

## **Informe final Proyecto de Investigación Código P0120**

**Estudio comparativo entre el nivel de presión sonora efectivo ponderado “A”,  $L'_A$ , obtenido en condiciones de terreno y el  $L'_A$  obtenido de manera teórica para elementos de protección auditiva tipo orejeras”**

Investigador: Juan R. Chávez M.  
Ingeniero Acústico.

Co-investigador: Alejandro Gómez F.  
Ingeniero Acústico

FUNDACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA - ACHS  
Santiago 2015

**Este proyecto fue realizado con el financiamiento de la Asociación Chilena de Seguridad, a través de la Fundación Científica y Tecnológica, FUCYT.**

## Contenido

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo General:.....	3
2.2 Objetivos Específicos:.....	3
3. ANTECEDENTES .....	4
3.1 Protectores Auditivos .....	4
3.2 Trayectorias del Ruido cuando se utiliza un Protector Auditivo tipo Orejera .....	4
3.3 Tipos de Protectores Auditivos .....	6
3.3.1 Orejera .....	6
3.3.2 Tapón .....	8
3.3.3 Protectores Auditivos Especiales.....	10
3.4 Niveles de Presión Sonora Efectivos Ponderados “A”, $L'_{A}$ , cuando se utilizan Protectores Auditivos .....	11
3.4.1 Estimación del $L'_{A}$ . Normativa Nacional, NCh1331/6.Of2001.....	11
3.4.2 Medición del $L'_{A}$ .....	17
4. MATERIALES Y METODOS .....	20
4.1 Orejeras Utilizadas .....	20
4.1.1 Orejera 3M/Peltor, serie Optime 98, modelo H9A.....	21
4.1.2 Orejera Howard Leight, modelo Viking V1 .....	21
4.1.3 Orejera SteelPro, modelo Samurai.....	21
4.1.4 Orejera Masprot, modelo MPA-101 .....	21
4.2 Instrumentación Utilizada .....	22

4.3	Sujeto de Prueba .....	22
4.4	Determinación del Factor FC en Laboratorio de Protección Auditiva .....	23
4.4.1	Medición de la Atenuación Sonora .....	23
4.4.2	Medición de la Pérdida por Inserción .....	24
4.5	Condiciones de las Mediciones en Terreno .....	24
4.6	Metodología para la Determinación de los $L'_A$ .....	26
5.	RESULTADOS.....	28
5.1	Determinación del Factor FC del Sujeto de Prueba.....	28
5.2	Mediciones en Terreno .....	28
5.3	Niveles de Presión Sonora Efectivos Ponderados A, $L'_A$ .....	39
6.	ANÁLISIS.....	44
6.1	De los gráficos de las mediciones resultados en terreno se infiere lo siguiente: ...	44
6.2	De los métodos de determinación del $L'_A$ .....	45
6.3	De la comparación entre el $L'_A$ medido en terreno (Mire) y $L'_A$ determinado por el Método de Banda de octava .....	46
7.	CONCLUSIONES .....	50
8.	RECOMENDACIONES .....	50
9.	BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA.....	52

## RESUMEN

El siguiente trabajo presenta un estudio comparativo en elementos de protección auditiva tipo orejeras del Nivel de Presión Sonora Efectiva Ponderada A,  $L'_A$ , obtenido en condiciones de terreno y de manera teórica por medio del método Bandas de Octava establecido por la norma NCh1331/6.Of2001.

En el desarrollo del estudio se utilizó un dosímetro de medición SVANTEK SV102 de dos canales, uno de los cuales presentaba un micrófono en miniatura, MIRE, y el otro un micrófono de  $\frac{1}{2}$ ". Se consideraron 21 fuentes típicas generadoras de ruido de diversos rubros y se utilizaron cuatro diferentes protectores auditivos tipo orejeras, los cuales se eligieron por ser los más comúnmente utilizados por empresas chilenas.

Para obtener los  $L'_A$  en terreno, se consideraron los niveles medidos por el micrófono MIRE los cuales fueron posteriormente corregidos por un factor asociado a la transmisión ósea y ruidos fisiológicos del sujeto de ensayo, en tanto, para la obtención de los  $L'_A$  de manera teórica, se consideraron los niveles medidos por el micrófono de  $\frac{1}{2}$ " a los que se les aplicó el método Bandas de Octava establecido por la NCh1331/6.Of2001, determinándose que existe una buena correlación, dado que se encontraron diferencias en un rango de 3 dB(A) y un valor de correlación  $R^2=0.89$ .

Para las mismas fuentes de ruido y utilizando los niveles medidos por el micrófono de  $\frac{1}{2}$ ", se analizó también la correlación existente entre los tres métodos establecidos por la NCh1331/6.Of2001, correspondientes a: Bandas de Octava, HML y SNR, comprobándose que no existen diferencias significativas en su uso, encontrándose diferencias inferiores a 3 dB(A) y correlaciones entre  $R^2=0.97$  (Bandas de Octava y HML) y  $R^2=0.98$  (Bandas de Octava y SNR).

**Palabras claves:** Exposición a rudo, protectores auditivos, NCh1331/6, protección auditiva, MIRE.

## 1. INTRODUCCIÓN

El ruido en comparación a otros agentes, está presente en la mayoría de las actividades productivas y su peligrosidad no solo depende de la magnitud o intensidad, sino también del tiempo de exposición al cual el trabajador está expuesto, lo cual a largo plazo puede provocar problemas de pérdida auditiva o hipoacusia.

Dentro de las enfermedades profesionales, la hipoacusia por exposición a ruido laboral, presenta desde tiempos remotos una alta prevalencia, principalmente en países industrializados. El número estimado de personas afectadas por esta patología en el mundo, ha aumentado de 120 millones en el año 1995 a 250 millones en el año 2004 <sup>[1]</sup>.

La pérdida auditiva inducida por ruido afecta principalmente la capacidad del individuo para interactuar tanto en el trabajo como socialmente, impactando directamente en su calidad de vida, ya que induce dificultades permanentes en la comunicación y en las relaciones interpersonales, provocando aislamiento social. Agravando aun más la situación, sobre el 20% de los afectados, sufren tinnitus, lo que aumenta su problema de hipoacusia <sup>[2]</sup>.

La realidad nacional indica que, entre los años 2005 y el 2009, ambos inclusive, del total de dictámenes por enfermedad profesional en la Región Metropolitana, el 68,6% correspondió a hipoacusia sensorio neural inducida por ruido <sup>[3]</sup>. Además, la hipoacusia es la principal causa de indemnizaciones y pensiones, con un 80% de las incapacidades permanentes <sup>[2]</sup>.

Actualmente en la ACHS, del total de 120.000 trabajadores, asociados a 2.565 empresas, que se encuentran incorporados en Programas de Vigilancia Médica, (PROVIMEP), 99.000 trabajadores están en PROVIMEP por exposición a ruido <sup>[4]</sup>.

Por todo lo mencionado anteriormente, el control de la exposición ocupacional a ruido constituye una actividad de vital importancia. Más aún, considerando las cada vez más exigentes regulaciones gubernamentales, ambientales y laborales al

respecto, en este último sentido principalmente por lo señalado en el Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido, que entrega las directrices tanto para la elaboración, aplicación y control de los programas de vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos al agente ruido, como también de lo concerniente a sus ambientes de trabajo (Norma Técnica N°125 aprobada mediante Decreto N° 1029 Exento, de noviembre de 2011 del MINSAL).

Pese a que los niveles de ruido a los que están expuestos los trabajadores en sus puestos de trabajo se pueden controlar mediante acciones del tipo técnico u organizativo, de las cuales se destacan los Elementos de Protección Personal (EPP's), la realidad nacional nos señala que el costo de aplicar medidas de control del tipo técnico o administrativo en la fuente o en el camino supone una inversión que no puede ser, en la mayoría de los casos, solventada por pequeñas y medianas empresas. Por este motivo, el uso de los EPP se transforma en la principal alternativa a utilizar, siendo el Protector Auditivo (EPA), el EPP utilizado contra el agente ruido <sup>[5]</sup>.

Una situación que han podido detectar los profesionales de la ACHS a lo largo del tiempo es que, a pesar de que efectúan buenas evaluaciones de ruido y se entregan recomendaciones de protección auditiva de acuerdo a lo normativa nacional vigente, y que las empresas compran e implementan los EPA sugeridos, se ha detectado que trabajadores supuestamente protegidos con elementos de protección como orejeras o tapones, resultan con daño auditivo o han visto aumentar su pérdida auditiva.

De acuerdo a los antecedentes expuestos, el presente trabajo tiene por finalidad determinar, bajo condiciones de terreno los Niveles de Presión Sonora Efectivos Ponderados A,  $L'_A$ , que proporcionan protectores auditivos tipo orejeras y compararlos con los estimados teóricamente.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Determinar cuantitativamente, bajo condiciones de terreno, los  $L'_A$  que proporcionan protectores auditivos tipo orejera, y compararlos con los estimados teóricamente según método Bandas de Octava establecido en la normativa nacional vigente al respecto, NCh1331/6.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Estudiar metodología y principios para la medición de niveles de ruido al interior del conducto auditivo.
- Determinar el  $L'_A$  (obtenido según método MIRE) que proporcionan, bajo condiciones acústicas específicas, algunos modelos de protectores auditivos tipo orejera.
- Determinar el  $L'_A$  (según métodos establecidos en NCh1331/6) que proporcionan, bajo condiciones acústicas específicas, algunos modelos de protectores auditivos tipo orejera.
- Determinar un Factor de Corrección, FC, asociado al Ruido Fisiológico y la Conducción Ósea (BC) del sujeto de ensayo.
- Para cada muestra, comparar el  $L'_A$  obtenido según método MIRE con el  $L'_A$  determinado según método Bandas de Octava establecido en NCh1331/6.Of2001.
- Para cada muestra, comparar los  $L'_A$  obtenidos según los métodos establecidos en NCh1331/6.Of2001.

- Determinar recomendaciones a considerar en la selección o verificación de la efectividad de protección auditiva tipo orejera.

### **3. ANTECEDENTES**

#### **3.1 PROTECTORES AUDITIVOS**

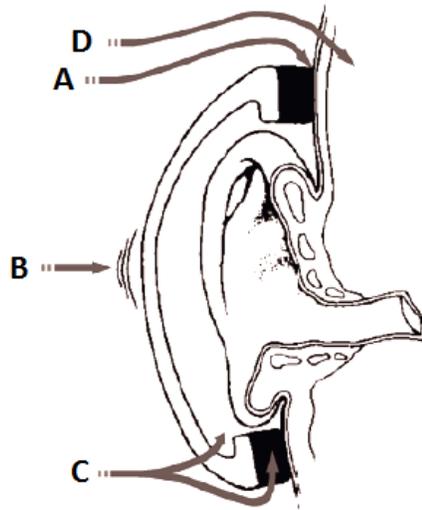
La forma más eficaz de controlar los niveles de exposición a ruido requiere la implementación de medidas de carácter técnico y/o administrativo, siendo el control de ruido en la fuente la primera medida que se debería aplicar.

El costo de aplicar medidas de control en la fuente o en el medio de transmisión, en conjunto con problemas de índole técnico en algunas fuentes, hace que el uso de elementos de protección auditiva se transforme en la medida de control más utilizada y en la última opción para el control de la exposición a ruido.

Como los daños en la audición ocurren normalmente en el oído interno, el protector auditivo se presenta como una barrera acústica que protege tal parte del oído, además del oído medio y externo. Asimismo, es posible definirlo como un dispositivo capaz de impedir el paso de ruido a los mecanismos sensibles de la audición <sup>[6]</sup>.

#### **3.2 TRAYECTORIAS DEL RUIDO CUANDO SE UTILIZA UN PROTECTOR AUDITIVO TIPO OREJERA**

La eficiencia de los protectores auditivos depende de sus propias características y también de las características fisiológicas y anatómicas del usuario. En el caso de un individuo que usa protección auditiva, la energía sonora alcanza el oído interno a través de cuatro trayectorias diferentes: filtración a través del contacto (A), vibraciones del protector (B), material del protector (C) y huesos y tejidos (D), las cuales se presentan en la siguiente figura <sup>[7]</sup>.



**Figura N° 1. Trayectorias de transmisión del ruido cuando se utiliza un protector auditivo tipo orejera.**

El protector auditivo actúa como una barrera acústica, protegiendo al oído medio del ruido que alcanza vía aérea el sistema auditivo. Por lo tanto, el protector auditivo atenuará el ruido, a través de las trayectorias A y C, y estará limitada debido a la existencia de las trayectorias B y D que inevitablemente transmiten ruido, principalmente, la trayectoria D, ya que ingresa directamente al oído interno. En promedio, los huesos y tejidos del cuerpo humano proporcionan entre 40 y 60 dB de atenuación (dependiendo de la frecuencia). De esta forma, la trayectoria D se considera como un importante camino de transmisión para los protectores que producen una atenuación superior a estos valores. En la mayoría de los casos se puede ignorar la transmisión de ruido vía ósea y tejidos. En el caso de las vibraciones generadas por el protector tipo orejera o trayectoria B, la almohadilla del protector, vibra en sentido contrario al protector, que en conjunto con el aire contenido al interior de la orejera, generan un sistema masa-resorte. Este efecto se presenta en las bajas frecuencias, limitando la atenuación sonora del protector a valores entre 6 a 20 dB <sup>[8]</sup>.

Así, considerando los límites ya establecidos por las trayectorias B y D, la mayor atenuación de ruido del protector auditivo se obtendrá cuando se reducen las trayectorias A y C, es decir, utilizando en el diseño del protector un material con un pequeño coeficiente de transmisión (trayectoria C) y obteniendo un buen ajuste de éste en la cabeza o canal auditivo del usuario (trayectoria A). Sin embargo, en la práctica es muy difícil obtener un buen ajuste, principalmente, por la deficiente capacitación a los usuarios, pudiendo reducir el efecto de atenuación del protector entre 5 y 15 dB <sup>[8]</sup>.

### 3.3 TIPOS DE PROTECTORES AUDITIVOS

Los protectores auditivos se diferencian principalmente por su localización en el sistema auditivo. Los protectores auditivos tipo casco son conocidos como aquellos que aíslan completamente la cabeza de la persona, los de tipo orejeras como aquellos que aíslan toda la oreja (principio circumaural), los de tipo tapón como aquellos que se acomodan sobre o en el interior del conducto auditivo <sup>[9]</sup>.

A continuación se presentan los principales tipos de protectores auditivos <sup>[5]</sup>.

#### 3.3.1 Orejera

Tipo de protector auditivo compuesto por un arnés y un par de copas diseñadas para cubrir cada pabellón auditivo (orejas). En estos protectores auditivos, comúnmente, el arnés es de plástico o metal, se ubica generalmente sobre la cabeza, pero en algunos modelos se puede ubicar detrás de la nuca o bajo la barbilla.

Este tipo de protector auditivo se clasifica como se presenta a continuación:

- a) **Clasificación de acuerdo a su tamaño:** este tipo de protector se puede clasificar según su tamaño o talla en pequeña (S), estándar (N) y grande (L).

- b) **Clasificación de acuerdo al elemento utilizado para acoplar las orejeras:** éstas se clasifican en:

**Orejera con arnés:** a su vez, de acuerdo a la posición en el uso del arnés, se clasifican en los siguientes tipos:

**De posición universal.** Se puede utilizar con el arnés sobre la cabeza, bajo la barbilla o detrás de la nuca.



*Figura N°2. Orejera con arnés de posición universal.*

**De posición única.** Es aquel que está diseñado de tal forma que sólo se puede utilizar sobre la cabeza, o bajo la barbilla, o detrás de la nuca.



*Figura N°3. Orejera con arnés de posición fija sobre la cabeza y orejera con arnés de posición fija detrás de la nuca.*

**Orejas acoplables a un casco de protección** (ver figura 4).



**Figura N°4.** Orejera con arnés de posición fija sobre la cabeza y orejera con arnés de posición fija detrás de la nuca.

### 3.3.2 Tapón

Tipo de protector auditivo que se inserta o taponea los conductos auditivos, bloqueando la transmisión sonora por vía aérea. En ocasiones se suministran con un cordón de unión o con un arnés.

Los tapones auditivos se pueden clasificar como se indica a continuación: según su vida útil en desechable y reutilizables. Además se pueden clasificar según adaptabilidad al uso como se presenta a continuación:

#### a) Clasificación según vida útil

**Desechables:** están destinados para ser utilizados una única vez

**Reutilizables:** se pueden utilizar más de una vez.

#### b) Clasificación según adaptabilidad

**Moldeables por el usuario:** se comprimen con los dedos para luego insertarse en el conducto auditivo donde se expanden y amoldan. Se fabrican en vinilo, silicona, elastómeros, algodón y cera, lana de vidrio hilada y espumas de celda cerrada (ver figura 5).



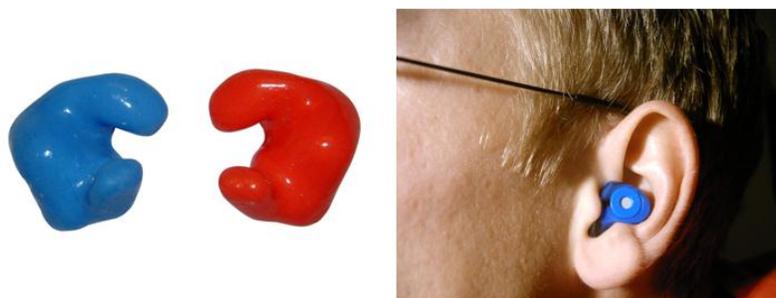
**Figura N°5. Tapones moldeables por el usuario.**

**Premoldeados:** están constituidos por una, dos o tres cuñas (o rebordes) las cuales ayudan a sellar el conducto auditivo. Se fabrican en masilla de silicona, vinilo o acrílico (ver Figura 6).



**Figura N°6. Tapones premoldeados.**

**Personalizados:** se diseñan a la medida del usuario, obtenidos a partir de un molde del conducto auditivo de la persona. Suelen ser del tipo reutilizables (ver figura 7).



**Figura N°7. Tapones Personalizados.**

**Unidos por un arnés:** pueden ser desechables o reutilizables unidos entre sí por un arnés. Se introducen en el conducto auditivo o bien en la entrada del mismo. Como en el caso de las orejeras, estos protectores pueden ser

de una talla de cabeza o cubrir varias tallas: mediana o estándar (M o N), y/o pequeña (S) y/o Grande (L) (ver figura 8).



**Figura 8. Tapones unidos por un arnés.**

### **3.3.3 Protectores Auditivos Especiales**

Usar un protector auditivo lineal o convencional (Tapón u Orejera) no debiese provocar inconvenientes al usuario como: dificultad para entender un diálogo, no escuchar señales de peligro o de cualquier otro sonido o señales necesarios para la actividad laboral. En caso contrario se deben utilizar protectores auditivos especiales diseñados para tales problemas.

Este tipo de protector auditivo se pueden clasificar de distintas formas como se presenta a continuación:

#### **a) Protectores no lineales**

**a.1) Protectores auditivos dependientes del nivel de presión sonora:** Son protectores auditivos que incorporan un sistema electro-acústico y cuya curva de atenuación depende del nivel de presión sonora existente en el lugar donde se utiliza. Cuando el nivel de ruido aumente la atenuación del protector aumentará hasta llegar a ser la misma o casi la misma que la obtenida en modo pasivo (con el sistema electrónico apagado). De igual forma, al disminuir el ruido ambiente se reducirá la atenuación acústica hasta el punto de anularse o llegar a amplificar, con el objeto de escuchar lo que ocurre alrededor sin necesidad de quitarse la orejera<sup>[10]</sup>.

**a.2) Protectores auditivos activos:** Incorporan circuitos electroacústicos destinados a reproducir una señal idéntica a la entrada, pero desfasada en 180° (principio de cancelación).

**a.3) Orejeras con sistema de comunicación:** Usan un sistema de intercomunicación incorporado, de tipo inalámbrico o por cable, a través del cual se pueden transmitir señales audibles de cualquier tipo.

**b) Cascos anti-ruido:** Elementos de protección personal que cubren las orejas y gran parte de la cabeza, permitiendo de esta manera la transmisión de ondas sonoras aéreas a la cavidad craneana disminuyendo así la conducción ósea del sonido al oído interno.

### **3.4 NIVELES DE PRESIÓN SONORA EFECTIVOS PONDERADOS “A”, L’A, CUANDO SE UTILIZAN PROTECTORES AUDITIVOS**

De acuerdo a lo establecido en normativa nacional vigente NCh1331/6.Of2001, el Nivel de Presión Sonora Efectivo Ponderado “A”, L’A, se define de la siguiente manera: “para un rendimiento de protección especificado,  $x$ , y una situación de ruido específica, es el nivel de presión sonora efectivo ponderado “A” cuando se utiliza un protector auditivo determinado, calculado de acuerdo con cualquiera de los tres métodos descritos en esta norma”.

#### **3.4.1 ESTIMACIÓN DEL L’A. NORMATIVA NACIONAL, NCh1331/6.Of2001 <sup>[11]</sup>**

Idealmente, el nivel de presión sonora efectivo ponderado “A” cuando se utiliza un protector auditivo debería estimarse tanto sobre la base de los datos de atenuación sonora en bandas de octava (medidos de acuerdo con NCh1331/5) como de los niveles de presión sonora medidos en bandas de octava del ruido. Se reconoce, sin embargo, que en muchas situaciones no se puede tener la información sobre los niveles de presión en bandas de octava del ruido. Debido a esto es necesario disponer de métodos más simples para determinar los niveles de presión sonora efectivos ponderados A y C del ruido. Esta parte de NCh1331

contempla estas dos situaciones especificando un método de cálculo en bandas de octava, así como dos procedimientos alternativos simplificados, el método HML y el método SNR.

A partir del nivel de ruido NPSeq del puesto de trabajo y de la curva de atenuación sonora (en bandas de octava) o de los valores HML o SNR del protector auditivo, se calculará el nivel de presión sonora efectivo ponderado “A”, en el oído con el protector auditivo colocado ( $L'_A$  en dB(A)).

Los siguientes procedimientos de cálculo utilizados en el país se presentan a continuación.

#### a) **Método de Bandas de Octava**

Este método requiere los niveles en bandas de octava del ruido medido y los valores de protección asumida,  $APV_{fx}$ , proporcionados por el fabricante. Si no se dispone del valor APV a 63 Hz, se debe realizar el cálculo a partir de 125 Hz.

Para calcular el APV en bandas de octava para cada frecuencia, se obtiene según la ecuación (1).

$$APV_f = m_f - \alpha \cdot S_f \quad (1)$$

en que:

$m_f$  = es la atenuación sonora promedio, en dB

$S_f$  = representa la desviación estándar para cada banda de frecuencia, en dB

$\alpha$  = es una constante, con los valores dados en la Tabla 1, asociada al rendimiento de protección seleccionado o al porcentaje de situaciones para las cuales el nivel de presión sonora efectivo ponderado “A”, cuando se utiliza el protector auditivo, es igual o menor que el valor calculado.

**Tabla 1.** Valores de  $\alpha$  para varios rendimientos de protección  $x$

Rendimiento de protección $x, \%$	Valor de $\alpha$
75	0,67
80	0,84
84	1,00
85	1,04
90	1,28
95	1,64

El nivel de presión sonora efectivo ponderado “A”,  $L'_{Ax}$ , cuando se utiliza un protector auditivo, se calculan a partir de:

$$L'_{Ax} = 10 \cdot \text{Log} \sum_{k=1}^8 10^{0,1(L_{f(k)} + A_{f(k)} - APV_{f(k)x})} \text{ dB} \quad (2)$$

en que:

$f(k)$  = representan la frecuencia central de las bandas de octava;

$f(1)$ = 63 Hz,  $f(2)$ = 125 Hz;...  $f(8)$ =8 000 Hz.

$L_{f(k)}$  = es el nivel de presión sonora del ruido medido en bandas de octava.

$A_{f(k)}$  = es la ponderación “A” en frecuencias de acuerdo a la norma NCh2500.

Los valores resultantes de  $L'_{Ax}$  se deben redondear al entero más cercano.

## **b) Método HML**

Este método requiere disponer los valores presión sonora ponderados A y C del ruido y los valores H, M y L.

### **b.1) Cálculo de los valores $H_x$ , $M_x$ y $L_x$ .**

El cálculo de los valores  $H_x$ ,  $M_x$  y  $L_x$ , está basado en ocho espectros de ruido de referencia con diferentes valores ( $L_C - L_A$ ) y los valores de protección asumida

APV<sub>fx</sub> del protector auditivo. Los valores son independientes de la situación real de ruido a la cual se aplican, y se calculan utilizando las ecuaciones siguientes:

$$H_x = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^4 PNR_{xi} - 0,48 \cdot \sum_{i=1}^4 d_i PNR_{xi} \quad (3)$$

$$M_x = 0,25 \cdot \sum_{i=5}^8 PNR_{xi} - 0,16 \cdot \sum_{i=5}^8 d_i PNR_{xi} \quad (4)$$

$$L_x = 0,25 \cdot \sum_{i=5}^8 PNR_{xi} - 0,23 \cdot \sum_{i=5}^8 d_i PNR_{xi} \quad (5)$$

en que PNR<sub>xi</sub> se calculará mediante la ecuación (6).

$$PNR_{xi} = 100 - 10 \cdot \text{Log} \sum_{k=1}^8 10^{0,1(L_{Af(k)} - APV_{f(k)x})} \text{ dB} \quad (6)$$

L<sub>Af(k)</sub> y d<sub>i</sub> están representados en la Tabla 2.

El subíndice *i* representa el número de referencia del espectro de ruido.

Los valores resultantes de H<sub>x</sub>, M<sub>x</sub> y L<sub>x</sub> se deben redondear al entero más cercano.

**Tabla 2.** Niveles de presión sonora ponderados A, L<sub>Af(k)</sub>, de ocho niveles de referencia estandarizados al nivel de presión sonora estandarizados al nivel de presión sonora “A” de 100 dB, valores de (L<sub>C</sub> - L<sub>A</sub>) y d<sub>i</sub> contantes.

<i>i</i>	Frecuencia central de la banda de octava, Hz								(L <sub>C</sub> - L <sub>A</sub> ) dB	d <sub>i</sub> dB
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1	51,4	62,6	70,8	81	90,4	96,2	94,7	92,3	-1,2	-1,2
2	59,5	68,9	78,3	84,3	92,8	96,3	94	90	-0,5	-0,49
3	59,8	71,1	80,8	88	95	94,4	94,1	89	0,1	0,14
4	65,4	77,2	84,5	89,8	95,5	94,3	92,5	88,8	1,6	1,56
5	65,3	77,4	86,5	92,5	96,4	93	90,4	83,7	2,3	-2,98
6	70,7	82	89,3	93,3	95,6	93	90,1	83	4,3	1,01
7	75,6	84,2	90,1	93,6	96,2	91,3	87,9	81,9	6,1	0,85
8	77,6	88	93,4	93,8	94,2	91,4	87,9	79,9	8,4	3,14

## b.2) Aplicación del método HML para la estimación del nivel de presión sonora efectiva con filtro de ponderación A

Obtenidos los valores H, M y L del protector auditivo y los niveles continuo equivalentes en “C” y en “A” del puesto de trabajo, se obtiene la reducción del nivel de ruido predicha, PNR, según dos casos que se presentan a continuación.

**b.2.1)** Para ruidos de baja frecuencia, o sea aquellos en que  $L_C - L_A > 2$  dB se calculara según la ecuación (7).

$$PNR_x = M_x - \frac{M_x - L_x}{8} \cdot (L_C - L_A - 2 \text{ dB}) \quad (7)$$

**b.2.2)** Para ruidos de medias y altas frecuencias, o sea aquellos en que  $L_C - L_A < 2$  dB se calculara según la ecuación (8).

$$PNR_x = M_x - \frac{H_x - M_x}{4} \cdot (L_C - L_A - 2 \text{ dB}) \quad (8)$$

Para aquellos casos en que  $L_C - L_A = 2$  dB, se puede usar cualquiera de las ecuaciones anteriormente mostradas para obtener la reducción del nivel de ruido predicha.

Por lo tanto, el nivel de presión sonora efectiva con filtro de ponderación A se obtendrá según la ecuación (9), donde el valor resultante se debe redondear al entero más cercano.

$$L'_{Ax} = L_A - PNR_x \quad (9)$$

**c) Método SNR**

Este método requiere del nivel de presión sonora ponderado C del ruido y el valor SNR del protector auditivo.

**c.1 Cálculo de los valores SNR**

El cálculo de los valores  $SNR_x$  se basa en el espectro de un ruido rosa y los valores de protección asumida,  $APV_{f(k)x}$ , del protector auditivo. El valor  $SNR_x$  es independiente del espectro de ruido para el cual se emplea el protector auditivo y se calcula según la siguiente ecuación (10).

$$SNR_x = 100 - 10 \cdot \text{Log} \sum_{k=1}^8 10^{0,1(L_{Af(k)} - APV_{f(k)x})} \text{ dB} \quad (10)$$

Donde los niveles de presión sonora equivalente según banda de frecuencia,  $L_{Af(k)}$  son los indicados en la Tabla 3 como respuesta al ruido rosa.

**Tabla 3.** Niveles de presión sonora en bandas de octava ponderados A,  $L_{Af(k)}$ , de un ruido rosa que tiene un nivel de presión sonora ponderado C de 100 dB.

Frecuencia central de la banda de octava, f, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Af(k)}$ , dB	65.3	75.4	82.9	88.3	91.5	92.7	92.5	90.4

**c.2 Aplicación del método SNR para la estimación del nivel presión sonora efectivo con filtro de ponderación A.**

Para obtener este nivel se calcula a partir de  $SNR_x$  y el nivel de presión sonora ponderado en C, utilizando la ecuación (11).

$$L'_{Ax} = L_C - SNR_x \quad (11)$$

Cuando solo se dispone del nivel de presión sonora ponderado “A” de un ruido determinado, SNR puede usarse si la diferencia ( $L_C - L_A$ ) es conocida, por lo tanto el nivel de presión sonora efectiva en A puede calcularse según la ecuación (12).

$$L'_{Ax} = L_A + (L_C - L_A) - SNR_x \quad (12)$$

### 3.4.2 MEDICIÓN DEL L'A

Hoy en día existen en el mercado diversos instrumentos que, mediante el uso de micrófonos en miniatura al interior del conducto auditivo (Técnica MIRE), pueden cuantificar el nivel de presión sonora que se produce en este lugar.

La principal aplicación de esta técnica (MIRE) corresponde a la determinación de la inmisión sonora de fuentes sonoras cercanas al oído, tales como audífonos, auriculares, etc., siendo la norma ISO 11904/1 la que establece, entre otras cosas, el procedimiento para efectuar dichas mediciones.

Es importante considerar que, cuando se utiliza un protector auditivo, el nivel de presión sonora cuantificado con la técnica MIRE no corresponde exactamente al  $L'_{Ax}$ , ya que las fuentes de ruido no se ubican precisamente cerca del oído, existiendo vías de transmisión y efectos que no están considerados por la técnica señalada, como la transmisión vía ósea y tejidos y el ruido fisiológico de un persona.

Es por esta razón, que en la estimación teórica del  $L'_{Ax}$  se considera la atenuación sonora del protector auditivo obtenida por un método REAT (Real Ear Attenuation Threshold), puesto que en su obtención considera todos los caminos de transmisión, incluyendo la transmisión vía ósea y tejidos, además del ruido fisiológico, aunque a niveles de presión sonora inferiores a los existentes en los lugares de trabajo.

El método subjetivo REAT se relaciona con IL adicionando el “Ruido Fisiológico” (PN – “Physiological Noise”) y la “Conducción Ósea” (BC – “Bone Conduction”)<sup>[8]</sup>:

$$REAT = IL + PN + BC \quad (13)$$

El PN, puede ser causado por los latidos cardíacos, circulación sanguínea, temblor muscular y vibración de la orejera del protector debido a la respiración. Con el oído no ocluido, el PN normalmente es inaudible, dificultando su medición. Este es un fenómeno que ocurre principalmente en frecuencias bajas, con un decaimiento entre 5 y 15 dB por octava en el rango de 32-250 Hz. El fenómeno es amplificado por el “efecto de oclusión” (OE), como sería para cualquier otra influencia vibratoria de frecuencia baja <sup>[8]</sup>.

Cuando el oído externo está ocluido, por ejemplo por la orejera como PA, el oído se hace más sensible a la transmisión vía ósea para frecuencias bajo los 2 kHz. Este cambio en el umbral de la transmisión vía ósea es conocido como efecto de oclusión. Los desplazamientos vibratorios en frecuencias bajas de la pared del conducto auditivo y/o pabellón auricular, desarrollan una gran presión en el tímpano en la condición ocluida, debido a la modificación de la impedancia de terminación del oído presentada por el bloqueo. Una vez que se excita el tímpano, la energía es transmitida a lo largo de la cadena de huesecillos hasta la cóclea. El OE puede ser tan alto como 30 dB <sup>[8]</sup>.

“El concepto de la conducción ósea (BC) implica que el sonido es transmitido a través de la vibración estructural del cuerpo. Si este concepto es tomado literalmente, se pierde su utilidad con respecto a la audición, porque la vibración de algunos huesos en la audición normal está siempre implicada. Incluso en la transmisión aérea, el sonido es conducido del tímpano al interior del oído a través de los huesecillos del oído medio” <sup>[8]</sup>.

El propósito del término BC es distinguir entre el sonido que llega al conducto auditivo por aire, y el sonido que se transmite al oído por la vibración del cuerpo en contacto con la cabeza <sup>[8]</sup>.

De acuerdo a la sección será la 3.2, en promedio los huesos y tejidos humanos producen de 40-60 dB de atenuación (dependiendo de la frecuencia). En el método MIRE, debido a que la técnica no toma en cuenta el paso vía conducción

ósea, para las frecuencias entre 500 y 8000 Hz los valores de MIRE son altos, sobrestimando la atenuación del protector <sup>[8]</sup>.

En relación con lo anteriormente expuesto, para poder comparar el  $L'_A$  obtenido según método MIRE con el  $L'_A$  según método establecidos en NCh1331/6, es necesario adicionar al NPS obtenido por la técnica MIRE un factor de corrección (FC), que incluye los términos PN y BC como lo muestra la siguiente ecuación <sup>[8]</sup>.

$$L'_{Ax} = NPS + PN + BC \quad (14)$$

$$L'_{Ax} = NPS + FC \quad (15)$$

Dado que FC es una variable asociada al sujeto de ensayo y no a los protectores auditivos, para obtener su valor, se debe realizar un promedio de la resta entre los valores entregados por el método subjetivo REAT y los valores obtenidos por la medición del IL de cada protector. La fórmula del FC por bandas de frecuencia se ilustra en la siguiente ecuación <sup>[8]</sup>:

$$FC_f = \frac{\sum_{i=1}^K (REAT - IL_{fi})}{K} \quad (16)$$

donde f son las frecuencias centrales en bandas de octava (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz) y k es el número de protectores <sup>[8]</sup>.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 OREJERAS UTILIZADAS

En la selección y adquisición de las orejeras a utilizar, se efectuó consulta a los Especialistas en Higiene Ocupacional de la ACHS, quienes en su labor desarrollan permanentemente estudios de exposición a ruido, solicitando indicar las 4 marcas y modelos de protectores tipo orejera más utilizados por los trabajadores de las empresas que visitan. Los resultados correspondieron a:

- 3M/Peltor, serie Optime 98, modelo H9A
- Howard Leight, modelo Viking V1
- SteelPro, modelo Samurai
- Masprot, modelo MPA 101.

En nuestro país la norma adoptada para determinar la atenuación sonora de un protector auditivo tipo orejera corresponde a la norma ISO 4869-1, razón por la que en la presente investigación se utilizarán las curvas determinadas bajo esta metodología, las cuales fueron obtenidas desde los envases del producto para el protector 3M/Peltor, serie Optime 98, modelo H9A y para el protector SteelPro, modelo Samurai, en tanto, para el protector Howard Leight, modelo Viking V1, esta información se obtuvo desde página web, y para el protector Masprot no fue posible encontrarla ya que sólo presenta ensayos según norma ANSI S3.19-1974.

#### 4.1.1 Orejera 3M/Peltor, serie Optime 98, modelo H9A.

	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<b>Atenuación Sonora (dB)</b>	14.6	20.2	32.5	39.3	36.4	34.4	40.2
<b>Desviación Estándar (dB)</b>	1.6	2.5	2.3	2.1	2.4	4.0	2.3



Valores obtenidos según norma europea EN 352-1:1993/ ISO 4869-1:1990.

#### 4.1.2 Orejera Howard Leight, modelo Viking V1

	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<b>Atenuación Sonora (dB)</b>	10.7	15.9	26.1	31.8	34.3	32.7	33.3
<b>Desviación Estándar (dB)</b>	3.3	3.4	2.9	3.0	3.9	2.7	3.0



Valores obtenidos según norma europea EN 352-1:1993/ ISO 4869-1:1990.

#### 4.1.3 Orejera SteelPro, modelo Samurai

	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<b>Atenuación Sonora (dB)</b>	15.7	17.1	25.6	32.7	34.3	31.8	32.6
<b>Desviación Estándar (dB)</b>	3.9	1.7	3.2	3.2	3.0	2.9	3.9



Valores Obtenidos bajo norma ISO 4869-1:1990.

#### 4.1.4 Orejera Masprot, modelo MPA-101

	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<b>Atenuación Sonora (dB)</b>	14.2	17.9	26.0	33.8	36.2	32.2	38.2
<b>Desviación Estándar (dB)</b>	2.4	2.8	3.0	2.5	3.2	2.6	2.1



Valores Obtenidos bajo norma ANSI S3.19-1974

## 4.2 INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

Considerando parámetros como: costo, funcionalidad, representación en el país, etc., se efectuó una revisión en el mercado asociado a la instrumentación en equipamiento de medición de nivel presión sonora para aplicación de método MIRE, seleccionándose y adquiriendo equipo marca Svantek, modelo SV102 3S.

Dicho instrumento presenta las siguientes características:

- Dosímetro de ruido de dos canales de medición simultánea.
- Uno de los canales está equipado con un micrófono de ½”, el otro corresponde a un micrófono MIRE de 16 mm.
- Analizador en tiempo real en bandas de tercio de octava.



**Figura N°9. Medidor Svantek SV102.**

En Anexo se presentan los certificados de calibración del instrumento adquirido.

## 4.3 SUJETO DE PRUEBA

En relación con los recursos asociados a la presente investigación, las mediciones fueron desarrolladas con un único sujeto de prueba.

En concordancia con lo especificado en la norma ISO 11904/1, dicho sujeto fue previamente evaluado por una persona del área médica, con el fin de asegurarnos que esta persona se encontraba sin inflamaciones y cualquier otra patología en el

oído externo y medio, ni presentaba conductos auditivos demasiado estrechos, planos o severamente doblados, ni defectos en los tímpanos. Además, se le fue realizado un lavado de oídos con el fin retirar el cerumen existente y que éste no interfiera con las mediciones.

#### **4.4 DETERMINACIÓN DEL FACTOR FC EN LABORATORIO DE PROTECCIÓN AUDITIVA**

Para cuantificar la “Conducción Ósea” (BC – Bone Conduction) y el “Ruido Fisiológico” (PN – Physiological Noise) del sujeto de ensayo al utilizar protección auditiva, a través del Laboratorio de Protección Auditiva de la ACHS y para cada marca y modelo de los protectores auditivos en estudio, se efectuaron las siguientes mediciones:

##### **4.4.1 Medición de la Atenuación Sonora**

Utilizando la metodología indicada en la norma NCh1331/5 (método REAT), con la excepción que sólo se desarrollaron mediciones con el sujeto de ensayo, se efectuó la medición de la Atenuación Sonora de cada uno de las marcas y modelos de los protectores auditivos contemplados en el presente estudio.

Los ensayos se realizaron a partir de la banda de 125 Hz y no se consideraron las bandas de 3150 Hz y 6000 señaladas como opcionales por la norma de referencia.

Para cada marca y modelo de protector auditivo, se efectuaron 3 mediciones de la atenuación sonora en el sujeto de ensayo. Las mediciones se desarrollaron con ejemplares nuevos de los protectores auditivos en estudio.

#### 4.4.2 Medición de la Pérdida por Inserción

Utilizando las mismas instalaciones de la medición anterior (cámara de ensayo y sistema generador de señales), en conjunto con un simulador de cabeza y torso, marca Brüel and Kjaer, modelo 4128, y un sistema analizador de señales marca 01 dB, modelo NetdB, se efectuó medición de la pérdida por inserción (IL) de cada uno de los protectores contemplados en el presente estudio.

El método utilizado correspondió al método ATF establecido por la norma NCh1331-7 “Método simplificado de medición de la pérdida de inserción de los protectores tipo orejeras”, es decir, utilizando un simulador de cabeza y torso, para cada marca y modelo de protector auditivo, se efectuó la medición de los niveles de presión sonora medidos por los micrófonos del simulador de cabeza y torso, en la condición de oclusión y una medición para la condición desprotegida.

Estas mediciones en conjunto con la ecuación 16 presentada en 3.4.2, permitió determinar el factor FC del sujeto de ensayo.

#### 4.5 CONDICIONES DE LAS MEDICIONES EN TERRENO

Este estudio contempla efectuar mediciones en distintos escenarios de exposición ocupacional a ruido, tanto en nivel como en distribución espectral. Para tal efecto, considerando la experiencia profesional que presentan los investigadores, se seleccionaron 21 fuentes de ruido de empresas asociadas a 5 distintos rubros de producción.

Los rubros y fuentes seleccionadas correspondieron a:

**Tabla 4.** Fuentes de Ruido

N° Fuente	Rubro	Fuente de Ruido
01	Metalmecánico	Sierra Huincha
02		Molino de Bolas (Laboratorio)
03		Harnero Vibratorio (Laboratorio)
04		Chancador (Laboratorio)
05		Esmeril Angular – proceso de corte disco 9”
06		Esmeril Angular – proceso de desbaste disco 4 ½”
07	Alimentos	Equipos Separadores
08		Equipos de Hidrogenado
09		Equipos Multipack
10		Equipo Lurgi
11		Compresores
12	Plásticos	Molino de plásticos
13		Harnero Vibratorio
14		Extrusora
15		Equipos Chiller
16		Equipo Chill Roll
17	Papel	Máquina Pegadora
18		Maquina Cortadora
19		Corrugadora
20	Madera	Maquina Escuadradora
21		Máquina Ruvo

#### 4.6. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACION DE LOS L'A

Para la medición y determinación de los L'A, en cada una de las fuentes señaladas en la tabla N°3, se efectuaron las siguientes actividades:

- a) Calibración en terreno del equipo de medición.
- b) Instalación del equipo de medición en el sujeto de ensayo, ubicando el micrófono de ½" en uno de sus hombros y el micrófono en miniatura en el conducto auditivo del oído asociado al mismo hombro seleccionado.
- c) Colocación de un ejemplar nuevo del protector auditivo marca 3M, modelo H9A en el sujeto de prueba.
- d) Medición simultánea del nivel de presión sonora producido por la fuente respectiva tanto en el micrófono de ½" como en el micrófono MIRE. En la posición que comúnmente ocupa el trabajador expuesto a la respectiva fuente de ruido, o en una posición cercana al mismo, se efectuó el registro consecutivo de 3 eventos, de 1 minuto de duración cada uno. Ver figura N°10.
- e) Repetición de los pasos c) y d) en las 3 marcas y modelos de protectores auditivos restantes.



**Figura N°10. Mediciones en terreno.**

Las mediciones efectuadas por ambos micrófonos correspondieron a espectros en bandas de octava.

Con la intención de disminuir variabilidades en la medición, los 3 eventos se promediaron energéticamente, así, para cada medición se obtuvo un espectro del micrófono de ½" ubicado en el hombro del sujeto de ensayo y un espectro del micrófono MIRE.

Para cada fuente de ruido y protector auditivo, el espectro resultante asociado al micrófono de ½" ubicado en el hombro, se utilizó para determinar el  $L'_A$  mediante los métodos descritos en 3.4.1, en tanto, el espectro resultante asociado al micrófono MIRE en conjunto con el factor FC, se utilizó para determinar el  $L'_A$  en terreno.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR FC DEL SUJETO DE PRUEBA

La siguiente Tabla 5, presenta los resultados obtenidos del factor FC para cada banda de ensayo, obtenidos a partir de las curvas de atenuación sonora y pérdida por inserción de cada uno de los modelos de protectores utilizados en la presente investigación incluyendo las correcciones del ruido fisiológico y conducción ósea.

**Tabla 5.** Factor de Corrección FC

Frecuencia central de la banda de octava, f, Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Factor de Corrección FC (dB)	9.1	6.1	-0.4	-3.3	-4.3	1.9	-5.1

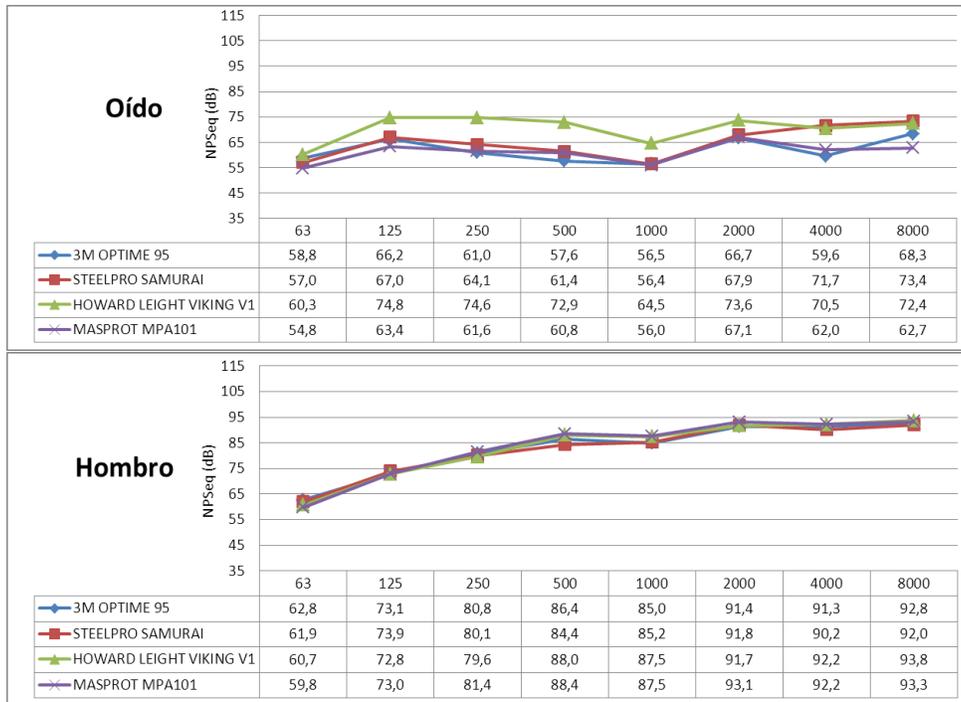
Ahora, para estimar la protección “real” del oído, es necesario desprestigiar el efecto del enmascaramiento fisiológico. Si se considera que el efecto del ruido fisiológico es más significativo en las frecuencias de 125 y 250 Hz, se podría considerar que en estas frecuencias FC sería cero. Redefiniendo FC como FC\*, no considerando el efecto del ruido fisiológico, se obtendrían los valores de la Tabla 6 [8].

**Tabla 6.** Factor de Corrección FC\*

Frecuencia central de la banda de octava, f, Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Factor de Corrección FC (dB)	0	0	-0.4	-3.3	-4.3	1.9	-5.1

### 5.2 MEDICIONES EN TERRENO

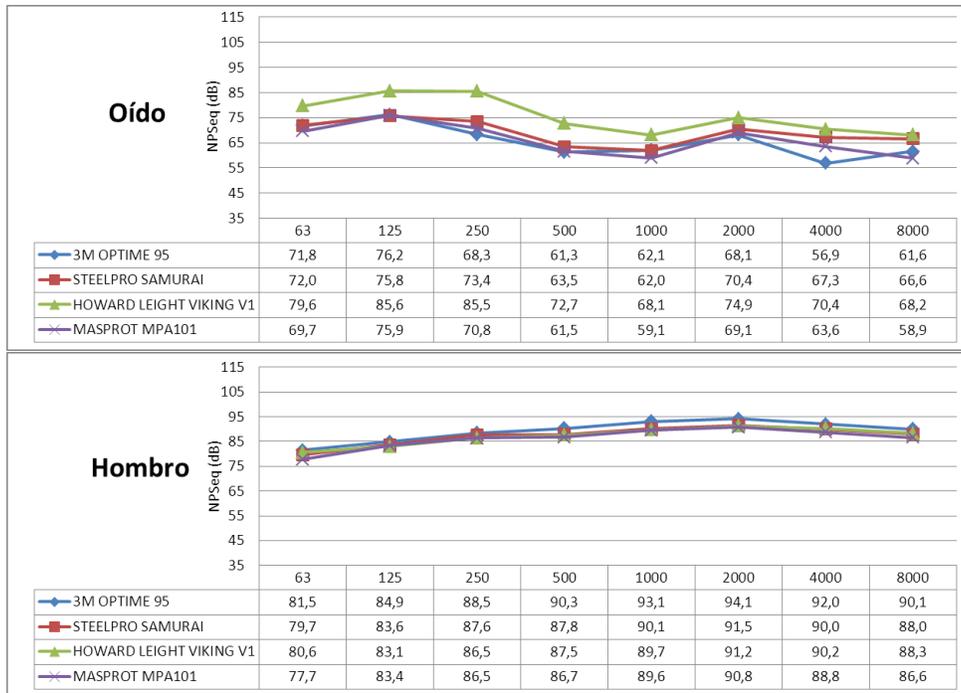
Las siguientes figuras presentan, para cada fuente de ruido asociada al presente estudio, el gráfico de los espectros resultantes asociados al micrófono MIRE situado al interior del conducto auditivo y el gráfico de los espectros resultantes asociados al micrófono de ½” situado en el hombro para cada marca y modelo de los protectores asociados a la presente investigación.



**Figura 11. Fuente N°1 - Sierra huincha cortando fleje de acero.**



**Figura 12. Fuente N°2 - Molino de bolas (Laboratorio).**



**Figura 13. Fuente N°3 - Harnero vibratorio (Laboratorio).**



**Figura 14. Fuente N°4 - Chancador (Laboratorio)**

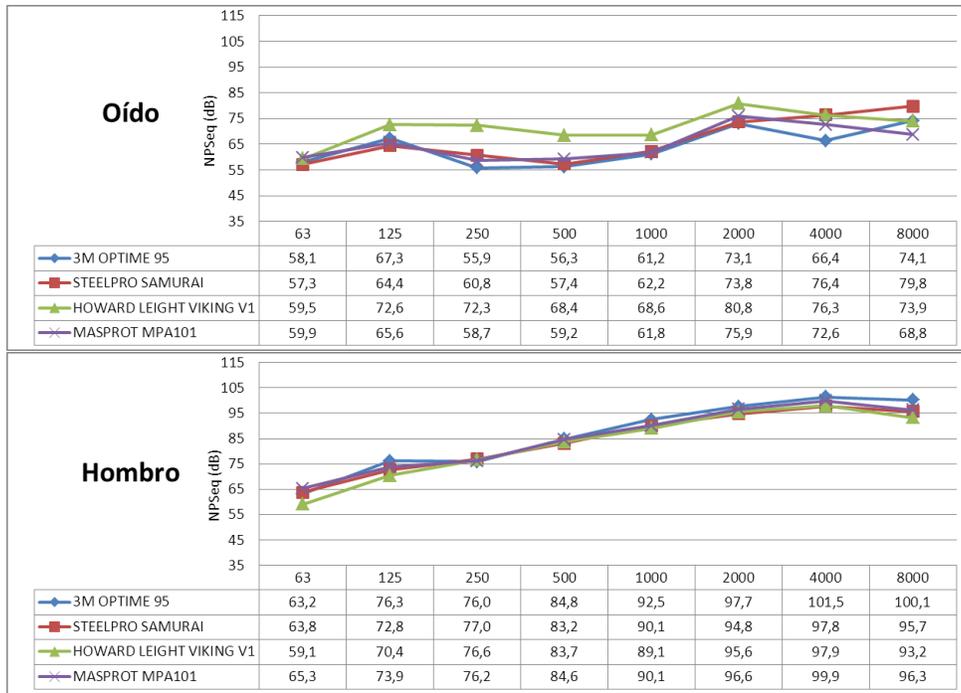


Figura 15. Fuente N°5 - Esmeril angular en proceso de corte con disco de 9”.

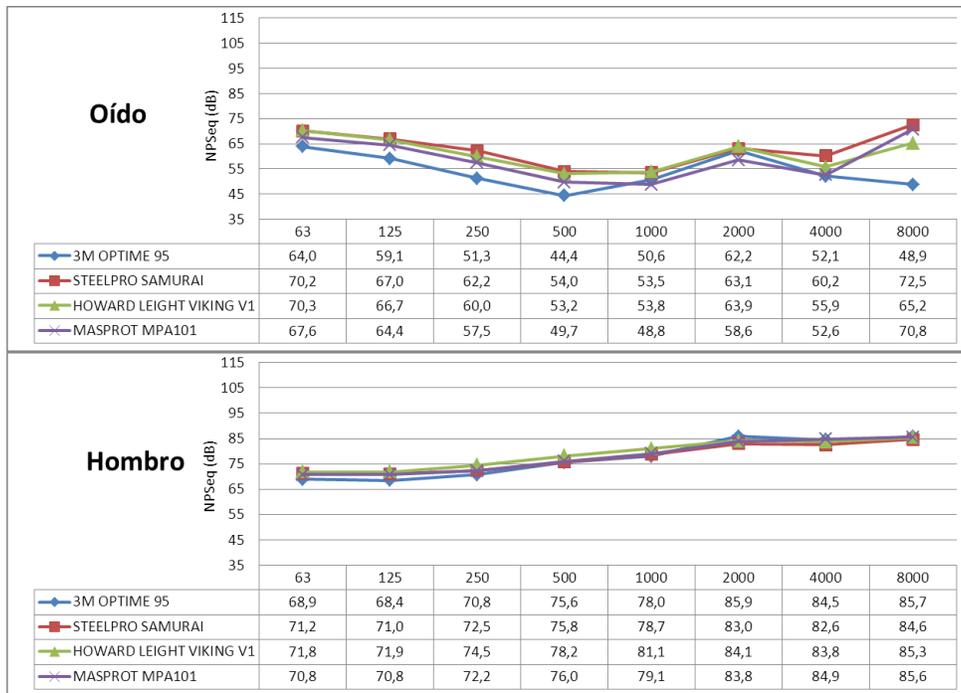
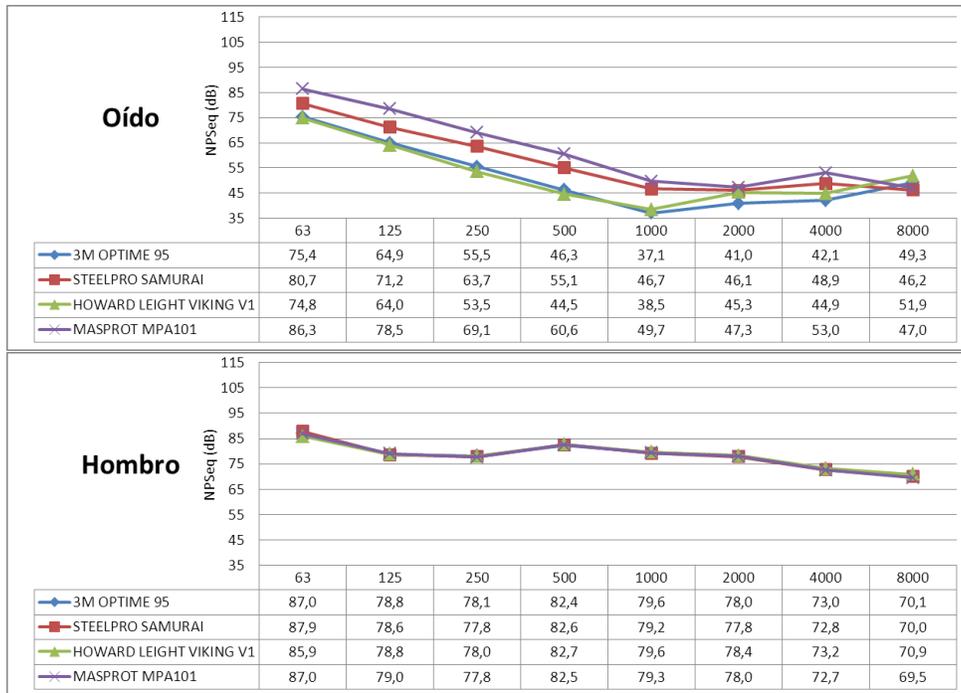
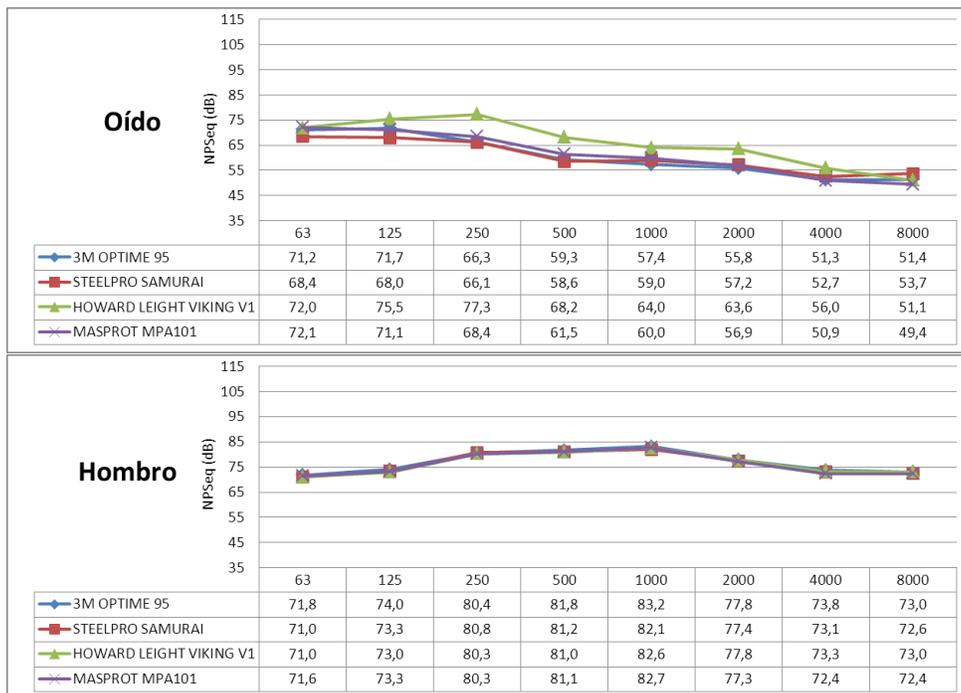


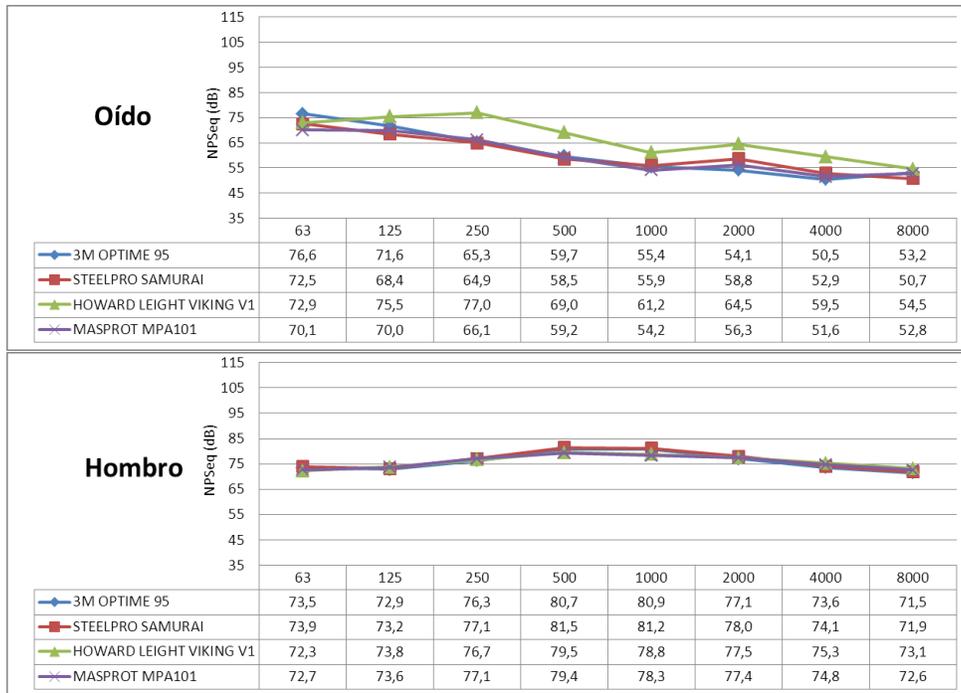
Figura 16. Fuente N°6 - Esmeril angular en proceso de desbaste con disco de 4 ½”.



**Figura 17. Fuente N°7 - Equipos Separadores.**



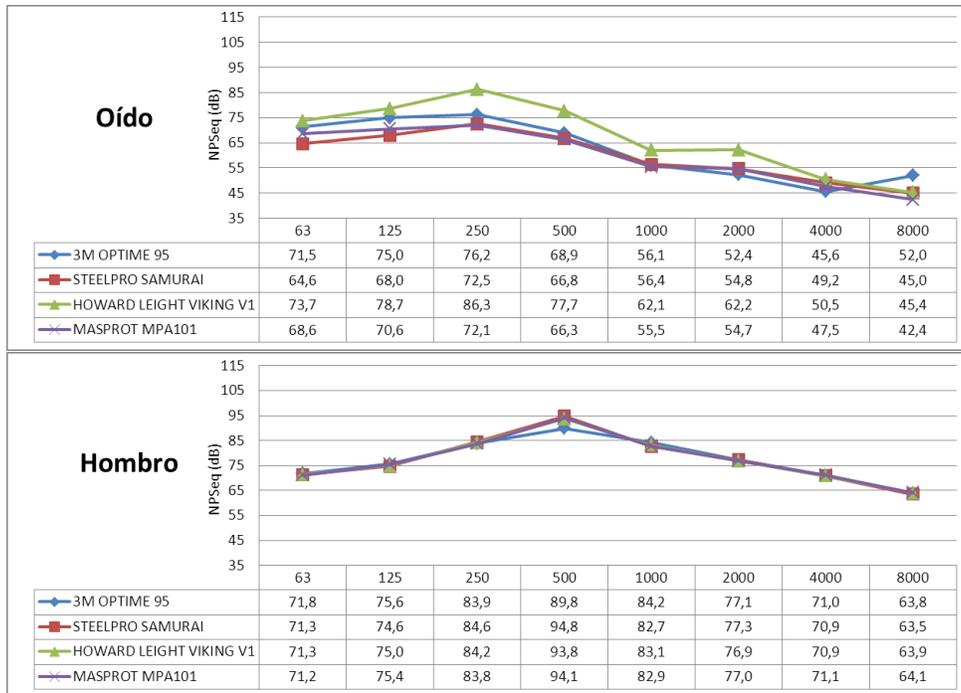
**Figura 18. Fuente N°8 - Equipos de Hidrogenado.**



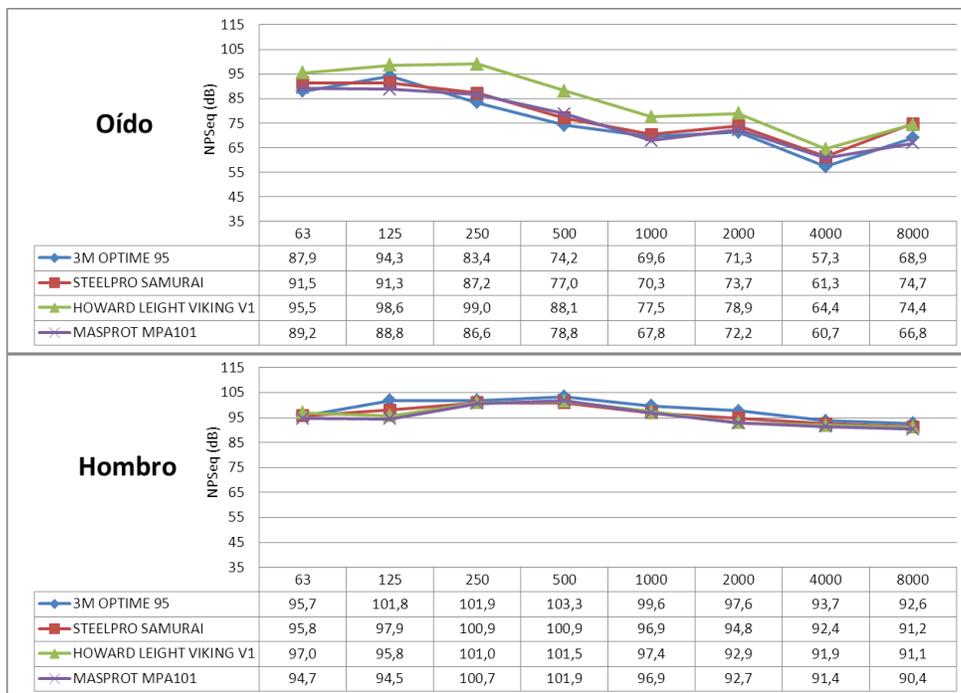
**Figura 19. Fuente N°9 - Equipos Multipack.**



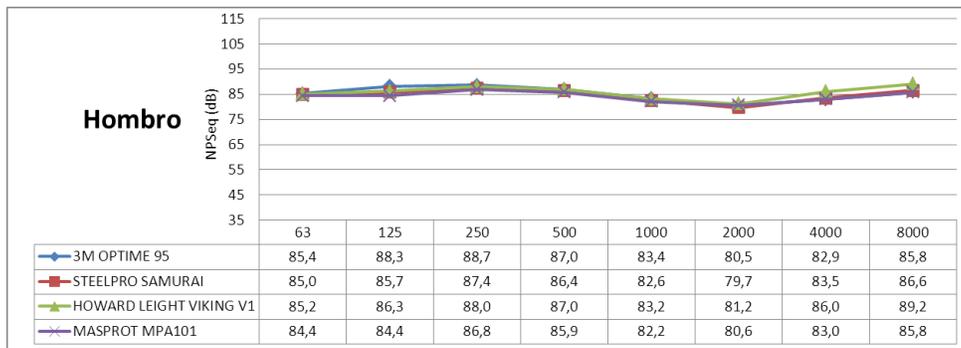
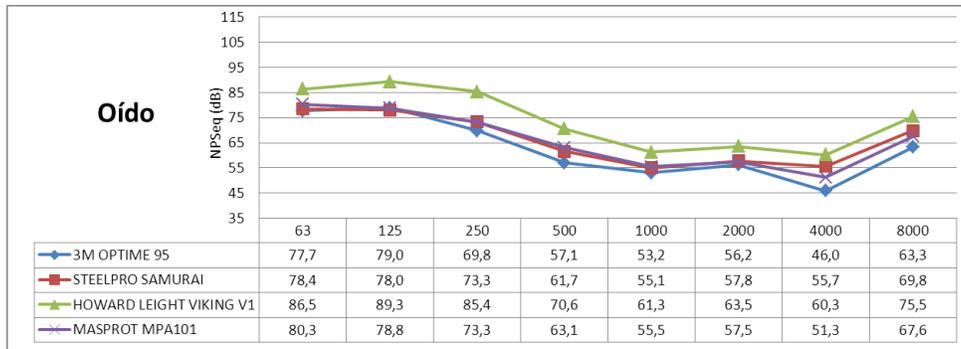
**Figura 20. Fuente N°10 - Equipo Lurgi.**



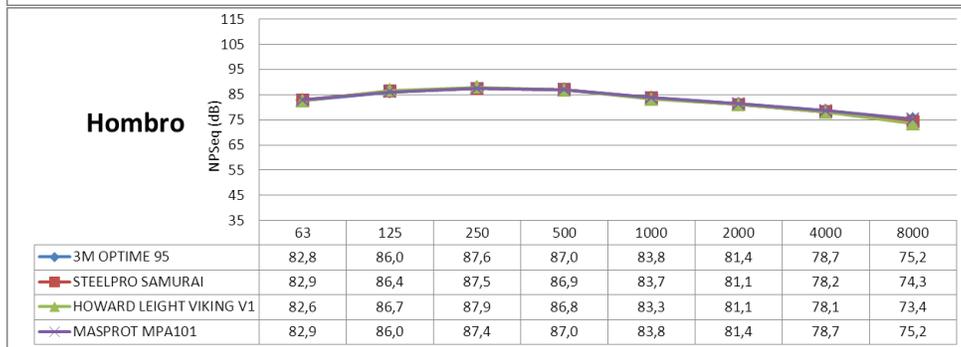
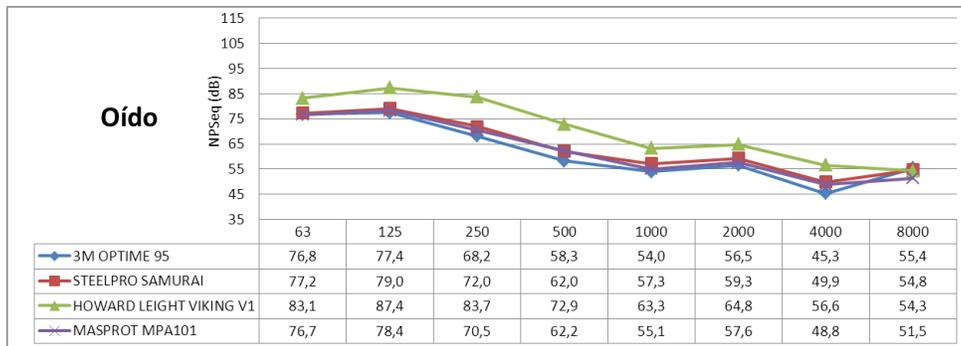
**Figura 21. Fuente N°11 - Equipos Compresores.**



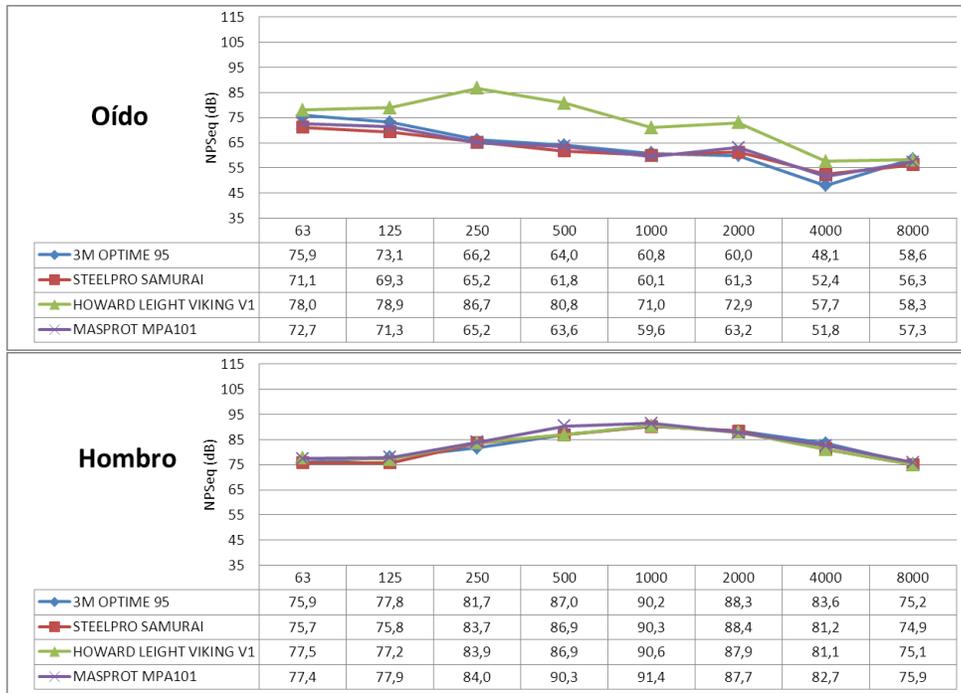
**Figura 22. Fuente N°12 - Molino de plásticos.**



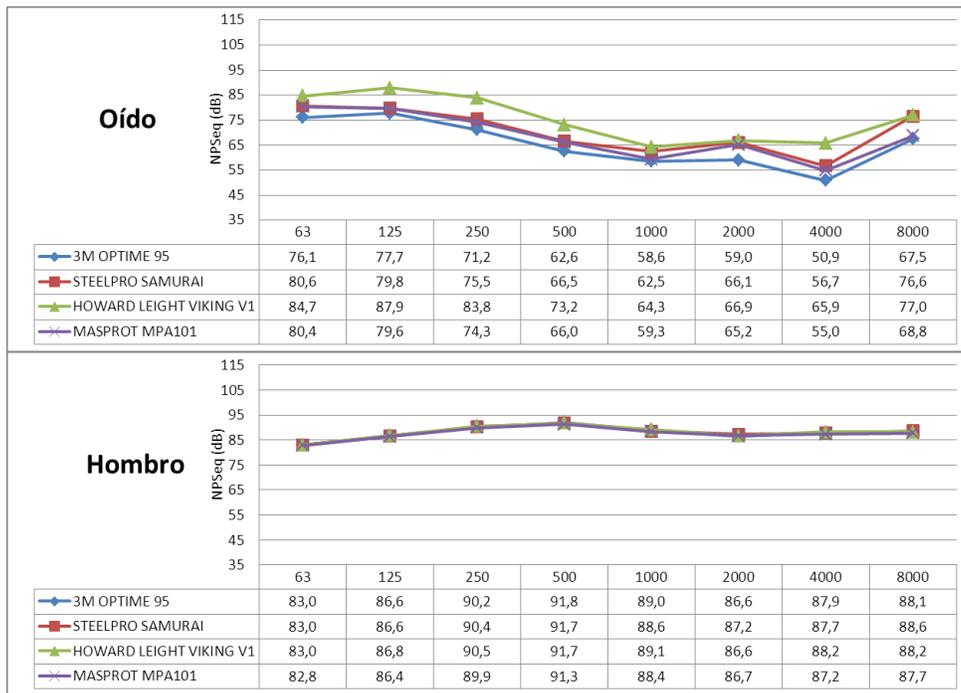
**Figura 23. Fuente N°13 - Harnero vibratorio.**



**Figura 24. Fuente N°14 – Máquina Extrusora.**



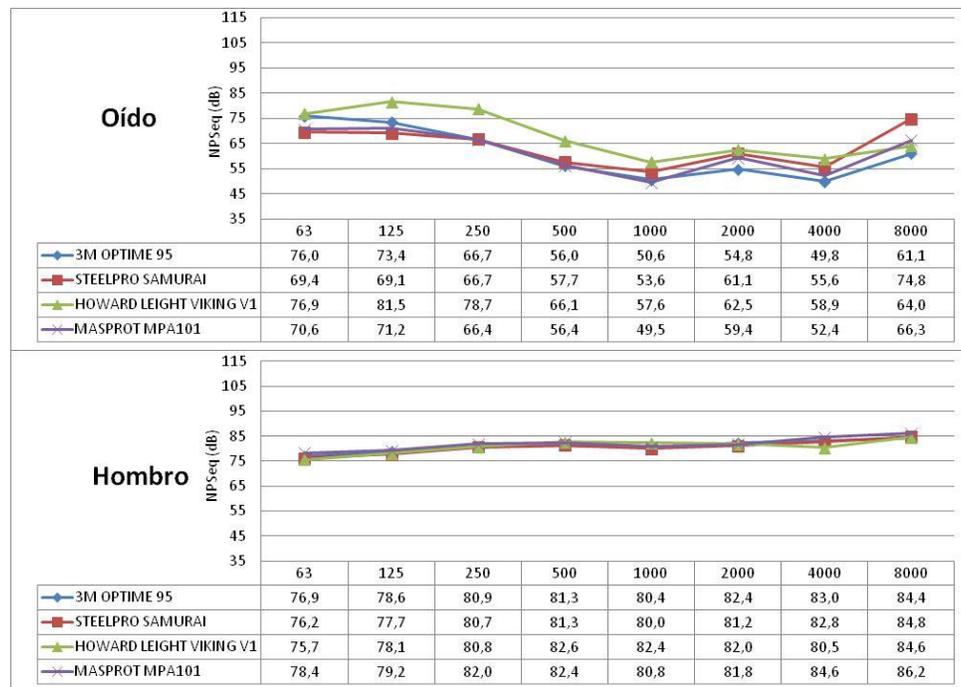
**Figura 25. Fuente N°15 - Equipos Chiller.**



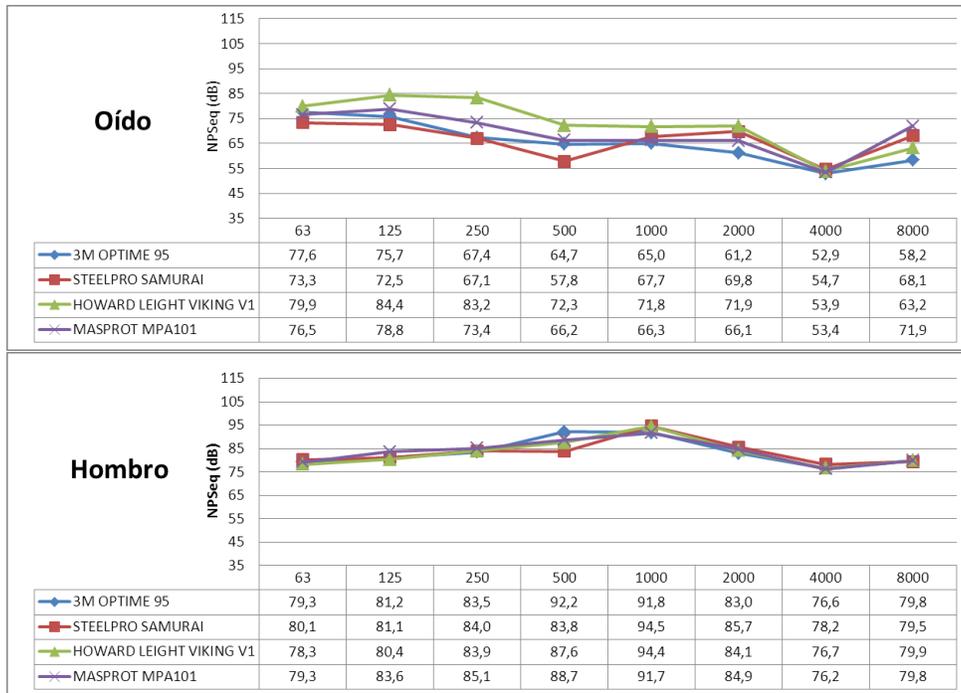
**Figura 26. Fuente N°16 - Equipo Chill Roll.**



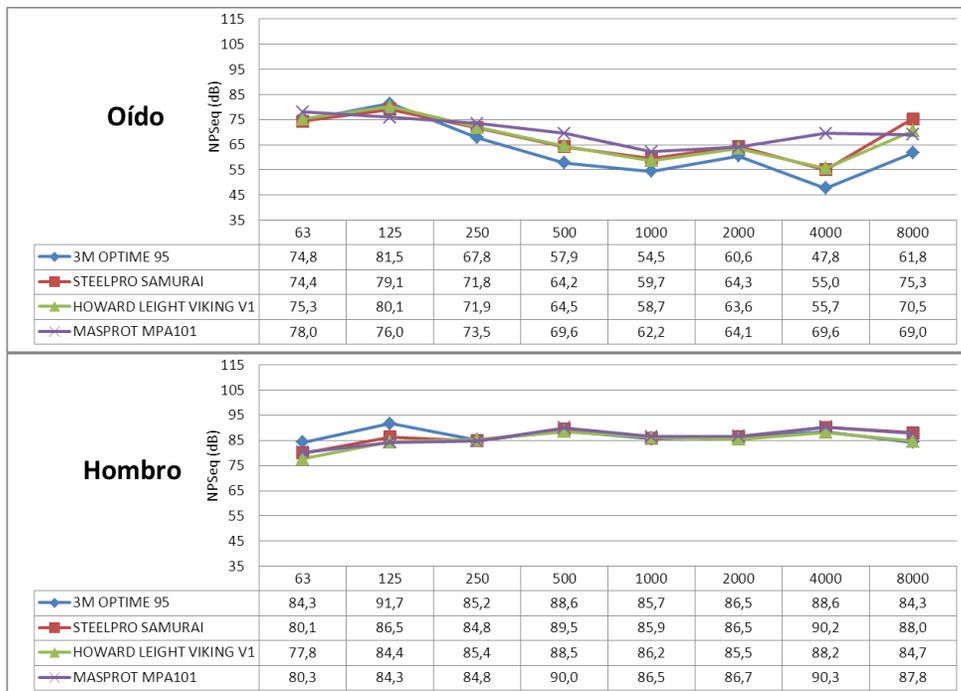
**Figura 27. Fuente N°17 - Máquina Pegadora.**



**Figura 28. Fuente N°18 - Máquina Cortadora.**



**Figura 29. Fuente N°19 – Máquina Corrugadora.**



**Figura 30. Fuente N°20 - Máquina Escuadradora.**



**Figura 31. Fuente N°21 - Máquina Rubo.**

### 5.3 Niveles de Presión Sonora Efectivos Ponderados A, L<sub>A</sub>

Las Tablas 7 a 10, presentan los resultados de los L<sub>A</sub> obtenidos, tanto de las mediciones efectuadas con el micrófono de ½” y aplicando los métodos establecidos en la NCh 1331/6<sup>1</sup>, como de las mediciones del micrófono MIRE y aplicando el factor de corrección FC\*, para cada una de las fuentes y para cada uno de los modelos de los protectores auditivos utilizados en la presente investigación.

<sup>1</sup> En la aplicación de los métodos se definió el 95 % como rendimiento de protección, es decir, un factor  $\alpha = 1.64$ . Definición correspondiente a lo establecido institucional en ACHS.

**Tabla 7.** L<sub>A</sub> Protector Auditivo 3M, modelo H9A

N°	Fuente de Ruido	L <sub>A</sub> (dB) - micrófono ½" y métodos NCh1331/6			NPS'A Mire	L <sub>A</sub> (dB) - micrófono mire y FC*
		Banda de Octava	HML	SNR		
1	Sierra Huincha	67	67	67	71	68
2	Molino de Bolas (Laboratorio)	71	70	71	71	69
3	Harnero Vibratorio (Laboratorio)	70	70	70	72	69
4	Chancador (Laboratorio)	61	60	60	61	61
5	Esmeril Angular – Corte disco 9"	76	74	75	77	74
6	Esmeril Angular – Desbaste disco 4 ½"	60	60	61	64	61
7	Equipos Separadores	57	61	61	56	56
8	Equipos de Hidrogenado	58	59	59	64	62
9	Equipos Multipack	56	57	57	64	61
10	Equipo Lurgi	62	61	62	68	68
11	Compresores	62	63	63	70	70
12	Molino de Plásticos	80	80	80	81	81
13	Harnero Vibratorio	67	66	66	67	66
14	Extrusora	65	64	64	66	65
15	Equipos Chiller	63	65	65	67	65
16	Equipo Chill Roll	69	68	68	70	68
17	Máquina Pegadora	61	61	61	65	63
18	Maquina Cortadora	65	65	65	65	65
19	Corrugadora	64	67	67	70	66
20	Maquina Escuadradora	68	67	67	68	68
21	Máquina Ruvo	59	60	60	62	60

**Tabla 8.** L<sub>A</sub> Protector Auditivo Bilsom/Howard Leight, modelo Viking V1

N°	Fuente de Ruido	L <sub>A</sub> (dB) - micrófono ½" y métodos NCh1331/6			L <sub>A</sub> (dB) - micrófono mire	L <sub>A</sub> (dB) - micrófono mire y FC*
		Banda de Octava	HML	SNR		
1	Sierra Huincha	71	71	74	79	77
2	Molino de Bolas (Laboratorio)	73	73	76	79	77
3	Harnero Vibratorio (Laboratorio)	72	72	73	81	80
4	Chancador (Laboratorio)	66	65	65	74	74
5	Esmeril Angular – Corte disco 9"	74	74	77	84	82
6	Esmeril Angular – Desbaste disco 4 ½"	64	64	66	68	65
7	Equipos Separadores	64	66	66	57	53
8	Equipos de Hidrogenado	64	64	64	73	72
9	Equipos Multipack	62	61	62	73	72
10	Equipo Lurgi	64	64	67	74	72
11	Compresores	71	72	71	79	79
12	Molino de Plásticos	84	85	83	92	92
13	Harnero Vibratorio	72	72	71	80	79
14	Extrusora	71	70	70	78	78
15	Equipos Chiller	70	70	71	82	81
16	Equipo Chill Roll	74	74	74	80	79
17	Máquina Pegadora	66	65	66	73	73
18	Maquina Cortadora	73	72	71	77	77
19	Corrugadora	71	72	73	79	78
20	Maquina Escuadradora	71	70	71	72	70
21	Máquina Ruvo	66	66	66	69	67

**Tabla 9.** L<sub>A</sub> Protector Auditivo SteelPro, modelo Samurai

N°	Fuente de Ruido	L <sub>A</sub> (dB) - micrófono ½" y métodos NCh1331/6			L <sub>A</sub> (dB) - micrófono mire	L <sub>A</sub> (dB) - micrófono mire y FC*
		Banda de Octava	HML	SNR		
1	Sierra Huincha	70	70	70	76	75
2	Molino de Bolas (Laboratorio)	73	74	74	79	79
3	Harnero Vibratorio (Laboratorio)	71	72	72	75	74
4	Chancador (Laboratorio)	66	65	64	69	68
5	Esmeril Angular – Corte disco 9"	75	75	75	82	81
6	Esmeril Angular – Desbaste disco 4 ½"	62	63	63	72	69
7	Equipos Separadores	62	64	64	62	60
8	Equipos de Hidrogenado	62	62	62	65	63
9	Equipos Multipack	61	61	61	64	63
10	Equipo Lurgi	64	65	65	70	68
11	Compresores	72	71	70	67	67
12	Molino de Plásticos	82	81	81	83	82
13	Harnero Vibratorio	69	69	68	71	69
14	Extrusora	69	68	68	68	68
15	Equipos Chiller	68	69	69	67	65
16	Equipo Chill Roll	73	72	72	77	74
17	Máquina Pegadora	64	64	64	74	70
18	Maquina Cortadora	69	68	68	68	67
19	Corrugadora	69	71	71	74	70
20	Maquina Escuadradora	71	70	70	75	72
21	Máquina Ruvo	67	67	67	72	70

**Tabla 10.** L<sub>A</sub> Protector Auditivo Masprot, modelo MPA101.

N°	Fuente de Ruido	L <sub>A</sub> (dB) - micrófono ½" y métodos NCh1331/6			L <sub>A</sub> (dB) - micrófono mire	L <sub>A</sub> (dB) - micrófono mire y FC*
		Banda de Octava	HML	SNR		
1	Sierra Huincha	70	70	71	71	68
2	Molino de Bolas (Laboratorio)	71	71	73	73	71
3	Harnero Vibratorio (Laboratorio)	70	69	70	73	71
4	Chancador (Laboratorio)	65	64	63	71	71
5	Esmeril Angular – Corte disco 9"	74	74	76	79	78
6	Esmeril Angular – Desbaste disco 4 ½"	61	61	63	70	66
7	Equipos Separadores	62	64	63	67	64
8	Equipos de Hidrogenado	62	61	61	66	65
9	Equipos Multipack	60	59	59	64	63
10	Equipo Lurgi	63	63	64	66	64
11	Compresores	71	70	69	67	69
12	Molino de Plásticos	82	82	80	82	81
13	Harnero Vibratorio	68	68	67	70	69
14	Extrusora	68	68	67	67	67
15	Equipos Chiller	69	69	69	68	66
16	Equipo Chill Roll	72	71	71	73	71
17	Máquina Pegadora	65	64	65	67	65
18	Maquina Cortadora	69	68	67	67	66
19	Corrugadora	69	70	69	74	72
20	Maquina Escuadradora	70	69	69	75	70
21	Máquina Ruvo	65	65	65	71	68

## 6. ANÁLISIS

### 6.1 De las mediciones en terreno se infiere lo siguiente:

En los espectros resultantes con el micrófono de ½” ubicado en el hombro, se observa que para una misma fuente estos fueron similares, no presentando cambios en las mediciones con los distintos protectores auditivos.

En los espectros resultantes con el micrófono MIRE ubicado al interior del conducto auditivo, se observa que las curvas presentan características de baja frecuencia, observándose un leve aumento en la banda de 8000 Hz, lo que es esperable considerando el comportamiento típico de una PA tradicional (no dependiente del nivel)

En la mayoría de los gráficos presentados, se observa que el protector auditivo Howard Leight, es el que muestra la menor reducción de ruido. Esta situación se explicaría considerando que las características de las copas de la orejera Howard Leight (forma alargada y achatada en relación con otras orejeras), estarían influyendo en la obtención de un óptimo sello cuando se utiliza el sistema MIRE, principalmente, por el por el paso de su cable y soporte del micrófono ubicado al interior del CAE, reduciendo la posibilidad de que la presión de las almohadillas sobre la cara del sujeto de ensayo, se distribuya homogéneamente.

## 6.2 De los métodos de determinación teórica del $L'_A$

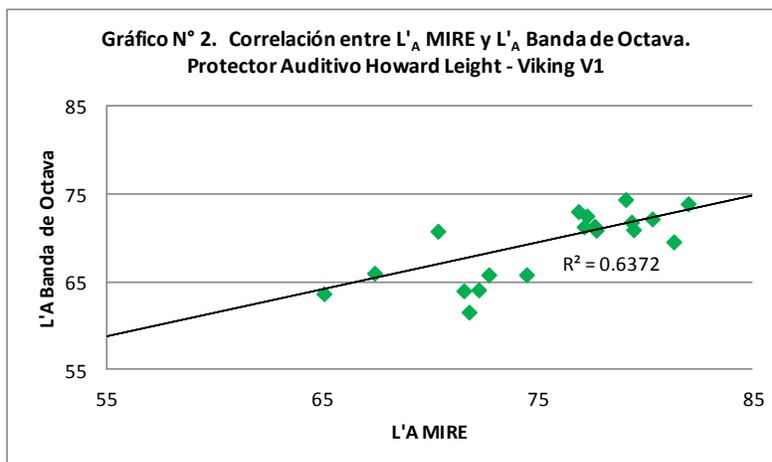
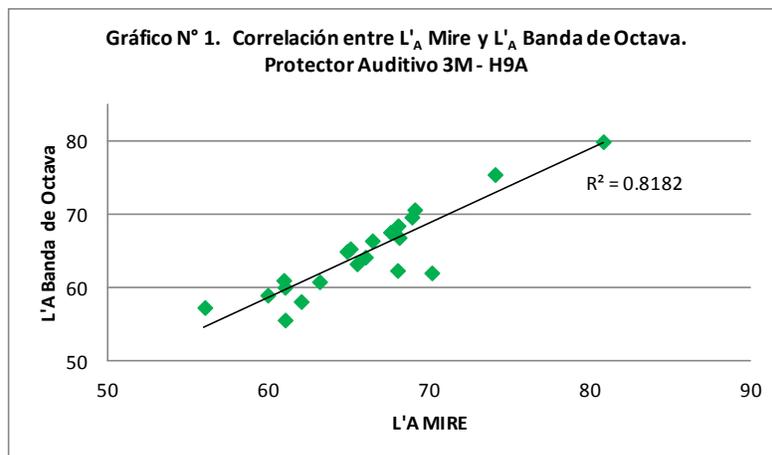
De las Tablas 7 a 10, se observa que las diferencias encontradas en este estudio entre las tres metodologías de determinación del  $L'_A$ , tomando como referencia el resultado en Banda de Octava, se encuentran entre 0 dB y 3 dB, por lo que se puede concluir que los 3 métodos son aproximadamente equivalentes para las situaciones de ruido estudiadas, y que sus diferencias no representarían un error en la determinación del nivel de presión sonora efectivo. No obstante, si bien la Norma NCh 1331/6 Of.2001 indica que “diferencias de 3 dB o menos en la determinación del nivel de presión sonora efectivo para protectores auditivos comparables, son insignificantes para el propósito de diferenciar entre diferentes protectores auditivos”, se debe tener en consideración que en cercanías del límite de protección, el método utilizado para la selección será importante.

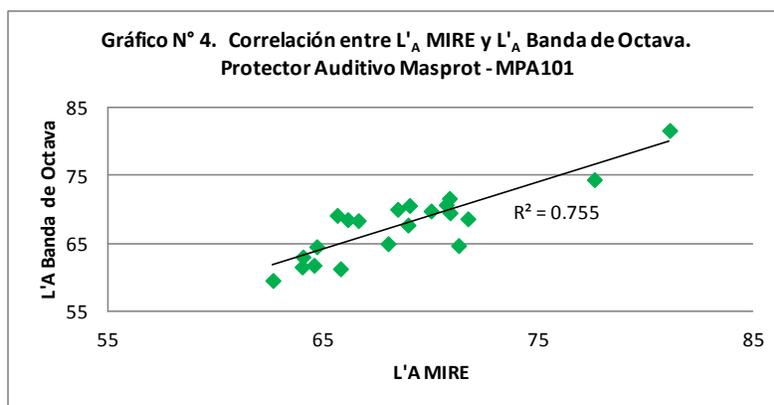
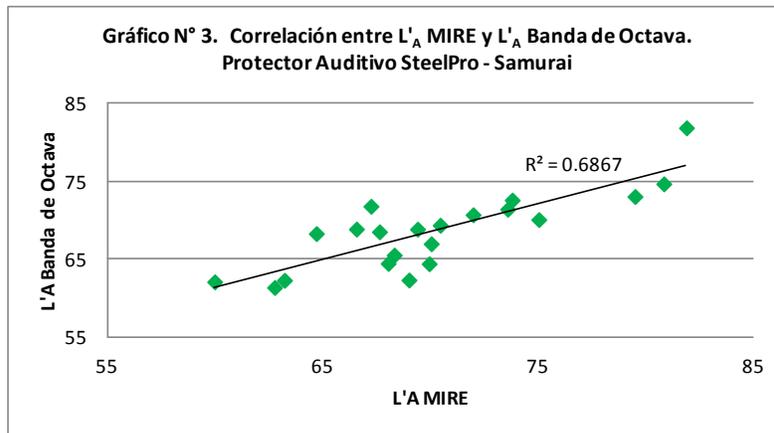
Lo anterior queda comprobado al calcular el coeficiente de correlación existente entre los resultados de las metodologías, tomando como referencia el método Banda de Octava, pudiéndose corroborar que existe una muy buena correlación en los 4 modelos de protectores auditivos utilizados en el presente estudio.

Protector Auditivo	Coefficiente de Correlación Múltiple
3M – H9A	0,9865 ( $R^2=0,97$ )
Howard Leight – Viking V1	0,9949 ( $R^2=0,98$ )
Steel Pro – Samurai	0,9930 ( $R^2=0,98$ )
Masprot – MPA 101	0,9897 ( $R^2=0,97$ )

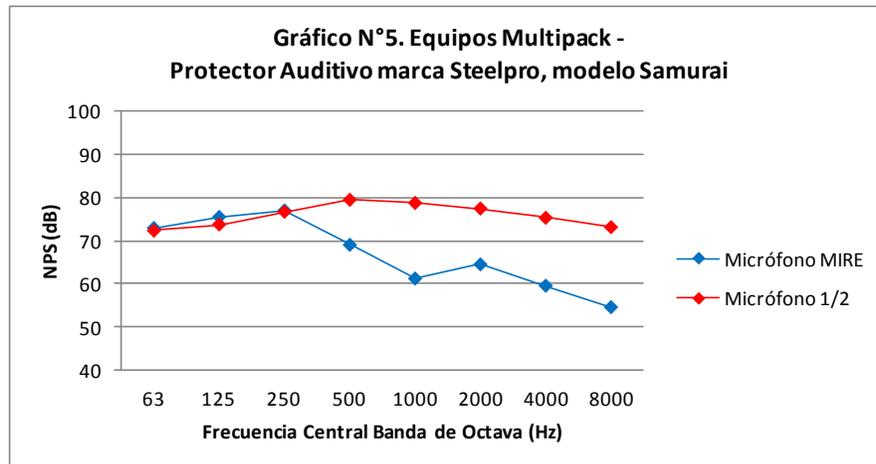
### 6.3 De la comparación entre el $L'_A$ medido en terreno (Mire) y el $L'_A$ determinado por el Método de Bandas de Octava

Al analizar la dispersión existente entre el  $L'_A$  determinado por el método de Banda de Octava y  $L'_A$  medido por el método Mire, gráficos N° 1, 2, 3 y 4, se puede apreciar que el protector 3M, modelo H9A, presenta la mejor correlación de datos con un factor  $R^2=0.8182$ , mientras que el protector Howard Leight, modelo Viking V1, es el que presenta la menor correlación de datos con un factor  $R^2=0.6372$ .





Al analizar en detalle los niveles medidos en cada fuente de ruido por el micrófono de 1/2" situado en el hombro y el micrófono MIRE, se observa que en algunas fuentes y protectores auditivos, los valores medidos por este último micrófono son, principalmente en bandas de baja frecuencia, de orden similar a los medidos por el micrófono de 1/2", no apreciándose el efecto de atenuación sonora del respectivo protector auditivo, producto de un sello deficiente entre la almohadilla del protector y la cabeza del sujeto de ensayo. A modo de ejemplo se presenta el siguiente gráfico N°5.



Lo anteriormente expuesto confirma lo señalado en el punto 6.1 respecto a que características como la forma y tamaño de la copas y almohadillas, fuerza del arnés, etc., estarían influyendo notoriamente en la obtención de un óptimo sello, acentuándose cuando se utiliza el sistema de medición MIRE, principalmente, por el soporte del micrófono ubicado al interior del CAE, reduciendo la posibilidad de que la presión de las almohadillas sobre la cara del sujeto de ensayo, se distribuya homogéneamente, siendo el protector auditivo Howard Leight, modelo Viking V1, el que presenta la mayor complejidad para obtener un buen sello.

Por otro lado, también es importante considerar que en la determinación de  $L'_A$  por el método de Banda de Octava, se utilizan como datos de entrada los valores de atenuación sonora del respectivo protector. En el presente estudio, se escogió efectuar esta determinación con la curva de atenuación entregada por el fabricante del protector y asociada al método ISO 4869-1:1990, la cual corresponde a la normativa adoptada como referencia en nuestro país. No obstante, el protector auditivo marca Masprot, modelo MPA101, es el único protector de los seleccionados en esta investigación que no cuenta con curva de atenuación efectuada según esta metodología, sino sólo con metodología ANSI S3.19-1974, razón por la que esta diferencia también representa una variable de importancia en los resultados obtenidos en este protector auditivo.

La siguiente Tabla presenta en color verde, las muestras en las que el protector auditivo presentó un correcto sello en su colocación y en color rojo donde se evidenció una alteración en el mismo.

**Tabla 11.** Diferencia entre  $L'_A$  método bandas de octava y  $L'_A$  método MIRE + corrección

N°	Fuente de Ruido	3M -H9A	Steelpro - Samurai	Howard Leight -VikingV1	Masprot - MPA101
1	Sierra Huincha	1,1	4,9	5,8	1,6
2	Molino de Bolas (Laboratorio)	1,7	6,4	3,8	0,0
3	Harnero Vibratorio (Laboratorio)	0,9	2,1	8,1	1,3
4	Chancador (Laboratorio)	0,2	2,7	8,6	6,6
5	Esmeril Angular – Corte disco 9"	1,5	6,1	8,0	3,1
6	Esmeril Angular – Desbaste disco 4 ½"	0,8	6,6	1,4	4,5
7	Equipos Separadores	1,4	2,2	9,8	2,4
8	Equipos de Hidrogenado	3,8	0,9	7,5	2,8
9	Equipos Multipack	5,3	1,3	10,2	3,1
10	Equipo Lurgi	5,5	3,5	8,1	1,0
11	Compresores	8,0	4,6	8,4	1,6
12	Molino de Plásticos	0,8	0,1	8,0	0,6
13	Harnero Vibratorio	0,1	0,5	7,5	1,2
14	Extrusora	0,2	1,0	6,2	1,8
15	Equipos Chiller	2,1	3,7	11,7	3,5
16	Equipo Chill Roll	0,5	1,1	4,6	0,8
17	Máquina Pegadora	2,2	5,5	6,9	0,1
18	Maquina Cortadora	0,4	2,4	4,7	2,4
19	Corrugadora	1,7	1,0	6,8	3,0
20	Maquina Escuadradora	0,1	1,2	0,5	0,2
21	Máquina Ruvo	0,8	3,0	1,4	3,0

Considerando que las muestras en color rojo corresponden a muestras en que, por las razones descritas anteriormente, el protector auditivo no presentó un buen sello en su colocación, al descartar sus resultados para efectos del objetivo de la presente investigación, podemos observar que las diferencias obtenidas entre la determinación del  $L'_A$  mediante el método

banda de octava y entre las mediciones con el micrófono MIRE, celdas de color verde en Tabla 11, resultaron inferiores a 3 dB(A) y con una correlación de  $R^2=0.89$ .

## 7. CONCLUSIONES

- 7.1** De acuerdo al objetivo planteado, la metodología aplicada, los resultados obtenidos y su posterior análisis, podemos concluir que al efectuar comparación entre los  $L'_A$  obtenidos teóricamente mediante el método Bandas de Octava y los obtenidos en terreno mediante el micrófono MIRE, existe una buena correlación, dado que se encontraron diferencias en un rango de 3 dB(A) y un valor de correlación  $R^2=0.89$ .
- 7.2** En la aplicación de los tres métodos establecidos por la normativa chilena NCh1331/6 para la determinación de Niveles de Presión Sonora Efectivos Ponderados A,  $L'_A$ , se comprueba que no existen diferencias significativas en su uso, encontrándose diferencias inferiores a 3 dB(A) y correlaciones entre  $R^2=0.97$  (Bandas de Octava y HML) y  $R^2=0.98$  (Bandas de Octava y SNR).

## 8. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados de este estudio se pueden entregar las siguientes recomendaciones:

- 8.1** Se comprueba que no existen diferencias significativas en su uso de los tres métodos establecidos por la NCh1331/6.Of2001, siendo cualquiera de los tres adecuados, lo cual reafirma la decisión institucional de elegir el método HML como el estándar para este tipo de determinaciones. No obstante, se debe tener presente que al ocupar este método podrían existir diferencias de hasta 3 dB(A) respecto al método Bandas de Octava, razón por la que se recomienda considerar esta diferencia, por ejemplo, tomando como  $L'_A$

máximo en la selección o verificación de efectividad de protección auditiva el valor de 77 dB(A).

- 8.2** La metodología empleada para la determinación del L'A mediante el método MIRE, corresponde a una técnica nueva en su uso en la institución y en el país, razón por la que no se tenían antecedentes respecto a las variables involucradas en su utilización, como por ejemplo la criticidad en el entrenamiento del buen ajuste del sistema que debe tener la persona que lo utilice. Por lo anterior, se recomienda que para futuras investigaciones con esta técnica de medición, una variable crítica a considerar en el desarrollo de las mediciones, sea el buen ajuste del sistema y con ello un buen sello del respectivo protector auditivo, consultando con el fabricante del equipo buenas prácticas para su utilización.
- 8.3** Dado que la presente investigación nos entregó una base teórica y práctica en la utilización de esta técnica, se recomienda continuar con estudios de este tipo, ampliando el número de sujetos de ensayo para aumentar la representatividad y ampliando sus aplicaciones a escenarios de exposición en donde la protección auditiva se utiliza en forma combinada con otros elementos de protección personal, como por ejemplo lentes de seguridad, cofias, máscaras para soldar, equipos de presión positiva para tareas de granallado, etc.

## 9. BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- [1] Guía de atención integral basada en la evidencia para la hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en el lugar de trabajo. Colombia.
- [2] Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de programas de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo, MINSAL, 2011.
- [3] Estudio de los Dictámenes por Enfermedades Profesionales emitidos por la Compin RM. 2005 – 2009. SEREMI SALUD R.M. Chile, 2010.
- [4] Sistemas de Información de Asociación Chilena de Seguridad, Diciembre 2014.
- [5] Guía para la Selección y Control de Protectores Auditivos. Instituto de Salud Pública de Chile ISP.
- [6] Gerges, Samir N.Y. “Protetores Auditivos”. Florianopolis UFSC, 2003.
- [7] Berger, E.H. (1986). Hearing protection devices. In E.H. Berger, W.D. Ward, J.C. Morrill, and L.H. Royster (Eds), Noise and Hearing Conservation Manual, Akron, O.H: American Industrial Hygiene Association.
- [8] De Almeyda, D. “Atenuación de ruido de protectores auditivos tipo orejera según la técnica MIRE”. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Acústica. Valdivia – Chile. 2009. Disponible en la web: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcia447a/doc/bmfcia447a.pdf>.
- [9] Espinosa, J. Attenuacao do ruido dos protetores auditivos pelo uso da técnica MIRE. Universidad Federal de Santa Catarina. Programa de pós-graduacao em Engenharia Mecanica. Florianopolis – Brazil. 2208
- [10] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: Protectores auditivos: orejeras dependientes del nivel. Disponible en la web: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/961a972/ntp-980w.pdf>.
- [11] NCh 1331/6.Of2001. Protectores auditivos – Parte 6: Estimación de los niveles de presión sonora efectivos ponderados A cuando se utilizan protectores auditivos. Instituto Nacional de Normalización INN. Chile.

## ANEXO



ISO9001 certified

**FACTORY CALIBRATION DATA OF THE SV 102 No. 28736**

with microphones: Channel 1: SVANTEK type SV25D No. 31008,  
Channel 2: SVANTEK type SV25D No.

**1. CALIBRATION (electrical)**

LEVEL METER; Characteristic: Z; Input signal=96dB;  $f_{in}=1000\text{Hz}$

	Indication [dB]	Error [dB]
Channel 1	114.0	0.0
Channel 2	114.0	0.0

**2. CALIBRATION (acoustical)**

LEVEL METER; Reference frequency: 1000Hz; Sound Pressure Level: 114 dB.

	Characteristic	Z		A		C	
		Correct value [dB]	Indication [dB]	Error [dB]	Indication [dB]	Error [dB]	Indication [dB]
Channel 1	114.07	114.3	0.23	114.3	0.23	114.3	0.23
Channel 2	114.07	-	-	-	-	-	-

Calibration measured with the microphones: Channel 1: SVANTEK type SV25D No. 31008, calibration factor: 1.76 dB @ 1kHz.  
Channel 2: SVANTEK type SV25D No. , calibration factor: 0.00 dB @ 1kHz.  
Probe length: -

**3. LINEARITY TEST (electrical)**

LEVEL METER; Characteristic: A;  $f_{in}=8000\text{ Hz}$

	Input [dB]	45.0	46.0	48.0	50.0	60.0	80.0	100.0	120.0	136.9
Channel 1	Error [dB]	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Channel 2	Error [dB]	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**4. TONEBURST RESPONSE (electrical)**

LEVEL METER; Characteristic: A;  $f_{in}=4000\text{ Hz}$ , Burst duration=2s:

Input steady level = 135dB

Result	Detector	Ch.	Duration [ms]	1000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	0.5	0.25
MAX	Fast	1	Indication [dB]	135.0	134.9	134.0	132.4	130.2	126.7	123.9	120.9	117.0	114.0	110.9	107.9
			Error [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
		2	Indication [dB]	135.0	134.9	134.0	132.4	130.2	126.7	123.8	120.9	117.0	113.9	110.9	107.9
			Error [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1
	Slow	1	Indication [dB]	133.0	130.9	127.5	124.7	121.8	117.9	114.9	111.9	107.9	-	-	-
			Error [dB]	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-	-	-
2		Indication [dB]	132.9	130.9	127.5	124.7	121.8	117.9	114.9	111.9	107.9	-	-	-	
		Error [dB]	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-	-	-	
SEL	-	1	Indication [dB]	135.0	132.0	128.0	125.0	122.0	118.0	115.0	112.0	108.0	105.0	101.9	98.9
			Error [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
		2	Indication [dB]	135.0	132.0	128.0	125.0	122.0	118.0	115.0	112.0	108.0	104.9	101.9	98.9
			Error [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1

Input steady level = 75dB

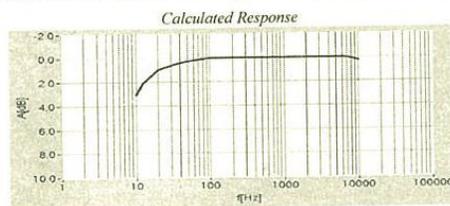
Result	Detector	Ch.	Duration [ms]	1000	500	200	100	50	20	10	5	2
MAX	Fast	1	Indication [dB]	75.0	74.9	74.0	72.4	70.2	66.7	63.9	60.9	56.9
			Error [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2	Indication [dB]	75.0	74.9	74.0	72.4	70.2	66.7	63.8	60.9	57.0
			Error [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0
	Slow	1	Indication [dB]	72.9	70.9	67.5	64.7	61.8	57.9	54.9	51.8	47.8
			Error [dB]	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
2		Indication [dB]	72.9	70.9	67.5	64.7	61.8	57.9	54.9	51.8	48.1	
		Error [dB]	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	0.1
SEL	-	1	Indication [dB]	75.0	72.0	68.0	65.0	62.0	58.0	55.0	52.1	48.1
			Error [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
		2	Indication [dB]	75.0	72.0	68.0	65.0	62.0	58.0	55.0	52.1	48.2
			Error [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2

Input steady level = 60dB

Result	Detector	Ch.	Duration [ms]	1000	500	200	100
MAX	Fast	1	Indication [dB]	60.0	59.9	59.0	57.4
			Error [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0
		2	Indication [dB]	60.0	59.9	59.0	57.4
			Error [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0
	Slow	1	Indication [dB]	57.9	55.9	52.5	49.9
			Error [dB]	-0.1	0.0	-0.1	0.1
		2	Indication [dB]	57.9	55.8	52.4	50.0
			Error [dB]	-0.1	-0.1	-0.2	0.2
SEL	1	Indication [dB]	60.0	57.0	53.1	50.1	
		Error [dB]	0.0	0.0	0.1	0.1	
	2	Indication [dB]	60.0	57.0	53.0	50.1	
		Error [dB]	0.0	0.0	0.0	0.1	

### 5. FREQUENCY RESPONSE (electrical)

LEVEL METER: Characteristic: Z; Equivalent input signal = 135 dB;



Measured Response (f-frequency, A-attenuation)

f [Hz]	A1 [dB]	A2 [dB]	f [Hz]	A1 [dB]	A2 [dB]
10	3.0	3.0	125	0.0	0.0
12.5	2.1	2.1	250	0.0	0.0
16	1.5	1.5	500	0.0	0.0
20	1.0	1.0	1000	0.0	0.0
25	0.6	0.6	2000	0.0	0.0
31.5	0.4	0.4	4000	0.0	0.0
40	0.3	0.3	8000	0.0	0.0
50	0.2	0.2	10000	0.0	0.1
63	0.1	0.1			

All frequencies are nominal center values for the 1/3 octave bands

### 6. INTERNAL NOISE LEVEL (electrical)

LEVEL METER: Backlight - off; Calibration factor: 0dB

	Characteristic	Z	A	C
Channel 1	Level [dB]	26.0	27.6	26.6
Channel 2	Level [dB]	32.7	31.5	30.1

### 7. INTERNAL NOISE LEVEL (acoustical)

LEVEL METER: Backlight - off

	Characteristic	A
Channel 1	Level [dB]	30.5
Channel 2	Level [dB]	-

Noise measured with the microphones: Channel 1: SVANTEK type SV25D No. 31008;  
Channel 2: SVANTEK type SV25D No. .

Noise measured in special chamber, with reference microphone G.R.A.S type 40AN No. 13529

#### ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Temperature	Relative humidity	Ambient pressure
25°C	35%	1013hPa

#### TEST EQUIPMENT

Item	Manufacturer	Model	Serial no.	Description
1.	SVANTEK	SVAN 401	100	Signal generator
2.	SVANTEK	SVAN 912A	9537	Sound & Vibration Analyser
3.	KEITHLEY	2000	0910165	Digital multimeter
4.	SVANTEK	SV30A	24563	Acoustic calibrator

### CONFORMITY & TEST DECLARATION

1. Herewith Svantek company declares that this instrument has been calibrated and tested in compliance with the internal ISO9001 procedures and meets all specification given in the Manual(s) or respectively surpass them.
2. The acoustic calibration was performed using the Sound Calibrator and is traceable to the GUM (Central Office of Measures) reference standard - sound level calibrator type 4231 No 2292773.
3. The information appearing on this sheet has been compiled specifically for this instrument. This form is produced with advanced equipment & procedures which permit comprehensive quality assurance verification of all data supplied herein.
4. This calibration sheet shall not be reproduced except in full, without written permission of the SVANTEK Ltd.

Calibration specialist: Waclaw Skarzycki

Test date: 2013-09-04

