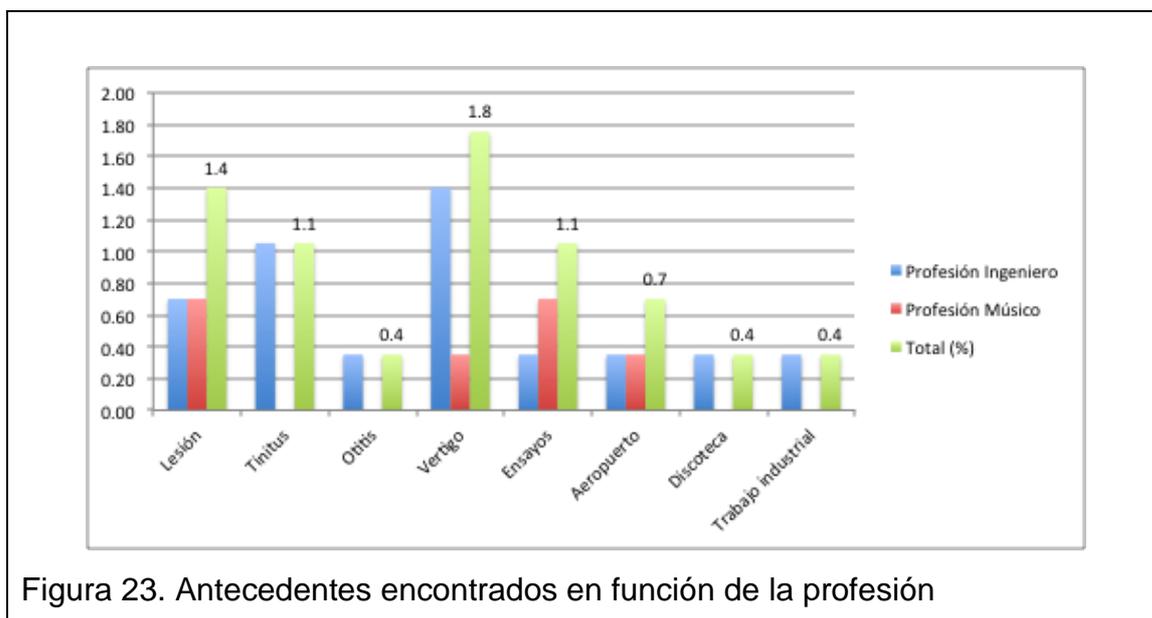
3.1.4. Antecedentes y actividades extras

Otro de los antecedentes que una persona puede tener podría ser por algún tipo de actividad que haya realizado anteriormente, como por ejemplo trabajo industrial, haber vivido cerca un aeropuerto, entre otros. De igual manera las enfermedades como tinnitus, ótitis, o vértigo pueden ser un antecedente importante para determinar una posible pérdida auditiva (tabla 13).

Tabla 13. Antecedentes y actividades extras

			Profesión			
			Ingeniero	%	Músico	%
Antecedentes	Lesión	Recuento	2	0.70	2	0.70
	Tinnitus	Recuento	3	1.05	0	0.00
	Otitis	Recuento	1	0.35	0	0.00
	Vértigo	Recuento	4	1.40	1	0.35
Actividades extras	Ensayos	Recuento	1	0.35	2	0.70
	Aeropuerto	Recuento	1	0.35	1	0.35
	Discoteca	Recuento	1	0.35	0	0.00
	Trabajo industrial	Recuento	1	0.35	0	0.00

Para los antecedentes presentados, se notó que los porcentajes son relativamente bajos. El porcentaje más alto es de 1,4% y corresponde a vértigo sufrido por los Ingenieros, es decir que en estos antecedentes toman partida las enfermedades como el vértigo. Por otro lado, para los Músicos el porcentaje más importante fue el antecedente por los ensayos que corresponde al 0,7%, el cuál es bajo pero sigue teniendo peso dentro de los Músicos.



Se puede ver que muchas de las personas se han expuesto diariamente a distintos ruidos generados por varios tipos de fuentes. De igual manera muchos han tenido alguna clase de lesión o han sufrido alguna clase de enfermedad como Tinnitus, Otitis o vértigo. Dejando de lado a las personas con lesiones o enfermedades relacionadas a los oídos, podemos observar un porcentaje importante en cuanto a los ensayos musicales 0,7%. De estos resultados se puede arrojar la conclusión de que los músicos no se protegen los oídos al momento de ensayar, lo cuál perjudica directamente al oído de estas personas. A este grupo de personas se los puede excluir ya que presentan antecedentes lo cuál perjudicaría, teóricamente, los resultados audiométricos. Pese a eso es probable que incluso con aquellos antecedentes las personas posean un umbral auditivo normal.

3.1.5. Niveles sonoros comúnmente utilizados

Tabla 14. Niveles sonoros según los porcentajes utilizados

		NPS según el porcentaje de salida(dB)
Nivel	20%	55
	40%	65
	60%	80
	80%	90
	100%	115

La tabla anterior nos muestra los niveles promedios de salida de los reproductores sonoros como mp3 o iPods. Estos son, generalmente, los niveles empleados por los usuarios de los dispositivos para reproducir música. Los valores presentados nos sirven como indicadores y así poder referencia los valores porcentuales en valores reales cuantificados en dB. Entre estos indicadores los niveles como por ejemplo 80 % y 100% son suficientes para causar problemas auditivos en las personas, el 60% aunque también dañino dependerá del tiempo de exposición. La relación fue hecha gracias al gráfico de nivel salida en distintos dispositivos (ANEXO 2).



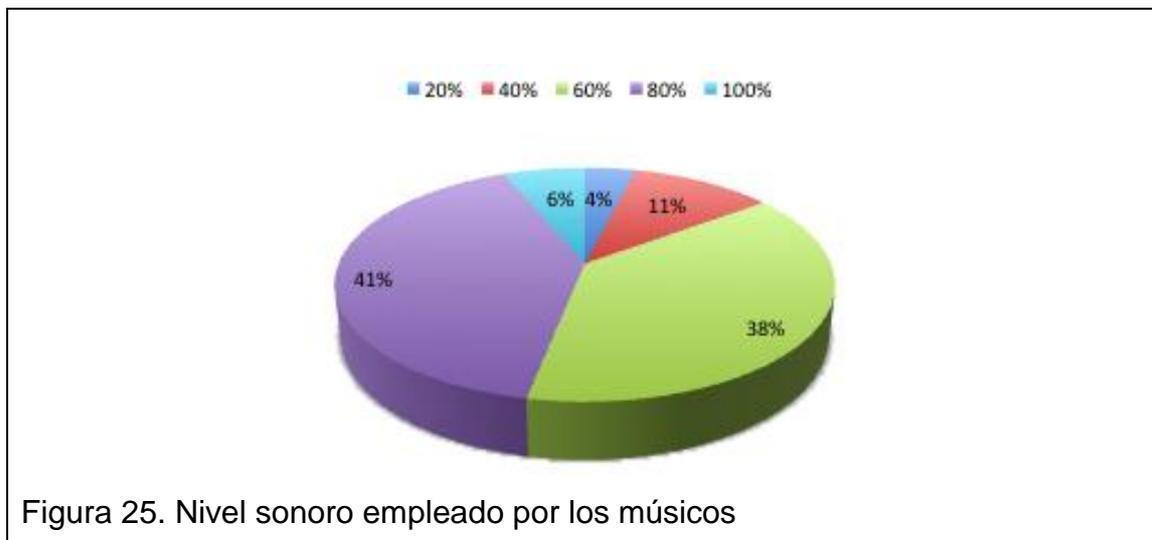
Figura 24. Pastel que indica la distribución de los niveles sonoros empleados por los Ingenieros

La distribución de la figura 24, muestra los niveles empleados por los Ingenieros al escuchar música con sus audífonos. Se nota que la mayoría de personas en esta profesión escucha con un volumen de 60% lo que equivaldría más o menos a 80 dB, valor que es elevado y que con una exposición larga podría causar daños. Sin embargo con un total de 34% los Ingenieros respondieron que escuchan música con sus audífonos a un nivel aproximado a 90 dB o 80% en los reproductores musicales. Este valor indica que pese a que los Ingenieros son cuidadosos, igual acostumbran a escuchar a niveles altos, y dependerán de los tiempos de exposición a esos niveles para crear ciertos grados de hipoacusias o no (tabla 15).

Tabla 15. Tiempos de exposición con los niveles de reproducción más altos

Ingenieros	Exposición (h)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	
60%	Recuento	23	18	4	7	2	3	0	0	1	0	1	0
	n %	14.6	11.5	2.5	4.5	1.3	1.9	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6	0.0
80%	Recuento	15	17	6	11	2	0	0	1	0	2	0	0
	n %	9.6	10.8	3.8	7.0	1.3	0.0	0.0	0.6	0.0	1.3	0.0	0.0
100%	Recuento	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	n %	1.3	1.3	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

En la tabla 15 se presentan los tiempos de exposición de las personas con los tres niveles más altos es decir 60, 80 y 100%. El porcentaje más alto lleva la gente que reproduce su música con nivel del 80% durante dos horas. Al revisar los globales de pérdidas podemos ver distintos datos, la mayoría no posee antecedentes ni dificultades auditivas, sin embargo hay valores de pérdidas de 0.8, 1, 1.3, 1.5 y 2.5% lo cuál indica que estas personas tienen pérdidas auditivas mínimas que son corroboradas debido al nivel usado por sus auriculares.



El pastel de la figura 25 permite observar que la distribución para los Músicos es mucho más importante con los niveles de 60%, 80% y 100% en comparación a la de los Ingenieros. Entonces en esta profesión la tendencia por escuchar música a mayor intensidad es más frecuente. Con el 41% los Músicos que escuchan a volúmenes bastante elevados con sus audífonos, esto podría fácilmente causar algún tipo de hipoacusia. El tipo de datos encontrados pueden ser explicados debido a que los Músicos escuchan música más seguido debido a sus actividades como interpretar canciones o aprenderlas, lo cuál conlleva varias horas de escucha.

Tabla 16. Exposición de parte de los Músicos ante niveles sonoros más elevados

Músicos	Exposición (h)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	
60%	Recuento	23	18	4	7	2	3	0	0	1	0	1	0
	n %	10.2	4.5	5.7	4.5	5.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
80%	Recuento	15	17	6	11	2	0	0	1	0	2	0	0
	n %	4.5	11.5	5.1	2.5	3.8	1.9	0.0	1.3	0.0	1.3	0.6	0.6
100%	Recuento	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	n %	0	1	0	2	0	1	1	0	0	0	0	1

Los tiempos de exposición sonora con auriculares mayormente empleados oscilan entre 1 y 4 horas. Para el caso de exposición a todo volumen podemos

encontrar un total de 12 personas. Para estas personas la posibilidad de sufrir pérdidas auditivas es alta por el hecho de escuchar a tal nivel (tabla 16).

3.1.6. Sistema de protección o cuidados empleados

La protección auditiva es de suma importancia, por lo que se puso énfasis en este punto. De esta forma se puede saber el cuidado que lleva tanto el Músico como el Ingeniero.

Tabla 17. Uso de protección auditiva según la profesión

			Profesión	
			Ingeniero	Músico
Protección	No	Recuento	96	75
	Si	Recuento	61	53

Gracias a la tabla 17 podemos observar que tanto Músicos como Ingenieros, en su mayoría, no hacen uso de protectores auditivos. Dentro de nuestro universo esto equivale a que el 33,1% de Ingenieros no hace uso de protectores auditivos en comparación al 26,3% de Músicos. Pese a que el porcentaje de Ingenieros es mayor no muestra necesariamente que tendrán más problemas auditivos ya que como vimos anteriormente en esta carrera los niveles de reproducción musical con audífonos es mucho más baja en comparación a la empleada por los Músicos.

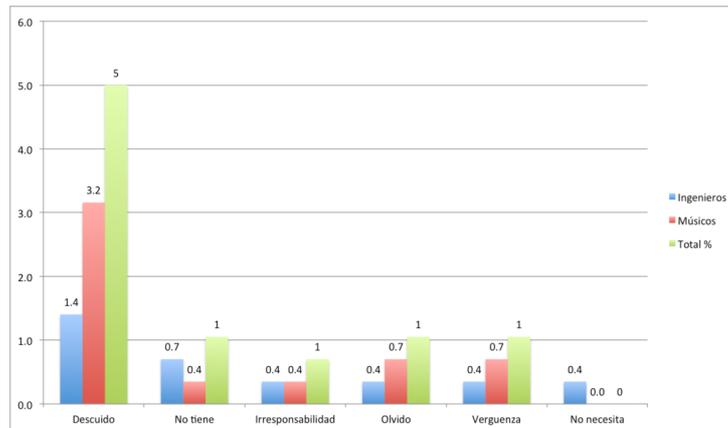


Figura 26. Razones de la falta de uso de protección auditiva según la profesión

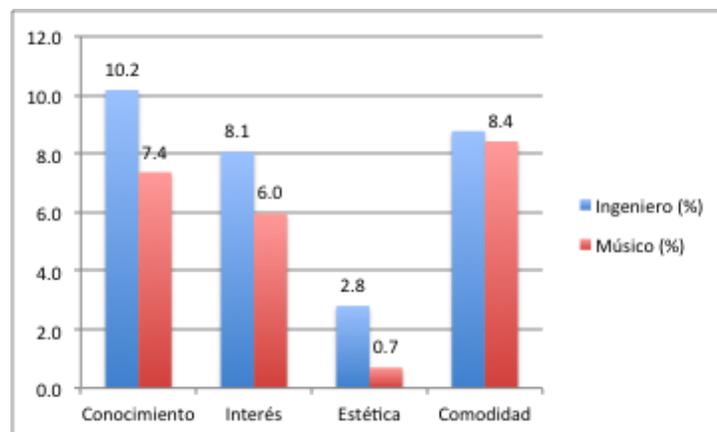


Figura 27. Motivos de la falta de uso de protección auditiva

Los gráficos muestran como existe una falta de preocupación en cuanto al uso de protección auditiva como por ejemplo tapones. En ambas profesiones los datos son similares. El mayor valor es de 10,2% (figura 27) debido a la falta de conocimiento acerca de protectores auditivos. De igual manera existe una falta de interés así como el factor de comodidad. Estos resultados pueden ser motivo de la falta de concientización de parte de entidades públicas así como educativas que no hacen énfasis acerca de la importancia de cuidar los oídos.

3.2. Audiometrías

3.2.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos de pérdidas auditivos se los expresa en valores porcentuales. Cuando se tiene un valor mayor a 0% entonces se puede decir que existe un cierto porcentaje de pérdida auditiva en una persona. La tabla 18 muestra la cantidad de Ingenieros y Músicos con porcentajes mayores y menores a 0%.

Tabla 18. Personas que sufren pérdidas auditivas globales mayores a 0%

	Pérdida Global > 0%				Totales (%)
	Profesión				
Recuento	Ingeniero	%	Músico	%	
n > 0%	73	46	85	66	55
n <= 0%	84	54	43	34	45

El total de personas con porcentajes superiores al 0% es de 158 personas lo cual equivale al 55% de la muestra total. Separando según oficio tenemos un total de 73 personas para Ingenieros representando por el 46% del total de personas de esta profesión, y 26% de la muestra total. Por otro lado para los músicos obtenemos un total de 85 individuos o 66%, y equivale al 30% de la muestra total. Para que la pérdida global sea válida es necesario que cada individuo tenga por lo menos 1%, sin embargo en este grupo están incluidas todas las personas con cualquier valor superior a 0%. Más adelante presentaremos el número de personas que poseen una pérdida real.

Ya que se desea conocer el tipo de hipoacusia o grado de hipoacusia presentado en las personas, se muestra una relación de porcentaje con el tipo de hipoacusia presentado (tabla 19). De esta manera se puede saber el tipo de hipoacusia que presenta una persona si es el caso.

Tabla 19. Interpretación de pérdidas globales

	Grado de pérdida	Tipo de hipoacusia
Clase 1	0 (%)	Nula
Clase 2	1-24 %	Leve
Clase 3	25-49 %	Moderada
Clase 4	50- 70 %	Severa

Gracias a estos valores se puede clasificar y determinar el tipo de daño auditivo que va a tener la persona. Se realizaron 285 audiometrías, de las cuales 157 pertenecen a los Ingenieros y 128 a los Músicos. Cada audiometría iba acompañada de una encuesta para poder relacionar alguna posible hipoacusia con el mal uso de los audífonos. En la siguiente tabla se presentan los valores de pérdidas globales máximos y mínimos de pérdidas globales encontradas, no se expresan en porcentajes. De igual manera se tiene su media, su desviación estándar y su varianza. La suma representa a la suma de todos los valores de pérdidas globales obtenidos (tabla 20).

Tabla 20. Tabla de estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar	Varianza
Pérdida Oído Derecho (%)	285	0,00	87,60	391,30	1,3730	7,16099	51,280
Pérdida Oído Izquierdo (%)	285	0,00	55,50	273,90	,9611	3,58068	12,821
Pérdida Global (%)	285	0,00	59,50	224,10	,7863	3,71670	13,814
N válido (por lista)	285						

Siguiendo las normas AMA (ANEXO 5) se obtuvieron valores globales de pérdida de cada persona. En la tabla 19 se presentan los valores de cada oído así como el valor global. Viendo la media podemos apreciar que el valor de pérdida global es de 0,78, lo cuál es un valor bajo para lo esperado. Como

valor máximo se tuvo un porcentaje global de 59,5 % como máximo para un Músico, lo cual se representa como una hipoacusia severa. Al revisar los datos de esa persona podemos constatar que ha tenido dificultades auditivas causadas por una explosión (tabla 12), y verificando la lateralidad de la persona constatamos que se trata del oído derecho el cuál posee el mayor grado de pérdida.

Tabla 21. Promedios en dB de rangos auditivos en Ingenieros y Músicos (OI: oído izquierdo; OD: oído derecho)

		Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ingeniero (dB)	O.I	25	25	26	31	33	45	50	
	O.D	26	26	28	27	34	41	38	
Músico (dB)	O.I	21	43	51	60	61	52	45	
	O.D	33.5	56	59.3	24.4	41.6	32.6	39.8	

Se calcularon los promedios globales en dB de ambas profesiones. El promedio realizado se trató de un promedio logarítmico con el fin de poder calcular los decibeles. Los valores nos sirven básicamente para lograr observar la tendencia de pérdida auditiva en cada frecuencia y para cada oído. Al comparar los resultados se puede apreciar que para el oído izquierdo los músicos presentan valores más altos, eso quiere decir que los decibeles de pérdida en Músicos es mucho más importante que para el oído izquierdo en Ingenieros. Estos casos se repiten para el oído derecho. Claramente los Músicos presentan mayores niveles de pérdida en relación a los Ingenieros. Cabe mencionar que los decibeles que presenta la tabla se refieren a números negativos ya que se trata de una pérdida, como ejemplo el individuo que presentó pérdidas de 59,3 dB en 500 Hz, teóricamente equivale a que dicha persona realmente tiene -59,3 dB en dicha frecuencia. En la tabla 19 podemos observar este valor que corresponde a 59,9% de pérdida auditiva global, es decir que asociando a los datos de la tabla 17 esta persona tiene una hipoacusia severa.

Tabla 22. Promedio de pérdidas globales en Ingenieros de Sonido y Músicos sacados a partir de las normas AMA

	Pérdida global	
	Promedio Hombres	Promedio Mujeres
Músicos	1.16	0.52
Ingenieros	0.5	0.002

Los promedios de la tabla 22 se los realizaron gracias a los datos de la tabla 18, donde se tomaron los valores mayores a 0% y se los separó por profesión y género. Los promedios de las pérdidas globales en Ingenieros de Sonido y Músicos son relativamente bajos. Es decir que en general las hipoacusias no están muy presentes dentro de estas profesiones pese a que se esperaba que los músicos presenten valores altos de hipoacusias. Sin embargo se tiene un promedio de entre 0 y 1,16% lo cual infiere que existen casos de sujetos con pérdidas auditivas en ambas profesiones. Esto resulta perjudicial para la profesión de cada uno ya que sus carreras dependen al 100% de sus oídos.

A continuación serán presentadas las tablas de relación entre pérdidas globales y el mal uso de los auriculares. La relación estará indicada al lado derecho de las tablas, y cuando existan relaciones estas estarán marcadas por una "x". Para interpretar la tabla, en cuanto a los antecedentes, las dificultades y la protección empleada, se deberán tomar en cuenta las siguientes indicaciones:

Tabla 23. Leyenda para interpretar antecedentes

Antecedentes	
Tinnitus padre	2
Pérdida temprana edad	3
Lesión tímpano	4
Pérdida padre	5

Tabla 24. Leyenda para interpretar las dificultades sufridas

Dificultad	
Auriculares	2
Aeropuerto	3
Lesión	4
Golpe	5
Vértigo	6
Explosión	7
Disparo	8

Tabla 25. Leyenda para interpretar el uso de protección auditiva

Protección	
No conoce	2
Estética	3
No le interesa	4
Comodidad	5
Vergüenza	6

El tiempo de exposición está expresado en horas. No requiere de leyendas para ser interpretado.

Tabla 26. Pérdida global presentada en Ingenieros de Sonido

0 = No 1= Si				R.A= Relación por audífonos Afirmativo = x			
Antecedentes	Dificultad	Protección	Exposición (h)	Nivel	Pérdida Global (%)	Hipoacusia	R.A
2	0	4	3	40%	1.8	Leve	
0	0	3	2	60%	0.8	Nula	x
0	0	3	4	40%	3.1	Leve	x
0	0	1	2	80%	0.8	Nula	
0	0	1	2	40%	1.9	Leve	x
0	0	5	2	100%	4.9	Leve	x
0	0	1	4	100%	2.0	Leve	x
0	2	1	1	60%	9.8	Leve	x
3	0	2	12	60%	1.4	Leve	
0	3	1	2	80%	1.3	Leve	
0	0	5	3	60%	1.6	Leve	x
0	0	5	4	100%	1.7	Leve	x
0	0	1	3	60%	6.0	Leve	x
0	0	1	1	80%	3.0	Leve	x
0	0	2	2	80%	1.1	Leve	x
4	0	2	2	60%	2.4	Leve	
0	0	2	4	80%	1.4	Leve	x
0	0	1	1	40%	1.6	Leve	
0	0	1	3	80%	1.3	Leve	x
0	0	1	8	80%	1.2	Leve	x
0	0	4	1	80%	2.8	Leve	
0	0	2	6	20%	1.0	Leve	
0	4	1	2	80%	2.5	Leve	
0	5	1	2	80%	0.8	Nula	
0	0	1	1	80%	1.2	Leve	x
0	0	6	2	80%	1.5	Leve	x
0	0	1	2	80%	1.0	Leve	x
0	0	4	1	100%	3.6	Leve	x

Para la realización de la tabla se tomaron solo los casos que presentaban posibles pérdidas en los porcentajes de daños globales. Además a eso, también se filtraron a las persona que tenían porcentajes mayores o iguales a 1%, ya que a partir de ese valor se puede hablar de hipoacusias. Podemos observar que las posibles hipoacusias involucran a un total de 28 Ingenieros en Sonido lo que equivale al 18% personas de esta profesión, y el 10% de la muestra total, es decir de las 285 personas estudiadas. La relación de pérdidas auditivas por causa de los auriculares fue obtenido, dónde se demostraron varios aspectos como: aquellos que hacían uso de protección auditiva y tenían deficiencias debía ser causado por los audífonos, también, si los niveles de reproducción eran altos o si se escuchaba con 60% por mínimo dos horas, entonces los sujetos presentarían falencias auditivas. Las relaciones fueron hechas tomando en cuenta a las personas que presentaron pérdidas auditivas globales superiores a 0% y siguiendo los datos de la tabla 18. De igual manera se consideraron a las personas que hacían uso o no de protección auditivas, personas con dificultades auditivas y por últimos los antecedentes presentados. Si la persona marcaba una dificultad debido a los auriculares y presentaba una pérdida entonces la relación se la marcaba como afirmativa por el mal uso de audífonos. De igual manera si la persona no usaba protección auditiva, según los tiempos de exposición, antecedentes y dificultades se relacionaba al mal uso de los auriculares cuando éstos presentaban valores de pérdida auditiva global.

Dentro de este grupo de 28 personas con posibles hipoacusias tenemos en promedio un 64% de estas personas afectadas debido al mal uso de sus auriculares, mientras que el otro 34% poseen hipoacusias debido a factores externos como accidentes, o enfermedades, por lo que es imposible poder relacionar esos factores de pérdida al uso inadecuado de audífonos.

Tabla 27. Pérdidas globales presentadas en Músicos

0 = No 1 = Si					R.A= Relación por audífonos Afirmativo = x		
Antecedentes	Dificultad	Protección	Exposición (h)	Nivel	Pérdida Global (%)	Hipoacusia	R. A
0	0	1	3	20%	2.4	Leve	
0	2	1	4	40%	4.4	Leve	x
0	0	2	1	80%	0.7	Nula	x
0	2	3	2	80%	2.1	Leve	x
0	2	4	2	80%	1.7	Leve	x
0	0	1	2	80%	0.7	Nula	
0	2	5	2	80%	10.4	Leve	x
0	2	5	3	80%	1.8	Leve	x
5	2	2	6	100%	6.0	Leve	x
0	4	1	15	100%	1.1	Leve	
0	6	1	3	60%	1.1	Leve	
0	0	1	1	80%	0.7	Nula	
3	5	4	5	80%	1.8	Leve	x
0	0	1	2	80%	2.3	Leve	x
0	0	1	8	80%	0.7	Nula	
0	7	2	4	100%	59.5	Grave	
0	2	2	3	60%	1.1	Leve	x
0	0	1	2	60%	1.0	Leve	x
0	0	4	3	80%	1.1	Leve	x
0	4	1	2	80%	1.8	Leve	
0	0	1	6	100%	1.9	Leve	x
0	0	1	2	80%	1.1	Leve	x
0	0	1	4	80%	3.4	Leve	x
0	0	1	6	80%	0.7	Nula	
0	2	5	1	80%	4.5	Leve	x
0	2	1	2	80%	3.3	Leve	x
0	7	2	1	20%	5.9	Leve	x
0	0	5	2	80%	1.0	Leve	x
0	8	4	2	80%	2.9	Leve	
0	0	2	1	60%	0.7	Nula	
0	2	1	4	60%	0.7	Nula	
0	0	6	2	80%	3.1	Leve	x

Al igual que en la tabla 26, se relacionaron los posibles casos de hipoacusias con el mal uso de los audífonos. Se trataron los datos de pérdidas globales que corresponderían a hipoacusias es decir desde 1% en adelante. En total se encontraron 32 caso de posible hipoacusias, al igual que con el grupo de Ingenieros esto solo corresponde al 16% de los Músicos examinados y al 7% en relación a la muestra total del estudio. Pese a que la cantidad de Músicos afectados es 3% menor al de los Ingenieros, éstos presentan valores de pérdida más importantes que la otra profesión, esto en relación a la muestra total entre Músicos e Ingenieros. Tenemos entonces 16 casos de hipoacusias para los Ingenieros y 20 para la de los Músicos. En promedio el factor de dificultad auditiva de esta profesión es de 4,1% comparado al 2,3% de los Ingenieros. Esto muestra que la probabilidad de que un Músico sufra pérdidas auditivas es 1,8% más alta que para los Ingenieros.

3.2.2. Tipo de hipoacusias localizadas

Como se puede ver en las tablas de globales (tabla 26 y 27), tenemos promedios globales de Ingenieros y Músicos bajos como por ejemplo 0,7% como lo más bajo y 9,8% como la más alta entre Músicos e Ingenieros. Para músicos tenemos un global promedio de 1,16% lo cual nos permitiría hablar de hipoacusias leves. En cuanto a los Ingenieros tenemos un promedio de pérdidas globales 0,5% (tabla 22) lo cual lleva a decir que no existiría una hipoacusia en ese grupo de persona. También existen hipoacusias de clase 2, es decir oscilan entre 1 y 24%, y corresponden a hipoacusias leves. Por otro lado existen casos extremos con globales de 59%, tratándose así de una hipoacusia severa (causada por una explosión).

Para poder determinar el tipo de enfermedad presente es indispensable llevar a cabo una audiometría de alta precisión, de esta manera el paciente será evaluado con distintos métodos como con audiómetros más modernos por vía aérea y vía ósea.

3.2.3. Rango audible

El rango audible de las personas se lo determina según su capacidad al momento de escuchar un cierto rango de frecuencias a un nivel determinado en dB. Para poder cuantificar los valores se establece intervalos que determinaran el tipo de pérdida. A continuación la tabla 28 representa el rango audible de una persona para que sea considerado como normal. Estos rangos también pueden ser representados en audiogramas con marcas de colores mostrando las distintas zonas de audición. (ANEXO 3)

Tabla 28. Rango de audición

Rango de percepción (dB)	Tipo de audición
0-20	Audición normal
20-40	Pérdida leve
40-70	Pérdida moderada
70-90	Pérdida severa
90-120	Sordera profunda

3.2.4. Frecuencia/s de daño/s auditivo/s

Las frecuencias donde se centran los daños auditivos están entre los 500 Hz y 4000 Hz. La tendencia a perder la audición en este rango de frecuencias es elevada. Debemos recordar que el rango de conversación de los humanos está entre 80 Hz y 10000 Hz. En especial son las frecuencias altas las más sensibles por lo que son afectadas más fácilmente. Y es este rango de frecuencias el más común en la vida cotidiana y la cuál suele alcanzar niveles altos durante el día. En los resultados obtenidos se pudo constatar de que las frecuencias más sensibles son las de 2000 Hz y 4000 Hz (Figuras 28, 29, 30 y 31).

3.2.5. Umbrales según el tiempo de exposición

Se verificaron los distintos umbrales de los Ingenieros y Músicos según el tiempo de exposición con el que acostumbran a reproducir música en sus auriculares. Dentro de los resultados se tomaron los tiempos de exposición iguales o mayores a dos horas, los cuales son lo más perjudiciales al momento de exponerse a distintos niveles sonoros. El objetivo fue el de obtener promedios generales dependiendo del tiempo de exposición y la profesión. En ciertos casos se excluyeron datos de pérdidas extremas para que no afecten el gráfico de los umbrales en función del tiempo de exposición.

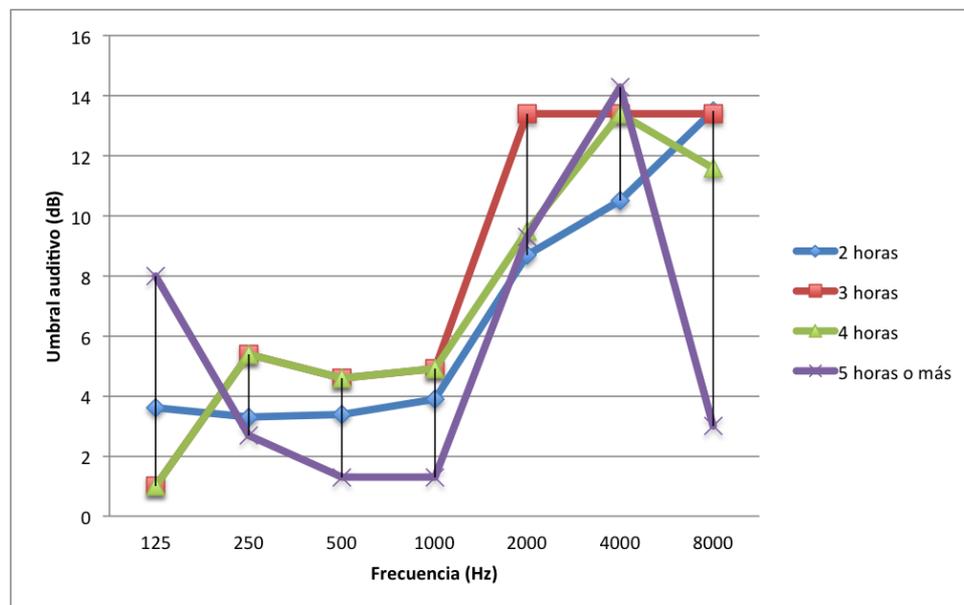


Figura 28. Promedio del umbral auditivo según el tiempo de exposición en Ingenieros (oído izquierdo)

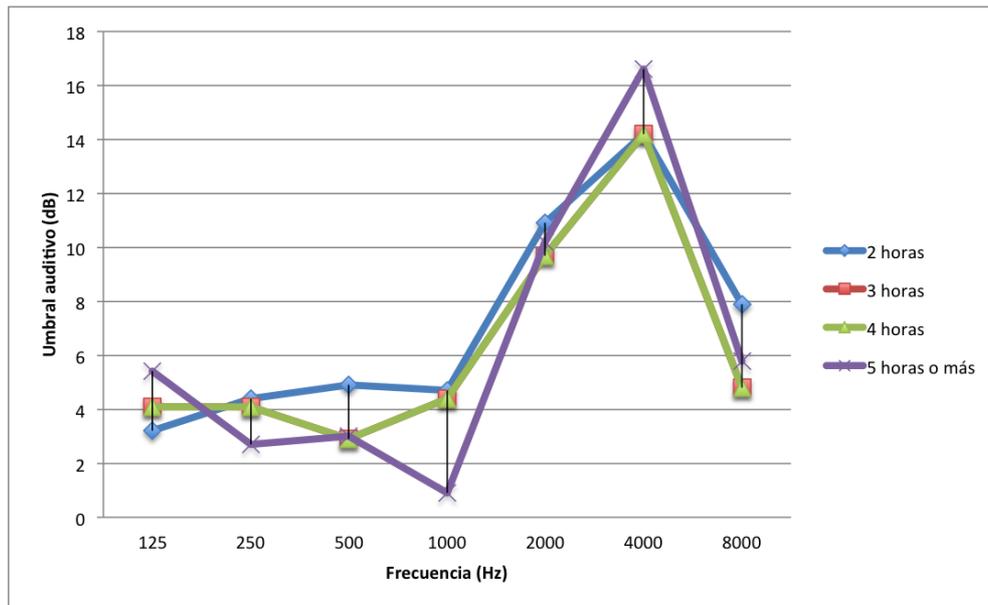


Figura 29. Promedio del umbral según el tiempo de exposición en Ingenieros (oído derecho)

Al revisar los gráficos se puede observar, para Ingenieros, que los umbrales tienen un cierto parecido. La dependencia del tiempo de exposición no es de gran peso, esto se explica debido a que varios de los estudiados poseen pérdidas auditivas por accidentes o por antecedentes. Pese a lo anterior, se puede apreciar que para tiempos de exposición superiores a 5 horas el umbral de pérdida es más importante llegando a niveles de 16 dB y 14 dB en promedio. De igual manera se ve que las frecuencias con más grados de pérdidas se dan entre 1000 Hz y 8000 Hz, en especial para 4000 Hz donde existen la mayor cantidad de daños auditivos. Para la frecuencia de 4 kHz se encontraron promedios máximos de 14 dB para el oído izquierdo y 16 dB para el oído derecho, esto cuando el tiempo exposición al escuchar música con audífonos es igual o superior a 5 horas.

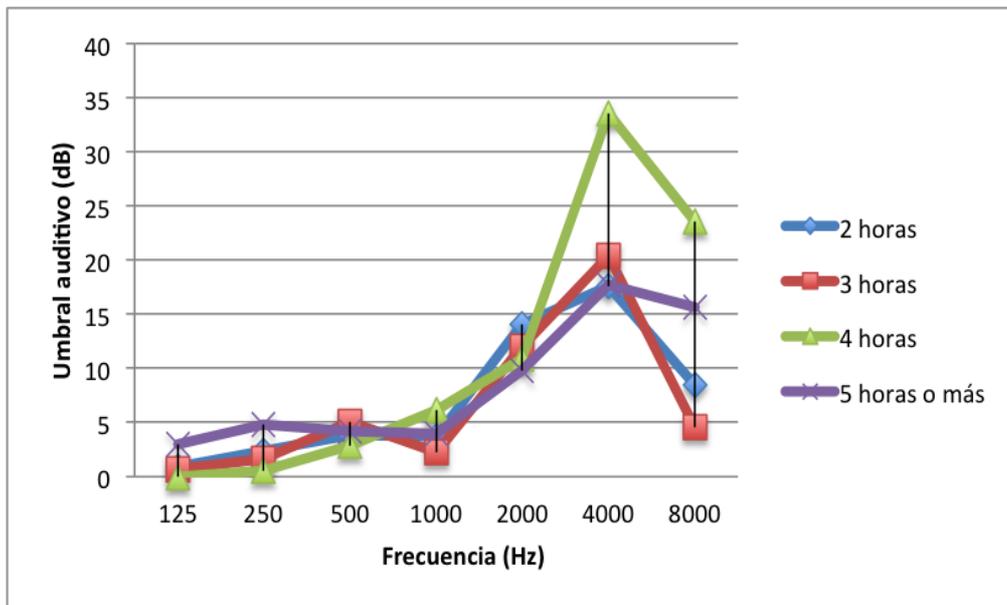


Figura 30. Umbral auditivos según el tiempo de exposición en Músicos (oído izquierdo)

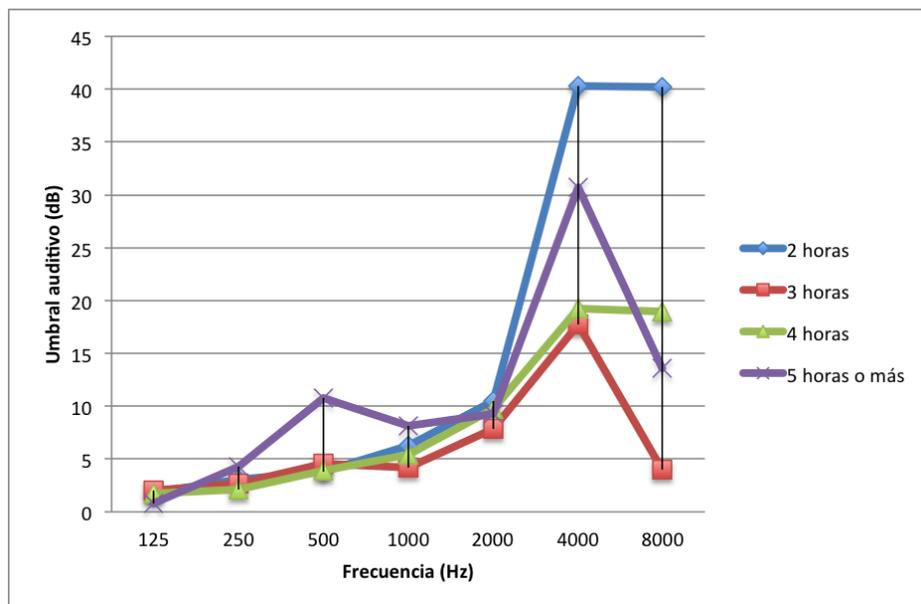


Figura 31. Umbral auditivo en Música según el tiempo de exposición (oído derecho)

Al comparar las gráficas de Ingenieros con aquella de los Músicos podemos observar que los umbrales auditivos no dependen tanto del tiempo de

exposición en los Músicos comparado a los Ingenieros. Esto puede explicarse debido a los niveles de reproducción usados por los Músicos 60, 80 y 100%. A eso se suman los antecedentes y daños sufridos. Por esos motivos podemos apreciar umbrales de pérdida de hasta 40 dB en promedio. Las frecuencias más afectadas son, nuevamente, entre 1 kHz y 8 kHz, y en 4000 Hz dónde existen los picos más altos. En el gráfico de los músicos, para el oído derecho, se puede apreciar que hay picos altos de 30 dB con tiempos de exposición mayores a 5 horas. Mientras que en el oído izquierdo el pico más alto está alrededor de 34 dB con un tiempo de exposición de 4 horas. Para las 2 horas de exposición se tienen un promedio elevado, esto debido a que están incluidos ciertos músicos con pérdidas auditivas severas, por tal motivo se tienen picos tan altos.

3.2.6. Verificación de lateralidad, zurda o diestra

Para determinar la lateralidad se tomaron los valores de pérdida de cada oído y se los comparó. El resultado más abultado comprobaría entonces la lateralidad de la persona en cuestión. Para músicos se encontró un total de 40 personas con lateralidad diestra, mientras que para lateralidad zurda se encontraron 45 personas. El resto, es decir los 43 faltantes, no pudieron ser determinados ya que los valores eran los mismos lo que hace imposible determinar un grado mayor de un lado determinado del oído. Por otro lado para los ingenieros se obtuvo un total de 53 diestros, 33 zurdos y 71 indeterminados debido al mismo valor dentro de las pérdidas por oído (tabla 29).

Tabla 29. Lateralidad según la profesión

Lateralidad	Profesión				Total (%)
	Músicos	%	Ingenieros	%	
Diestros	40	31	53	34	33
Zurdos	45	35	33	21	27
N.A	43	34	71	45	40

Al verificar los valores totales podemos apreciar que existe un porcentaje mayor en cuanto a las personas que son diestras con un 33%, comparado al 27% de personas zurdas. Cabe recalcar que la lateralidad influye directamente sobre la pérdida auditiva de cada persona, ya que se determinó ésta por el factor de pérdida de cada oído.

3.3. Mediciones acústicas

3.3.1. Resultados de ruido de fondo

El ruido de fondo fue calculado antes de realizar las pruebas audiométricas en la que se consideró como cabina audiométrica. Se hicieron las mediciones de ruido con la ayuda del sonómetro Cesva 310, para obtener los valores de ruido de fondo de 125 Hz a 8 kHz para poder comparar con los valores máximos admitidos para cabinas audiométricas. Los resultados obtenidos permitieron cumplir con los ruidos de fondo necesarios para realizar las audiometrías (tabla 4). A continuación se presentará la tabla de ruido de fondo tomada en 5 días a la misma hora, 9 am, de lunes a viernes.

Tabla 30. Tabla correspondiente al ruido de fondo del aula Acuslab

Toma	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
1	27.2	17	18	22.1	16.2	12.9	11.2
2	26	11.1	12	14.2	8.5	9	9.5
3	26.3	13.9	15.2	20.1	23	11.5	9.9
4	27	10.2	15.6	19.6	11.5	9.5	9.9
5	24.7	10.6	12.2	15	7.3	11.5	8.5

Al comparar los datos obtenidos en la tabla 29 y con los valores de ruido de fondo aceptados en cabinas audiométricas por la norma ISO 8253-1 (tabla 4), podemos ver que los valores obtenidos se cumplen, por lo que los exámenes pudieron ser realizados según establece la norma. Los valores más altos fueron encontrados en 125 Hz y 1 kHz, sin embargo ninguno excede los valores establecidos por la norma.

4. ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. Costo de materiales empleados, mano de obra

Para una investigación de este tipo es necesario obtener los equipos necesarios. Dentro del equipamiento debemos tener:

- Equipo audiométrico: audiómetro y audífonos calibrados para el equipo.
- Cabina audiométrica o sala que cumpla las condiciones.
- Operador del audiómetro.
- Sonómetro tipo 1: para mediciones de ruido de fondo.

El equipo o audiómetro es un dispositivo diseñado exclusivamente para realizar exámenes médicos con el fin de encontrar falencias auditivas. Es por este motivo que estos equipos tienen un valor económico donde los precios varían entre \$800 y \$5000. De igual manera es necesario comentar que una audiometría en una clínica especializada tiene un precio de alrededor de \$20.

Ya que el operador del equipo será un Ingeniero, deberá tener una capacitación acerca del uso del equipo, sus funciones y cómo interpretar los resultados. Es decir que un médico deberá capacitar al operador para que este cumpla las funciones necesarias y logre interpretar los resultados. Generalmente, según el Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP), las capacitaciones de carácter tecnológico y de manejo de equipo oscilan entre los \$150 y \$270.

A estos precios cabe mencionar el precio que cobra un Ingeniero Acústico. Los honorarios por hora del Ingeniero van de \$30 en adelante. Por último, el costo de un sonómetro clase 1 es de aproximadamente \$5000.

Se estimará un tiempo equivalente a tres meses de trabajo, de lunes a viernes, es decir 60 días, con un promedio de 8 horas de trabajo diarias. Esto es considerado de tal manera ya que se estima que las audiometrías y encuestas se las realizará en un plazo de tres a cuatro semanas.

Para el transporte se asume el uso de taxi para movilizarse en un mismo sector que será el centro norte de Quito. Se toma como tarifa de \$5 para desplazarse desde el domicilio hasta la Universidad.

4.2. Costo total de audiometrías y otros elementos usados

El análisis de costo se lo presentará con los costos reales suponiendo el uso de una institución para realizar las audiometrías, la capacitación del operador, y los precios de los equipos, así como los honorarios de parte del Ingeniero.

Tabla 31. Análisis del costo, realizado con la ayuda de una clínica especializada

Costos				
Concepto	Valor Unitario	Observaciones	Cantidad	Valor Total
<i>Honorarios Ingeniero Acústico</i>	10	por hora, 3 meses de trabajo 8 horas diarias, 20 días al mes	480	4800
<i>Audiometrías</i>	20	Audiometrías realizadas a cada persona	285	5700
<i>Sonómetro Tipo 1 SoundPro DL-1/3</i>	5000	Asumiendo que cabina de institución cumple con las normas	1	5000
<i>Impresión hojas</i>	0.05	Encuestas y audiogramas, \$0,05/hoja	428	21.4
<i>Capacitación</i>	270	Capacitación médica acerca de audiometrías	1	270
				15791.4

El costo del proyecto estaría establecido aproximadamente en \$15791,4. Este sería el costo asumiendo que los exámenes audiométricos se los realizaría en una cámara la cual cumpla los niveles indicados para una cabina audiométrica (tabla 3). Cabe mencionar que el tiempo usado para la realización del caso de estudio podría variar según la disponibilidad de las sala en la Universidad. El costo del transporte no se lo consideró.

5. PROYECCIONES

El tema expuesto es de gran interés para todos aquellos que ejercen estas dos profesiones, Ingeniería en Sonido y Música, ya que sus oficios dependen 100% de la capacidad auditiva que posean. El caso de estudio fue realizado en la Universidad de las Américas y fue dirigido hacia los estudiantes y profesores. Este tema podría ser proyectado a nivel nacional para conocer el problema de pérdida auditiva por el uso indebido de audífonos en el país.

Por otro lado, esto podría ser llevado más allá permitiendo que en las instituciones educativas dónde se dictan estas profesiones puedan conocer el grado auditivo de cada persona antes, durante y después de iniciar su carrera profesional. Ya que los instrumentos tienen un alto costo y son de interés médico no es posible que carreras de ingeniería compren dichos equipos. De esto se deriva una alternativa dónde se podría implementar sistemas electrónicos o softwares que cumplan la función de los audiómetros. En la actualidad ya existen estas aplicaciones en varias plataformas como en ordenadores, teléfonos celulares o tablets. El objetivo a plantearse sería en la verificación de efectividad de dichas aplicaciones en relación a un audiómetro normal. Para esto debería existir un estudio de comparación entre el dispositivo digital con uno o varios audiómetros profesionales y realizar varios exámenes con cada instrumento de medición. Esto sería de gran relevancia ya que al tener un resultado positivo, cada institución podría fácilmente conseguir las aplicaciones y hacer exámenes a sus estudiantes para determinar su grado auditivo antes de iniciar la carrera, así como verificar estos rangos después de realizar sus estudios. Es esencial manejar ese tipo de situaciones ya que en dichas carreras el oído es básicamente el motor de trabajo de esas personas y si una persona con deficiencia auditiva inicia sus estudios puede que le resulte difícil o imposible lograr alcanzar la meta de obtener el título.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se realizaron un total de 285 audiometrías y encuestas en las escuelas de Música y de Ingeniería en Sonido y Acústica de la Universidad de las Américas, los resultados encontrados fueron los siguientes:

Se observó que existen personas con pérdidas en distintos grados, es decir hipoacusias leves, así como hipoacusias graves. Esto es un índice de falta de preocupación en cuanto a los cuidados auditivos por parte de los Músicos e Ingenieros pese a que su carrera debería obligarles a tener más cuidados.

Dentro de las encuestas se enfatizó sobre los antecedentes familiares o personales, para poder excluir o analizar las pérdidas auditivas en dichas personas. Se tuvo un total de 8% de personas presentando antecedentes, entre estos los más comunes fueron por Tinnitus y otros por pérdidas sufridas por sus padres a temprana edad. Las enfermedades se las tomó como un actor directo en el caso de posibles pérdidas, sin embargo las pérdidas de los padres no se las consideró ya que no estaban relacionadas directamente con los encuestados.

De igual manera se dio importancia a las dificultades que las personas hayan podido haber sufrido y que podría afectar su rendimiento auditivo. Se obtuvo que en total un cuarto de la muestra sufrió alguna clase de dificultad auditiva mostrándonos que no importa la profesión los accidentes pueden ocurrir en cualquier momento. Sin embargo se observó que la mayoría de accidentes sufridos fueron por causa de auriculares al exceder su volumen (6,67% de Músicos y 3% de Ingenieros), y en dichas personas se constató un porcentaje de pérdida de 9,8% como máximo en Ingenieros, y 10,4% como valor máximo en Músicos.

La pérdida auditiva en esta investigación fue relacionada por el nivel al que las personas escuchaban música a través de sus auriculares por lo que se

determinaron los valores comúnmente usados. Resultó que a niveles más altos, es decir de 60, 80 y 100% muchas de los Ingenieros (9.8%, 2.8% y 3.6% respectivamente) y Músicos (1.1%, 10.4% y 6% respectivamente) presentaban valores de pérdidas globales. Las variaciones que éstas tenían dependían del tiempo de exposición, mientras más largo, y a mayor volumen, más altas las expectativas de encontrar valores importantes de pérdidas auditivas (tablas 26 y 27). Es decir que el exceso en volumen perjudica y crea daños auditivos en las personas, más aún cuando el tiempo de exposición es prolongado.

Los exámenes audiométricos arrojaron varios resultados. Se calculó el porcentaje global de pérdida a través de las normas A.M.A, resultando en que el 66% de Músicos y el 46% Ingenieros presentaban pérdidas auditivas globales superiores a 0% de acuerdo a las normas A.M.A. Para que algún candidato presente problemas debía por lo menos alcanzar el 1% de promedio lo cual correspondía a pérdidas leves. Después de filtrar esta información se encontraron 28 Ingenieros y 32 Músicos, de la muestra total, que presentaron valores superiores a 1% de pérdidas globales, es decir que a partir de ese valor las personas ya tenían un porcentaje de pérdida o hipoacusia.

Se verificaron las frecuencias más afectadas en las personas, de esto se obtuvo que las frecuencias con más daños están entre los 500 y 4000 Hz, por tal motivo las normas A.M.A (tabla 4) solo consideran el rango de frecuencias de 500 Hz a 4 kHz. En general la frecuencia con mayor daño fue la de 4 kHz donde se encontraron pérdidas de 5 dB hasta 55 dB de pérdida (por casos extremos debidos a explosiones o por nacimiento con pérdida auditiva de un oído).

Las encuestas y audiometrías se apoyaron mutuamente para poder arrojar varios resultados, principalmente para relacionar las posibles pérdidas auditivas con el mal uso de audífono. Primeramente se determinó que mientras más alto sea el nivel empleado en auriculares más alta la probabilidad de sufrir una pérdida importante, eso se complementó con el tiempo de exposición empleado, lo cual es relativamente proporcional. Mientras más tiempo más fácil

perder la audición. Al verificar y filtrar los valores globales de pérdida solo obtuvimos un total de 60 personas con ciertos porcentajes de daños auditivos. Para relacionar las posibles hipoacusias en ese grupo de personas se excluyeron las hipoacusias encontradas debidas a accidentes, o antecedentes. El resultado principal se dio al ver que existieron 18 Ingenieros con hipoacusia leves y 20 Músicos con el mismo tipo de hipoacusia debido al uso inadecuado de auriculares. Para Músicos existieron dos casos graves de hipoacusias severas que fueron causados por una explosión y el otro por nacimiento con pérdida de un oído. Pese a que el número de afectados reales fue bajo, se encontraron resultados que van de la mano con la investigación. Dichos resultados permiten concluir que el uso indebido de auriculares a altos niveles sonoros con tiempos de exposición elevados radican en daños auditivos, lo cuales con el tiempo pueden pasar de hipoacusias leves a hipoacusias severas.

Vale finalizar hablando del hecho de que cada institución educativa que dicte materias como Música o Ingeniería en Sonido debe enfatizar el cuidado de los oídos en sus estudiantes. Esto debido a que el trabajo de los futuros profesionales dependen al 100% de una buena audición, y el cuidado para no exponerse a ruidos extremadamente altos o controlar el volumen de reproducción en dispositivos móviles debe ser impuesto en dichas personas.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda la redacción de encuestas sin tantas variables ya que muchos de los problemas relacionados a la pérdida auditiva son subjetivos y puede que resulten confundiendo o arrojando resultados erróneos a los investigadores.

Es necesario tener una planeación de tiempo bastante amplia para poder realizar los exámenes audiométricos y las encuestas. Esto debido a que no todas las personas contribuyen y además los espacios para realizar las audiometrías no siempre están disponibles.

Para realizar audiometrías es esencial que el operador tome cursos de capacitación con médicos especializados para comprender los resultados y lograr operar el equipo. Además se deberían realizar pruebas reales como práctica antes de las pruebas finales con el fin de lograr reducir el tiempo del examen y saber cómo actuar frente a distintas situaciones adversas.

Un paciente podría someterse a una audiometría de tipo aérea y más precisa (rango de frecuencias más altos), también a la audiometría verbal y una audiometría por vía ósea, de esta manera se podría determinar el grado exacto de pérdida y si ese daño es a nivel del oído interno.

Sería recomendable conseguir o comprar toda la norma de regulación ISO 8253-1 para poder elegir el sitio ideal para las audiometrías. De igual manera para obtener los globales de pérdida auditiva se deberán tomar en cuenta las norma A.M.A (American Medical Association).

Para obtener resultados reales es indispensable que la sala o cabina audiométrica utilizada cumpla varios aspectos como los niveles de ruido de fondo admitidos, el tamaño reducido para evitar ecos o reverberación. Y de igual manera realizar los exámenes cuando exista menos ruido a los alrededores.

Se podrían aumentar los resultados obtenidos, aumentando la muestra de Ingenieros y Músicos, así como el uso de audiómetros más sofisticados, cabinas audiométricas portables fácil de movilizar y con niveles de aislamiento y acondicionamiento mucho más elevados.

Para obtener resultados mucho más exactos cada persona debería recibir un lavado de oído antes de realizarse una audiometría, con eso se evitaría tener resultados falsos. El uso de un otoscopio ayudaría antes de realizar los exámenes de manera que el operador pueda verificar que no existan acumulaciones de cerumen en los oídos de las personas.

REFERENCIAS

- Acton, W.I. (1968). *A criterion for the prediction of auditory and subjective effects due to airborne noise from ultrasonic sources*. Londres: Academic Press, INC.
- Amazon, (2015). Sony MDRQ22LP Clip-ears. Recuperado el 24 de agosto del 2015 de: http://www.amazon.com/Sony-MDRQ22LP-Clip-Discontinued-Manufacturer/dp/B00008VIX2/ref=sr_1_7?ie=UTF8&qid=1459176009&sr=8-7&keywords=sony+clip+ears
- Apple, (2016). Earpods. Recuperado el 6 de enero del 2016 de: <http://www.apple.com/shop/accessories/all-accessories/audio-music>
- Asociación de Pérdida Auditiva de América, (1979). *An overview of Hearing loss*. Recuperado el 15 de marzo del 2015 de: http://www.hearingloss.org/sites/default/files/docs/Overview_HearingLoss_SignsCausesImplicationsandSolutions.pdf
- Auriculares y Cascos, (2016). Auriculares Sony MDRZX600L. Recuperado el 15 de septiembre del 2015 de: <http://auricularesycascos.com/cascos-sony-MDRZX600L.html>
- Basso, G (2006). *Percepción Auditiva*. La plata: Universidad Nacional de Quilmes.
- BBC, (2015). *Cuánto tiempo y a qué volumen puedes escuchar música sin dañar tu oído*. Recuperado el 8 de octubre del 2015 de: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/03/150303_ruido_musica_exposicion_oido_decibelio_jm
- Bensabat, S. (1987). *Stress*. Bilbao: Editorial Mensajero.
- Blaus, B. (2013). *Wikiversity Journal of Medicine*. DOI:10.15347/wjm/2014.010
- Boix, J.M. (2013). *Acústica y Audiometría*. San Vicente: Editorial Club Universitario.
- Brisa, M.P. (2011). *Sonido, Ciencia y Arte*. Recuperado el 5 de junio del 2015 de: <http://revista.escaner.cl/node/5743>
- Brüel & Kjær, (2000). *Ruido Ambiental*. España: Division of Spectris, S.A

- Casal E, (s.f). *Contaminación acústica: efectos sobre parámetros físicos y psicológicos*. Universidad de Laguna: Facultad de Medicina.
- Castro C, (2011). *Oído Interno*. Recuperado el 3 de Marzo del 2015 de: <http://todosobrelaaudicion.blogspot.com/2011/11/oido-interno.html>
- CCRSERI, (2008). Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function. Recuperado el 17 de septiembre del 2015 de: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihp/docs/scenihp_o_018.pdf
- Chávez R., Pineda L. (2013). *Audiometría binaural*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Dillner L, (2014). *Will headphone damage my hearing*. Recuperado el 11 de Julio del 2015 de: <http://www.theguardian.com/lifeandstyle/2014/jan/26/will-headphones-damage-my-hearing#comments>
- Doctorproaudio, (s.f). *Ponderaciones en frecuencias*. Recuperado el 15 de diciembre del 2016 de: <http://www.doctorproaudio.com/content.php?145-ponderaciones-weightings-frecuencia-ABC>
- Eumus, (s.f). *Mínimas diferencias de percepción*. Uruguay. Recuperado el 20 de Diciembre del 2015 de: <http://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza//acustica/presentaciones/psicoac/altura/mdp1.html>
- Fonolocura (2015). *Exámenes Auditivos*. Recuperado el 20 de Agosto del 2015 de: <https://fonolocura.wordpress.com/>
- Gray, H. (1918). *Anatomy of the Human Body*. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Guerrero, J. (2015). *Desarrollo e implementación de una aplicación IOS para la medición de niveles de presión sonora generados por audífonos*. Quito: Facultad de Ingenierías y ciencias Agropecuarias, Universidad de las Américas.
- HearFine, (2015). *In-ears HearFine Ue 4*. Recuperado el 8 de marzo del 2015 de: <https://hearfine.com/ultimate-ears-in-ear-monitors/>

- Howard D.M., Angus J. (2009). *Acoustics and psychoacoustics*. Oxford: Focal Press.
- IESS, (2014). Decreto ejecutivo 2393 reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.
- Iñiguez R., San Martín, J. (s.f). *Evaluación Auditiva y Tipos de Hipoacusia*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Medicina.
- Instituto de Investigación de la Audición, (MRC, 2015). Recuperado el 15 de septiembre de: https://www.ihr.mrc.ac.uk/staff/view/Owen_Brimijoin
- Letelier J.C, San Martín J, (s.f). *Anatomía y Fisiología del oído*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, Otorrinolaringología.
- Maggiolo, D. (s.f). *Bandas críticas*. Recuperado el 20 de Mayo de 2015 de: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/bcr.html>
- Martínez J, (2012). *Anatomía y Fisiología del Oído*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2015 de: <http://elmodernoprometeo.blogspot.com/2012/05/anatomia-y-fisiologia-del-oido.html>
- Max (2016), *Audifono Sony Clip-Ear deportivo*. Recuperado el 1 de enero del 2016 de: <http://www.max.com.gt/guatemala/audifono-sony-clipear-deportivo-anaranjado-985.html>
- Naranjo, M.L. (2009). Una revisión teórica sobre el estrés y algunos aspectos relevantes de éste en el ámbito educativo. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- OMS, (2013). A) *Millones de personas padecen pérdida de audición que puede atenuarse o prevenirse*. Recuperado el 20 de septiembre del 2015 de: http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2013/hearing_loss_20130227/es/
- OMS, (2013). B) *Sordera y pérdida de la audición*. Nota descriptiva N 300, recuperado el 30 de septiembre de 2015 de <http://www.who.int/mediacenter/factsheets/fs300/es>
- Passchier-Vermeer W., (1968). *Hearing Loss due to Steady-State Noise*. T.N.O, Holanda. The Royal Society; DOI: 10.1098/rsta.1968.0016

- Pérez, A.V. (1996). *Atención Educativa de los alumnos con NEE derivada de una deficiencia auditiva*. Valencia: Consejería de Cultura, Educación y Ciencia.
- Plantronics, (2016). *Plantronics Marque 2 M165*. Recuperado el 25 de Agosto del 2015 de: <https://www.plantronics.com/us/product/m165>
- Portmann, M. (1979). *Audiometría clínica*. Barcelona: Toray-Masson.
- Selye, H. (1950). *The physiology and pathology of exposure to stress, a treatise based on the concepts of the general-adaptationsyndrome and the diseases of adaptation*. Montreal: ACTA, Inc., Medical Publishers.
- Selye, H. (1956). *The Stress of life*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- SkullCandy, (2016). *Earbuds Strum*. Recuperado el 14 de marzo del 2015 de: <http://www.skullcandy.com/shop/earbuds/>
- Sony, (2016). *Sony 1ª Headphones*. Recuperado el 5 de Septiembre del 2015 de: <http://www.sony.com/electronics/headband-headphones/mdr-1a>
- Stansfeld S.A., Matheson, M.P. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *Oxford Journals*. Vol(No 68). Pag. 243-257.
- Tingay, J. (2013). *What is an Itegrated Sound Lvel Meter*. Recuperado el 1 de junio del 2015 de: <http://www.cirrusresearch.co.uk/blog/2013/11/what-is-an-integrating-sound-level-meter-2/>
- Torres P, (s.f). *El Sonido*. Recuperado el 30 de julio del 2015 de: <https://fqmalbaida.wikispaces.com/Trabajo+4>
- Tunajek, S. (2010). *Understanding Caregiver Stress Syndrome*. Recuperado el 8 de junio del 2015 de: https://www.aana.com/resources2/health-wellness/Documents/nb_milestone_1010.pdf
- Ward, W.D. (1961). Characteristics of hearing losses produced by gunfire and by steady noise. *Journal of Auditory Research*. Vol(no 1). Pag. 325-356.
- Ward, W.D. (1983). *The total energy and equal-energy principles in the chinchilla*. Turin: Procceedings of the fourth Internat. Congress of Noise as a Public Health Problem.

ANEXOS

ANEXO 1. Dispositivos de reproducción musical comúnmente utilizados



Figura 32. iPod clásico, recuperado de Apple (Septiembre 2015)



Figura 33. Smartphones de distintas compañías, recuperado de Amazon (2015)



Figura 34. Reproductor tipo mp3, recuperado de Amazon (2016)

ANEXO 2. Gráfico de relación niveles de salida según distintos dispositivos

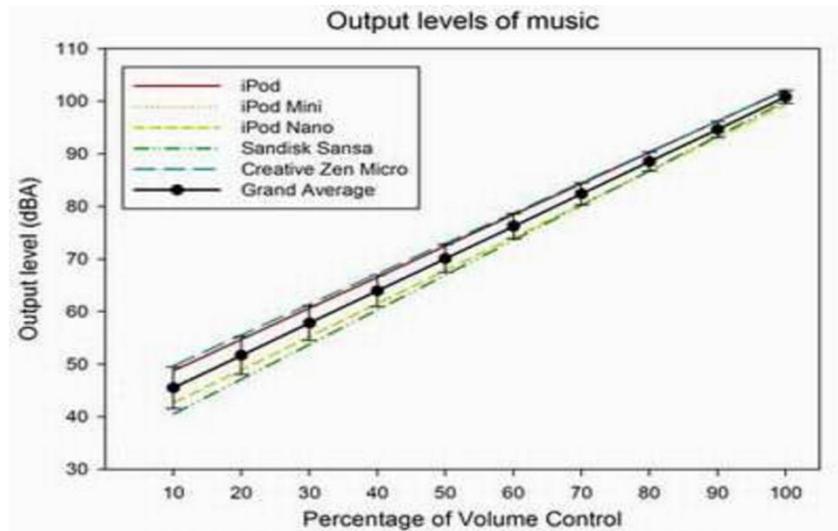


Figura 35. Niveles de salida presentes en distintos dispositivos

ANEXO 3. Audiograma que representa los umbrales según la pérdida auditiva

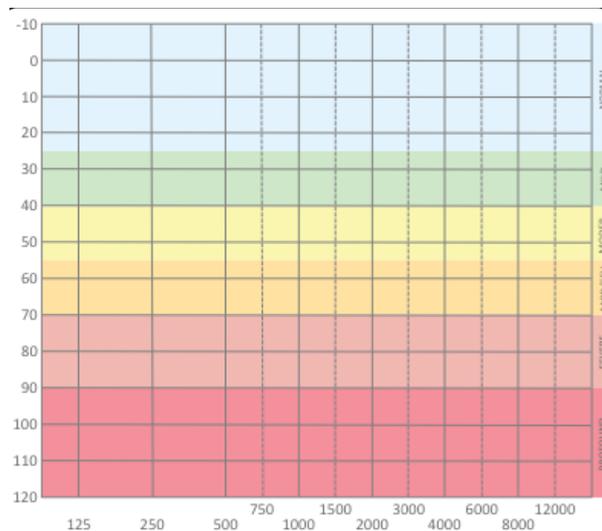


Figura 36. Representación del rango audible en una plantilla audiométrica

ANEXO 4. Realización de audiometrías, encuestas y manipulación del equipo



Figura 37. Audiómetro Maico MF-7

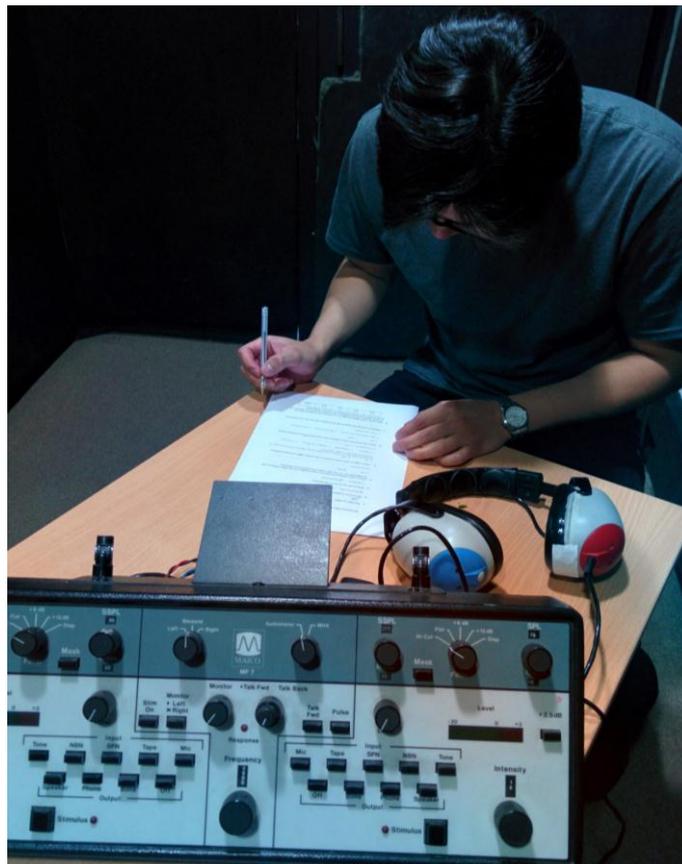


Figura 38. Persona examinada llenando la encuesta



Figura 39. Examen audiométrico realizado a un estudiante de Ingeniería



Figura 40. Manipulación del audiómetro durante la prueba

ANEXO 5. Cálculo para las pérdidas globales a través de las normas A.M.A

OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDA AUDITIVA (NORMAS A.M.A.)

Se considera una valoración "social" de la pérdida.

Se valoran los umbrales liminares para los tonos 500, 1000, 2000 y 40000 Hz. A cada uno de los umbrales se le asigna un porcentaje de pérdida consultando la tabla de correspondencia.

- Para calcular el porcentaje de pérdida en un solo oído: se suman los porcentajes individuales correspondientes a cada tono.
- Para calcular el porcentaje global de pérdida en los dos oídos: se multiplica la pérdida (expresado en porcentaje de pérdida auditiva) del oído mejor por 7 y la del oído peor por 1. Se suman las pérdidas y se divide por 8.

Ejemplo:

Umbrales liminares obtenidos en audiometría total.

	O.D.	O.I.
500 Hz.	45dB	30dB
1.000 Hz.	50dB	35dB
2.000 Hz.	55dB	40dB
4.000 Hz.	60dB	45dB

1. Cálculo del porcentaje de pérdida en cada oído.

Pérdida (O.D.) = $6,3+15,7+25,7+11,2=58,9\%$

Pérdida (O.I.) = $2,6+7,7+12,9+6,4=29,6\%$

2. Cálculo de la pérdida global de audición.

%global = $7x$ (% de pérdida en el mejor oído) + $1x$ (% de pérdida en el peor oído) / 8

Pérdida global = $(7 \times 29,6) + (1 \times 58,9) / 8$

Pérdida global = $207,2 + 58,9 / 8 = 266,1 / 8$

Pérdida global = 33,3%

Tabla para la conversión de la pérdida en decibelios en % de pérdida social según normas A.M.A.

	500 Hzs.	1.000 Hzs.	2.000 Hzs.	4.000 Hzs
10 dBs.	0.2	0.3	0.4	0.1
15 dBs.	0.5	0.9	1.3	0.3
20 dBs.	1.1	2.1	2.9	0.9
25 dBs	1.8	3.6	4.9	1.7
30 dBs	2.6	5.4	7.3	2.7
35 dBs.	3.7	7.7	9.8	3.8
40 dBs.	4.9	10.2	12.9	5.0
45 dBs.	6.3	13.0	17.3	6.4
50 dBs.	7.9	15.7	22.4	8.0
55 dBs.	9.6	19.0	25.7	9.7
60 dBs.	11.3	21.5	28.0	11.2
65 dBs.	12.8	23.5	30.2	12.5
70 dBs.	13.8	25.5	32.2	13.5
75 dBs.	14.6	27.2	34.0	14.2
80 dBs.	14.8	28.8	35.8	14.6
85 dBs.	14.9	29.8	37.5	14.8
90 dBs.	15.0	29.9	39.2	14.9
95 dBs.	15.0	30.0	40.0	15.0

Figura 41. Procedimiento para el cálculo de pérdidas globales

ANEXO 6. Modelo de encuesta

Tesis de investigación

Encuesta sobre la pérdida auditiva por uso indebido de audífonos.

1. Escriba su edad

.....

2. Seleccione su género:

MASCULINO FEMENINO

3. Seleccione su carrera o profesión:

MUSICO INGENIERO

4. ¿Tiene antecedentes familiares relacionados a la pérdida auditiva? (Si tu respuesta es "si" escriba tales antecedentes)

SI NO

Antecedentes:

5. ¿Posee alguna dificultad auditiva o ha sufrido algún trauma auditivo?

SI NO

Si usted ha sufrido un trauma o cree haber tenido alguno seleccione el tipo de incidente al que haya estado expuesto:

Disparo Explosión Golpe o accidente Concierto

Auriculares Otro:

6. ¿Hace uso de protección auditiva? (Si respondió "no" seleccione la razón)

SI NO

.....
 No conoce de protectores No te interesa Por estética

Por comodidad Otra.....

7. Indique el tiempo de exposición diaria al escuchar música con sus audífonos.

.....

8. Seleccione, en la siguiente figura, el volumen al cual generalmente escucha música con sus audífonos. (Considere la barra de volumen de su dispositivo para poder localizar el volumen empleado)

<input type="checkbox"/>				
20%	40%	60%	80%	100%

Figura 42. Encuesta sobre el uso indebido de audífonos

ANEXO 7. Ejemplo de encuesta y examen audiométrico realizado

Tesis de investigación

Encuesta sobre la pérdida auditiva por uso indebido de audífonos.

1. Escriba su edad
.....19.....

2. Seleccione su género:
 MASCULINO FEMENINO

3. Seleccione su carrera o profesión:
 MUSICO INGENIERO

4. ¿Tiene antecedentes familiares relacionados a la pérdida auditiva? (Si tu respuesta es "si" escribe cuales son estos antecedentes)
 SI NO
Antecedentes:

5. ¿Posee alguna dificultad auditiva o ha sufrido algún trauma auditivo?
 SI NO
Si usted ha sufrido un trauma o cree haber tenido alguno seleccione el tipo de incidente al que haya estado expuesto:
 Disparo Explosión Golpe o accidente Concierto
 Auriculares Otro:

6. ¿Hace uso de protección auditiva? (Si respondió "no" seleccione la razón)
 SI NO
.....Cuando practico batería.....
 No conoce de protectores No te interesa Por estética
 Por comodidad Otra.....

7. Indique el tiempo de exposición diaria al escuchar música con sus audífonos.
.....2.....

8. Seleccione, en la siguiente figura, el volumen al cual generalmente escucha música con sus audífonos. (Considere la barra de volumen de su dispositivo para poder localizar el volumen empleado)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20%	40%	60%	80%	100%

Figura 43. Ejemplo de encuesta realizada a un estudiante de Ingeniería en Sonido

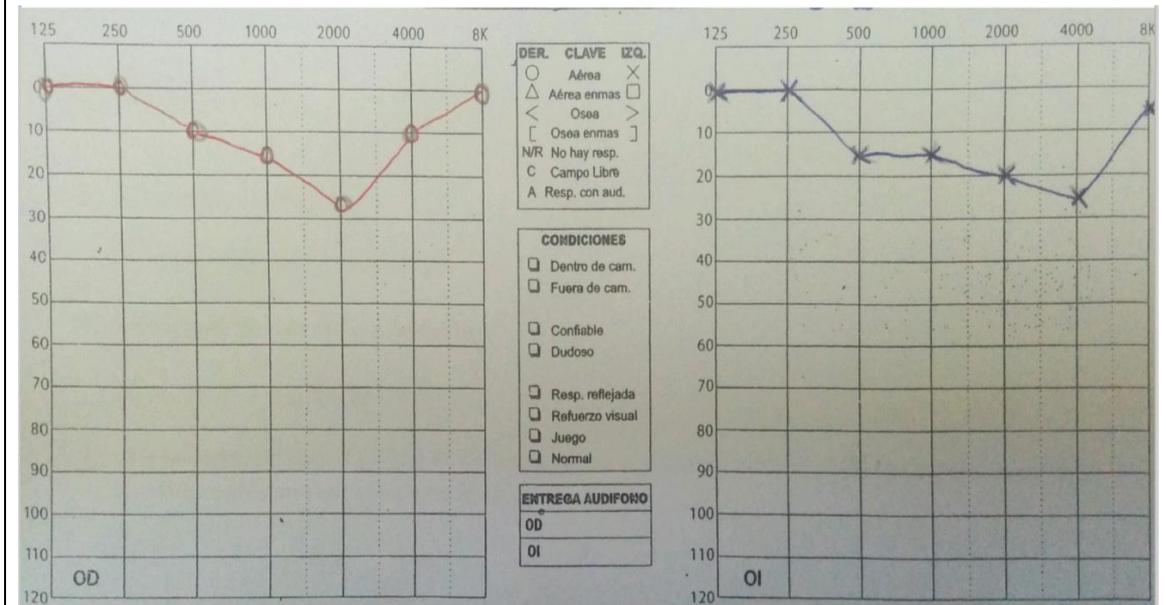


Figura 44. Ejemplo de audiograma realizado a un estudiante de Ingeniería en Sonido