

**Estudio sobre los niveles de presión
sonora a los que se exponen los
alumnos de la ESMUC durante sus
tiempo de estudio.**

Trabajo final de Laboratorio de Sonido II

Marco A. Pérez
marco.antonio.perez@upc.edu
Profesor Enric Giné
Laboratori de So II
ESMUC 2007 - 2008
Junio de 2008

Índice

1. Agradecimientos	4
2. Introducción	5
3. Justificación	6
4. Objetivos	7
5. Disposiciones legales	8
6. Fundamento teórico	10
7. Metodología	14
8. Resultados de la evaluación	15
9. Conclusiones	18
10. Líneas futuras	20
11. Bibliografía y referencias	21
Anexos	
<i>Anexo 1</i>	21
Resultados tabulados de las medidas llevadas a cabo en la Escola Superior de Música de Catalunya.	
<i>Anexo 2</i>	42
El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.	
<i>Anexo 3</i>	50
Especificaciones técnicas del sonómetro RION NL-32.	

1. Agradecimientos

Este trabajo ha podido ser realizado gracias a la participación y colaboración de Ignacio Bori, Conrad Dalmau, Isabel Cachón, Jordi Caborrocas, Carlos Falanga, Agustín Fernández, Mario García, Jordi Guasp, Borja Manzano, Marc Palet, Gisela Ruiz, Caroline Simon, Marc Solanelles, Isabel Suárez, Pablo Torres, Jaime Velasco e integrantes del combo de música moderna DaClub, que de forma totalmente desinteresada se prestaron para llevar a cabo las medias y a Enric Giné, David Montero y Paul Poletti por la atención prestada siempre que lo he necesitado.

A todos ellos mi más sincero agradecimiento.

2. Introducció

Generalmente no se piensa que la música pueda producir niveles de ruido comparables con los de cualquier otro ruido laboral. La exposición de los músicos, tanto profesionales como estudiantes, a largos periodos de ensayos y actuaciones los coloca en situación de riesgo de pérdida de audición permanente que si para cualquier persona tiene importantes consecuencias, tanto más para aquellas cuya buena audición representa su fundamental herramienta de trabajo.

Recientes estudios demuestran que la incidencia de pérdidas de audición por exposición al ruido en músicos es más significativa. La aplicación de la legislación actual en España (Real Decreto 286/2006) a este colectivo tan particular presenta sus dificultades ya que fundamentalmente ha sido desarrollada para la aplicación en el ámbito industrial.

La protección personal, única posibilidad en muchas ocasiones, presenta problemas en su uso por los músicos, por la repercusión que tiene en la percepción del sonido. Raramente el músico es consciente del grado de riesgo al que se somete a diario, y en muchos casos, incluso cuando aparecen molestias auditivas, se las considera gajes del oficio haciendo caso omiso. Este grado de inconsciencia y desinformación, unido a la indeseada perturbación sonora que introducen la mayoría de los taponos auditivos, comporta que la mayoría de músicos se muestren reacios al uso de protectores, siendo ésta por el momento la única solución viable al problema presentado.

3. Justificación

Los largos períodos de exposición a la música durante ensayos y actuaciones, ubica a los músicos profesionales en situación de riesgo de pérdida de audición, siendo factores decisivos el nivel de presión sonora, el tiempo de exposición y la susceptibilidad individual, debiendo contemplarse también el espectro frecuencial del ruido y las propiedades transmisoras del sonido en el oído.

La mayor cantidad de información e investigaciones realizadas en ámbitos laborales han sido obtenidas en ambientes industriales, en consecuencia las medidas y regulaciones existentes fueron diseñadas para estos ambientes.

El ruido suele ser definido como sonido no deseado y aunque la música no se caracteriza por ser un sonido no deseado, en ciertas circunstancias la exposición prolongada a la misma puede, del mismo modo que el ruido, resultar también una pérdida de audición.

Los músicos profesionales no cuentan con ninguna legislación específica que fije límites máximos de exposición diaria. En ausencia de reglamentaciones específicas que contemplen a los trabajadores de la música la mayoría de los mismos principios y normativas podrían ser aplicados en el campo musical.

Teniendo en cuenta que la calidad auditiva es especialmente importante para los músicos, este estudio se ha propuesto para evaluar las condiciones de estudio y trabajo del colectivo de alumnos de la Escola Superior de Música de Catalunya (ESMUC).

Las lesiones producidas por ruido aparecen a largo plazo, cuando revertirlas es imposible. Un diagnóstico previo de la situación, a partir de los datos obtenidos, permite determinar la necesidad de implementar un programa de medidas preventivas con el fin de proteger la audición.

4. Objectivos

El objetivo general del presente trabajo es determinar cuantitativamente las condiciones acústicas de estudio de varios alumnos de la ESMUC, considerando diferentes instrumentos y/o agrupaciones instrumentales, así como, en algunos casos, tipologías de aulas o cabinas de estudio, con el fin de precisar los tiempos máximos a los que debe estar expuesto el músico por tal de minimizar cualquier riesgo de padecer lesiones inducidas por la exposición a altas presiones sonoras.

Como objetivos específicos se plantea:

- Analizar la normativa vigente en relación a la exposición prolongada al ruido y su extrapolación al contexto musical.
- Conocer y aplicar la metodología de medición dictada por la normativa.
- Determinar los valores equivalentes de presión sonora en tiempo de estudio para diferentes instrumentos y/o agrupaciones instrumentales, así como su espectro frecuencial.
- Comprobar el grado de influencia de las características acústicas de la sala en los resultados.
- Informar a los alumnos del grado de riesgo y facilitarles los resultados de los tiempos máximos calculados.
- Extrapolar y proponer una modificación de la normativa vigente para que tenga cabida en el contexto musical.
- Evidenciar, o no, el riesgo del colectivo musical.

5. Disposiciones legales

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo (*véase anexo 2*), sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, especifica una serie de acciones a desarrollar para reducir el ruido en las empresas y, en función del riesgo soportado por los trabajadores, adoptar una serie de medidas mínimas de prevención. En concreto un extracto de su *Artículo 4* (disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición) dice:

Los riesgos derivados de la exposición al ruido deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen.

La mayoría de disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición propuestas en el Real Decreto difícilmente tendrán aplicación en el contexto musical, a excepción de las expuestas en el *apartado g* del *Artículo 4*: limitación de la duración e intensidad de la exposición y ordenación adecuada del tiempo de trabajo.

A los efectos del Real Decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles pico, se fijan en:

- a. Valores límite de exposición: $L_{Aeq, diario} = 87$ dBA y $L_{pico} = 140$ dBC, respectivamente;
- b. Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq, diario} = 85$ dBA y $L_{pico} = 137$ dBC, respectivamente;
- c. Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq, diario} = 80$ dBA y $L_{pico} = 135$ dBC, respectivamente.

Según se especifica en el *Anexo 1* del Real Decreto, el nivel de exposición diario equivalente $L_{Aeq, diario}$ es el valor en decibelios A resultante del nivel de presión acústica recibida por el trabajador, dado por la expresión:

$$L_{Aeq, diario} = L_{Aeq, T} + 10 \log \frac{T}{8} \quad [1]$$

donde T es el tiempo de exposición en horas/día, suponiendo que el tiempo de exposición sea de 8 horas, y $L_{Aeq, T}$ es el valor en decibelios A del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado, dado por la expresión:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 \cdot dt \right] \quad [2]$$

donde P_A es el valor eficaz de la presión acústica ponderada en Pascales, P_0 es la presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ Pascales) y $T = t_2 - t_1$ es el tiempo de exposición al ruido en horas.

El nivel de pico L_{pico} es el valor en decibelios C máximo de la presión acústica instantánea en Pascales, dado por la expresión:

$$L_{pico} = 10 \log \left(\frac{P_{pico}}{P_0} \right)^2 \quad [3]$$

En referencia a la instrumentación de medición y condiciones de aplicación para la medición del nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq, diaria}$) y la medición del nivel de pico (L_{pico}):

- Los sonómetros integradores-premediadores podrán emplearse para la medición del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ($L_{Aeq, T}$) de cualquier tipo de ruido.
- El nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq, diaria}$) se calculará mediante las expresiones dadas en el *Anexo 1*.
- Los sonómetros integradores-premediadores deberán ajustarse, como mínimo, a las especificaciones de la norma UNE-EN 60804:1996 para los instrumentos de « clase 2 » (disponiendo, como mínimo, de la característica « SLOW » y de la ponderación frecuencial A) o a la de cualquier versión posterior de dicha norma y misma clase.
- Los sonómetros empleados para medir el nivel de pico o para determinar directamente si se sobrepasan los límites o niveles indicados en el *artículo 4* deberán tener una constante de tiempo en el ascenso igual o inferior a 100 microsegundos, o ajustarse a las especificaciones establecidas para este tipo de medición en la norma UNE-EN 61672:2005 o versión posterior de la misma.

6. Fundamento teórico

Las normativas sobre la protección contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido estipulan que la exposición de los trabajadores nunca debe exceder el máximo establecido de energía sonora diaria. Dicha energía se define como la combinación entre tiempo de exposición y nivel de presión sonora. Se define el concepto de tasa de intercambio como la variación de la presión sonora en decibelios que supone una duplicación o reducción al doble o la mitad, respectivamente, del tiempo máximo de exposición. En la *tabla 1* se representan los valores límite, para un nivel de criterio L_c de 85 dBA y una tasa de intercambio Q de 3 dB, a partir de los cuales se pueden producir, según la normativa, lesiones irreversibles. Véase como un incremento de 3 dB en el nivel de exposición supone una reducción a la mitad del tiempo de exposición.

Nivel sonoro dBA	Horas/día máxima de exposición
82	16
85	8
88	4
91	2
94	1
97	0,5
100	0,25

Tabla 1. Valores límite, para un nivel de criterio L_c de 85 dBA y una tasa de intercambio Q de 3 dB, a partir de los cuales se pueden producir lesiones irreversibles.

Han habido múltiples debates acerca de cual es la tasa más apropiada para predecir el riesgo de daño auditivo, siendo las más usuales 3 dB y 5 dB. La tasa de intercambio de 5 dB se basa en la teoría de que los sonidos intermitentes son menos perjudiciales que los sonidos continuos. Hay teorías en contra que argumentan que la tasa de intercambio 5 dB y el factor de tiempo *dos* no representa la realidad física en términos de equivalencia energética. Las regulaciones asociadas con la OSHA¹ utilizan esta tasa de intercambio.

La mayoría de los países Europeos utilizan la tasa de intercambio 3 dB, también conocida como “*equal energy rule*”. Un incremento de diez decibelios corresponde a un aumento de diez veces en intensidad, los 30 dB de diferencia entre 90 y 120 dBA representan $1 \cdot 10^3$ veces el

¹ Occupational Safety & Health Administration.

incremento de la presión sonora, de 0,001 a 1 W/m². Esta tasa de intercambio se utiliza para todas las medidas asociadas con el nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq}).

El nivel de presión media SPL o nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq}) se obtiene a partir la ecuación siguiente:

$$L_{eq}(Q) = q \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\left(\frac{L_i}{q}\right)} \cdot dt \right] \quad [4]$$

donde T es el tiempo de exposición en horas/día, L_i es el valor en decibelios A del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado y Q la tasa de intercambio. La constante q depende de la tasa de intercambio de la siguiente manera:

$$q = \frac{Q}{\log_{10}(2)} \rightarrow \begin{cases} \text{para } Q = 3 \text{ dB, } q = 10,0 \\ \text{para } Q = 4 \text{ dB, } q = 13,3 \\ \text{para } Q = 5 \text{ dB, } q = 16,6 \end{cases} \quad [5]$$

Si se substituye en la expresión anterior la tasa de intercambio $Q = 3$ dB se obtiene:

$$L_{eq}(3) = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\left(\frac{L_i}{10}\right)} \cdot dt \right] \quad [6]$$

El nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq}) es una constante hipotética cuyo nivel tendría la misma energía que un nivel sonoro variable integrado en un mismo período de tiempo.

La unidad de medida % dosis se utiliza para cuantificar la exposición al ruido medida durante un período de tiempo. La dosis 100 % es el máximo permisible de exposición al ruido en conformidad con las normas OSHA, MSHA², DOD³, ACGIH⁴ e ISO⁵. En las normas se especifica el nivel de criterio, la tasa de intercambio, el tiempo de respuesta y la ponderación de frecuencia. En particular para el Estado Español el nivel de criterio es de 85 dBA, la tasa de intercambio 3 dB, el tiempo de respuesta *Slow* y la ponderación en frecuencia A.

Para el cálculo de la dosis se emplea la siguiente expresión:

$$D = \frac{100}{T_c} \int_0^T 10^{\left(\frac{L_{iA} - L_c}{q}\right)} \cdot dt \quad [7]$$

² Mine Safety and Health Administration.

³ Department of Defense.

⁴ American Conference of Industrial Hygienists.

⁵ International Organization for Standardization.

donde L_{iA} es el nivel de presión acústica equivalente en dBA, L_c es el nivel de criterio en dBA y T_c el tiempo de criterio.

Los valores expuestos hasta ahora resultan de poca utilidad para el colectivo musical por lo que se propone replantear las expresiones anteriores de modo que se obtenga un valor de tiempo máximo de exposición para un determinado nivel de presión sonora. Éste puede ser calculado como:

$$T = \frac{T_c}{2^{\left(\frac{L_{iA}-L_c}{2}\right)}} \quad [8]$$

En particular para la normativa española, substituyendo los valores de tiempo de criterio y nivel de presión criterio se obtiene la siguiente expresión que permite determinar el tiempo máximo al que correspondería una dosis del 100 %. En la *tabla 2* se indican los tiempos máximos de exposición en función del nivel de presión sonora obtenidos a partir de la expresión [9].

$$T = \frac{8}{2^{\left(\frac{L_{iA}-85}{3}\right)}} \cdot 60 \quad [minutos] \quad [9]$$

Nivel de presión sonora L_{Aeq} dBA	Tiempos máximos de exposición en minutos
100	15
97	30
95	48
94	60
93	76
92	95
91	120
90	151
89	190
88	240
87	302
86	381
85	480
84	605
83	762
82	960
81	1210

Tabla 2. Valores límite de tiempo de exposición para los niveles de presión sonora indicados.

Del mismo modo puede calcularse el % de la dosis para el intervalo de tiempo medido a partir de la siguiente expresión:

$$D = \frac{10^{\log_{10} 2 \left(\frac{L_{iA} - L_c}{Q} \right)}}{T_c} \cdot t_i \quad [\%] \quad [10]$$

Análogamente substituyendo los valores dictados por la normativa española se obtiene:

$$D = \frac{10^{\log_{10} 2 \left(\frac{L_{iA} - 85}{3} \right)}}{480} \cdot t_i \quad [\%] \quad [11]$$

El 100 % dependerá ahora del t_i y L_{iA} . Pueden comprobarse ahora los valores de la *tabla 1*.

7. Metodología

Para llevar a cabo las medidas se ha utilizado un sonómetro **RION NL-32 número de serie 00620181** (véase *anexo 3*) que incorpora un **micrófono UC-53 número de serie 102905** y un **preamplificador NH-21 número de serie 04525**. El sonómetro cumple la normativa UNE-EN 60651 y UNE-EN 60804 Tipo I y UNE-EN 61672 Clase 1. Permite la medida simultánea de, entre otras, Nivel Sonoro Equivalente (L_{Aeq}), y Nivel de Pico (L_{pico}).

El sonómetro es un dispositivo diseñado para responder al sonido de manera similar a como lo haría el oído humano y para obtener las medidas objetivas del nivel de ruido después de haber ponderado sus frecuencias. Consta básicamente de un micrófono que recoge las variaciones de presión sonora y las convierte en señales eléctricas, un amplificador, uno o varios filtros de ponderación de frecuencias y un indicador digital.

El aparato de medida fue situado a una distancia máxima de 30 cm. de la oreja del individuo/a, en función de las necesidades del músico, evitando en la medida de lo posible cualquier apantallamiento del propio cuerpo, con la finalidad de registrar el nivel sonoro que percibe el músico en sus tiempo de estudio.

Se han llevado a cabo dos medidas de 15 minutos de duración para cada sujeto, considerando los distintos factores que podían influir en el resultado tales como tipología y características de las aulas, ensayos colectivos o individuales, repertorio y posición en la sala, registrando valores de nivel equivalente L_{Aeq} , niveles máximo y mínimo, niveles de porcentaje L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} y L_{95} y nivel de pico L_{pico} en la primera de ellas y un análisis en tercios de octava en la segunda.

El rango del sonómetro se configuró en función del instrumento o formación instrumental (véase *anexo 1*) con escalas comprendidas entre 20-100 dB y 60-140 dB, la ponderación temporal *FAST* con el objetivo de capturar variaciones bruscas de la presión sonora, y se ha establecido el nivel de criterio L_c en 85 dB y la tasa de intercambio Q en 3 dB.

En alguna de las medidas se ha dispuesto de un dosímetro **CEL 440 número de serie 110344** de clase 2 que ha realizado medidas simultáneas al sonómetro.

Se comprobó la calibración de los equipos antes y después de las evaluaciones, utilizando en el caso del sonómetro la calibración eléctrica interna y para el dosímetro un calibrador tipo 2 **CEL 282 dB número de serie 3/05022402** (113,6 dB a 1000 Hz). Así mismo se ha verificado la medida del sonómetro con el mismo calibrador.

8. Resultados de la evaluación

Los resultados obtenidos para cada una de las mediciones se adjuntan tabulados en el *anexo 1* del trabajo. La *tabla 3* recoge los resultados en unidades dB_{SPL} con ponderación A de los valores de presión sonora equivalente L_{Aeq} , máxima L_{Amax} , valores pico con ponderaciones de tipo C L_{Cpeak} , así como el tiempo límite de exposición estimado según lo expuesto anteriormente. Asimismo se incluyen los resultados de las medidas obtenidas mediante el dosímetro.

Instrumento o formación instrumental	Medidas con sonómetro				Medidas con dosímetro		
	L_{Aeq} dBA	L_{Amax} dBA	L_{Cpeak} dBC	Tiempo límite min.	L_{Aeq} dBA	L_{Amax} dBA	L_{Cpeak} dBC
Violín I	87,8	100,3	110,9	251	-	-	-
Violín II	82,7	97,9	106,8	814	-	-	-
Marimba	83,2	95,4	107,3	728	-	-	-
Combo de música moderna	101,2	110,1	127,5	11	103,5	113,5	130,3
Set-up de percusión	99,9	112,0	132,1	15	-	-	-
Flauta travesera	89,5	108,4	115,7	170	-	-	-
Piccolo	87,9	100,1	107,6	246	98,2	113,4	119,6
Saxo Alto - A333	98,5	111,1	119,7	21	-	-	-
Saxo Alto - C114	98,1	108,4	117,0	23	-	-	-
Combo de música moderna - DaClub	98,4	108,7	124,0	22	-	-	-
Glockenspiel	89,2	103,9	113,1	182	-	-	-
Batería Jazz	90,6	98,5	121,7	132	-	-	-
Contrabajo	89,2	103,5	108,7	182	-	-	-
Tenora	94,8	105,4	113,6	50	-	-	-
Piano	87,0	94,8	108,5	302	-	-	-
Trompeta Sib	96,5	109,2	117,2	34	-	-	-
Trompa	93,4	106,8	115,6	69	-	-	-
Viola	83,3	98,3	124,2	711	92,8	105,1	117,1
Guitarra clásica	70,6	84,4	99,0	13372	-	-	-
Sonólogo mezclando	78,0	88,4	103,8	2419	-	-	-

Tabla 3. Resultados obtenidos en la campaña de medidas lleva a cabo en la EMSUC.

Se han resaltado en rojo los valores de presión sonora equivalente L_{Aeq} que superan los 87 dBA establecidos como valores límite de exposición.

Inicialmente se propuso llevar a cabo las medidas durante las sesiones de las clases en vez de las sesiones de estudio personal, sin embargo se rechazó la propuesta porque se previó que los resultados no acabarían de representar la realidad de la jornada de un estudiante de música, ya que en dichas sesiones hay períodos de conversaciones con el profesor en los que el nivel sonoro es bajo, quedando éste plasmado en el resultado del nivel equivalente.

Aunque los resultados son alarmantes en algunos casos, hay que tener en cuenta que las medidas se han realizado en intervalos de tiempo de 15 minutos, y no necesariamente tiene por qué reflejar la realidad de una jornada laboral de un músico. No obstante sería útil conocer el nivel promedio ponderado en el tiempo TWA (*Time-weighted average*) que facilitan algunos dosímetros. Se determina analíticamente mediante la expresión [4] fijando el valor de tiempo el de una jornada laboral y sin tener en cuenta aquellos períodos en los que el nivel esté por debajo de los 80 dB. Se trata de un valor en decibelios que representaría la exposición del trabajador si después de la medida tomada no estuviese expuesto a niveles superiores a 80 dB en el tiempo de una jornada laboral completa. Para el caso de la viola el resultado obtenido ha sido de 81,6 dBA, para el piccolo 85,7 dBA, y para el combo de música moderna 82,2 dBA. Hay que decir la medida para el combo de música moderna fue de tan solo 5 minutos por las limitaciones horarias del profesor, razón por la cual el nivel promedio ponderado en el tiempo TWA es inferior al resto.

En las medidas tabuladas se han incluido los niveles de porcentaje L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} y L_{95} . Éstos representan el porcentaje de muestras (valor fijado en 5 %, 10 %, 50 %, 90 % y 95 %), que están por encima del nivel indicado en decibelios. El valor L_{95} representa que el 95 % de las muestras están por encima del nivel que indique y éste en particular da una idea del ruido de fondo en la medida. En el caso por ejemplo del batería con un $L_{95} = 84,3$ dBA no hay que achacar el problema a la insonorización del aula, sino a que no se ha podido registrar ningún intervalo de tiempo sin el instrumento.

Las diferencias observadas entre las medidas con sonómetros y dosímetros simultáneamente se discutirán en el siguiente apartado de conclusiones.

Finalmente se ha considerado interesante analizar la capacidad auditiva de aquellos sujetos para los cuales se ha obtenido un espectro frecuencial concentrado. A continuación se adjuntan las imágenes correspondientes a las audiometrías realizadas a los interpretes de piccolo, trompeta y saxofón (*véanse figuras 1 a 3*). Las audiometrías se han llevado a cabo mediante el software interactivo gratuito de Digital Recordings (<http://www.digital-recordings.com/>). No se ha encontrado correlación entre el espectro y los resultados de la audiometría. Las irregularidades entorno a los 5000 Hz es probable que se deban a la no respuesta plana de los auriculares utilizados.

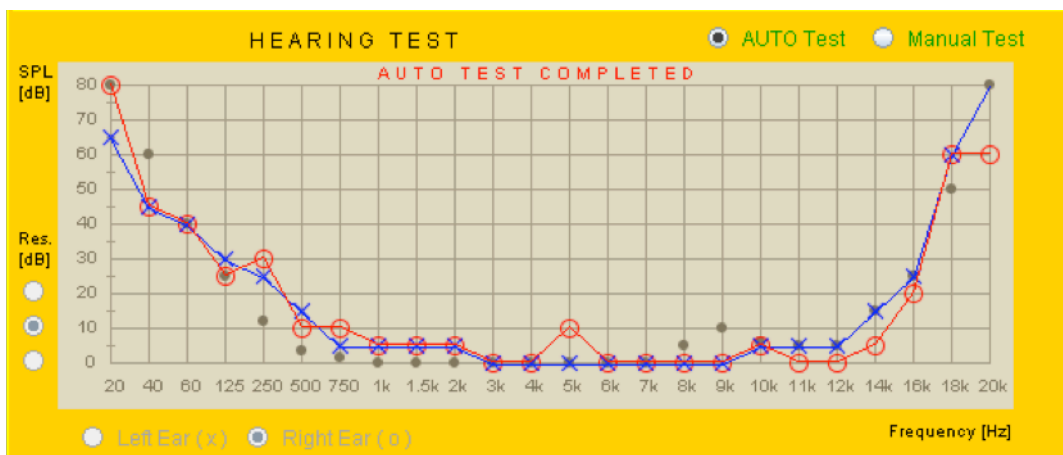


Figura 1. Audiometría de Caroline Simon (piccolo).

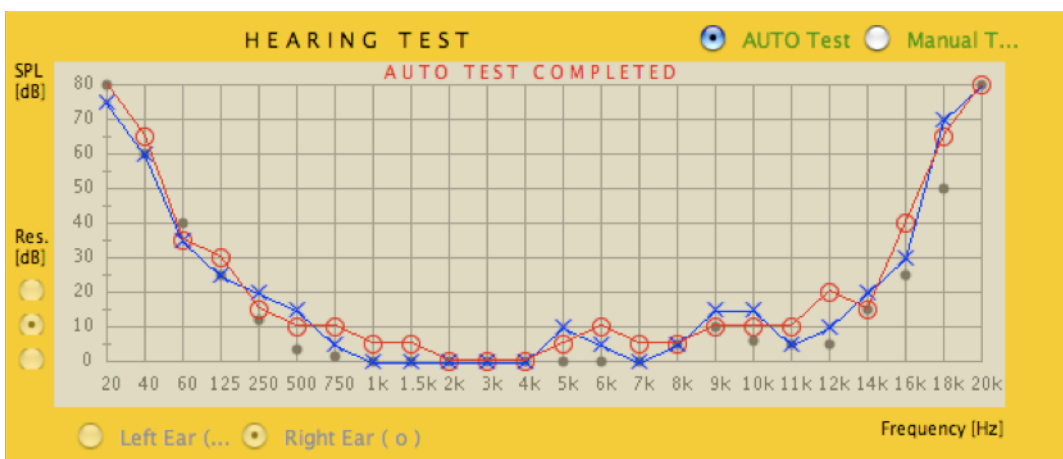


Figura 2. Audiometría de Marc Solanelles (trompeta).

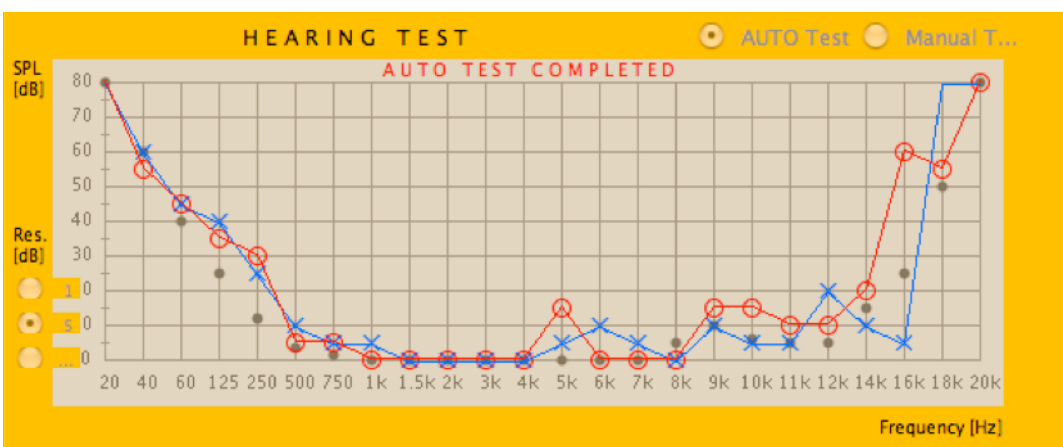


Figura 3. Audiometría de Marc Palet (saxofón y sonólogo).

9. Conclusiones

Una vez finalizado el estudio, del análisis de los resultados se desprenden varias conclusiones:

- En los resultados obtenidos puede observarse que la mayoría de los niveles de ruido están por encima o muy por encima del máximo estipulado por la normativa. Si bien es cierto que la muestra de instrumentistas no ha sido tomada aleatoriamente, por lo que no debe generalizarse y extrapolarse el porcentaje, sí que los resultados reflejan una realidad: los músicos son un colectivo de alto riesgo a padecer lesiones auditivas irreversibles y pocos son conscientes de ello.
- Como se ha comentado en el apartado anterior, los intervalos de medida no necesariamente tienen por qué reflejar la realidad de una jornada laboral de un músico; pretenden dar una idea de las condiciones de estudio y servir de referencia al músico.
- La protección personal podría ser imprescindible para alguno de los músicos, aunque sería necesaria una protección específica que permita al músico realizar su trabajo.
- La formación e información en lo que concierne a la prevención de lesiones auditivas, se hace especialmente importante en este colectivo dadas sus características.
- La características de las aulas de estudio influyen sensiblemente en los resultados de los niveles de presiones sonoras, por lo que de mejorarse las condiciones acústicas de las salas (por ejemplo instalando absorbentes) se reducirían los niveles. Véase el caso analizado del saxofón en dos aulas de estudio diferentes.
- El repertorio ejecutado condiciona necesariamente la interpretación y por consiguiente los niveles de presión sonora. Véase el caso analizado del violín.
- El posicionamiento del aparato de medida respecto a la oreja repercute considerablemente en los resultados. Véanse los casos en los que se dispone de medidas simultáneas con dosímetro y sonómetro. A priori se podría pensar que la diferencia entre los resultados es consecuencia de la calidad o sensibilidad de los aparatos, sin embargo, garantizando la precalibración y postcalibración, de un análisis más detallado se deduce que es la distancia a la fuente la consecuencia de la disparidad en los resultados, ya que si bien para el caso del piccolo y la viola hay 10,3 dB y 9,5 dB de diferencia respectivamente, para el combo de música moderna la diferencia es de 2,3 dB. La justificación a este hecho es que en los dos primeros casos el dosímetro estaba situado a unos 10 centímetros de la oreja mientras que el sonómetro, por requerimientos del intérprete, se aproximó a unos 50 centímetros. En el caso del combo de música moderna, al tratarse de una fuente sonora no focalizada, la posición de los aparatos de medida es menos relevante. Se verificó además la calibración de ambos equipos con un mismo calibrador.

-
- Por otro lado no se han detectado irregularidades en las audiometrías llevadas a cabo a aquellos sujetos para los que se había obtenido un espectro en frecuencia concentrado. Sin embargo esto no es ninguna garantía, en primer lugar porque el sistema utilizado para la audiometría no es profesional y en segundo lugar porque los sujetos están todos en una edad inferior a los 23 años.
 - Otra de los factores más importantes es la continuidad o no del nivel sonoro. Por esta razón es útil conocer también los períodos en los que se está por debajo de un rango. Este hecho deja a la luz otra de las cuestiones que no contempla la normativa. Imagínese el caso de un afinador de pianos que desarrolla su tarea en una jornada de 8 horas diarias. De realizarse una medida del nivel de presión sonora muy probablemente sería inferior a los límites de riesgo debido a los largos períodos de tiempo que estaría por debajo del rango girando las clavijas, en comparación con los impulsos. En otras palabras, el valor L_{95} sería muy superior al L_5 , y por consiguiente el resultado de la integración temporal sería un nivel de presión sonora que no tendría por que ser representativo del riesgo a padecer lesiones auditivas. Así pues se considera que la normativa es incompleta en este sentido y debería permitir cuantificar el daño producido por un número determinado de impulsos.
 - Finalmente cabe decir que la propuesta del replanteamiento de la formulación y la elaboración de la *tabla 2* facilita al músico una información de mayor utilidad a la hora de acotar los tiempos de estudio.

10. Líneas futuras

Dada magnitud del tema tratado y la multitud de variables de las cuales depende el nivel de presión sonora, tales como instrumento, agrupación instrumental, repertorio, condiciones acústicas de la sala, estado de ánimo del intérprete, etc., se ha hecho necesario fijar un alcance y consecuentemente unas exclusiones antes de abordar el problema. Por consiguiente se plantean trabajos a dos niveles: medio y largo plazo.

A medio plazo se propone:

- Ampliar la campaña de medidas y extenderlo a formaciones musicales de todos los estilos, tales como: cobs, orquesta sinfónica, orquesta de cuerdas, agrupaciones de música antigua, combos de música moderna, grupos de percusión, etc.
- Realizar un estudio más detallado de las características acústicas de las aulas y la influencia en los niveles de presión sonora.
- Realizar medidas simultáneas con sonómetros y dosímetros e identificar el grado de influencia de la proximidad de los aparatos a las fuentes.
- Analizar con detalle casos aislados como el del afinador de pianos.

A largo plazo se propone:

- Llevar a cabo una campaña de información para el colectivo de músicos de las ESMUC donde se expongan los resultados de las medidas realizadas y se propongan alternativas de protección.
- Ampliar la campaña de medidas y extenderlo al colectivo de profesores con el fin de analizar el factor edad.
- Dotar las aulas de sistemas de medida de nivel sonoro de forma que permita conocer al estudiante las condiciones del ensayo, así como el tiempo máximo.
- Proponer formalmente modificaciones en la normativa con el fin de que ésta se ciña a la realizada laboral del colectivo musical.

11. Bibliografia y referencias

1. *Control of Noise at Work Regulations 2005*. Statutory Instrument 2005 No. 1643 Health and Safety.
2. DAVIS, Hugh et. al. *Noise and Hearing Loss in Musicians*. Safety and Health in Arts Production and Entertainment (SHAPE). Vancouver, 2005.
3. JANSEN, E.J.M, NEERINGS, M., de LAAT, J.A.P.M., DRESCHLER, W.A. *De status van het gehoor van musici van vijf symphonieorkesten*.
4. KARWOWSKI, W., MARRAS, W. *The occupational ergonomics handbook*. CRC Press. USA 1999.
5. LIZ BRUECK BSc MIOA. *Orchestra pilot of the industry/HSE noise guidance*. Health & Safety Laboratory 2006 / 96.
6. *Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido*. Boletín Oficial del Estado número 60, página 9842-9848. España, 2006.
7. WWW Hearing Test. Digital Recordings <http://www.digital-recordings.com/>.

Anexo 1

Resultados tabulados de las medidas llevadas a cabo en la Escola Superior de Música de Catalunya.

Anexo 2

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Anexo 3

Especificaciones técnicas del sonómetro RION NL-32.