

MEDICIÓN DE LA ATENUACIÓN ACUSTICA DE TRES PROTECTORES AUDITIVOS TIPO OREJERA CON TECNOLOGÍA CAR EN HELICÓPTEROS

PACS: 43.50

Trujillo Ruiz, Ricardo; Alba Arcila, Carlos Eduardo; Hermida Cadena, Luis Fernando; HerreraMartínez, Marcelo;
Universidad de San Buenaventura,
Carrera 8 H n.º 172-20 | PBX: (57) 1- 667 1090, Bogotá, Colombia, mherrera@usbog.edu.co

RESUMEN

En este trabajo, la medición de la atenuación acústica de 3 protectores auditivos tipo orejera con tecnología CAR es realizada dentro del recinto de un helicóptero. Inicialmente se construye un dispositivo de medición (ATF) que nos sirve para caracterizar a estos protectores en un recinto tratado acústicamente. Posteriormente, estos protectores auditivos son probados dentro del recinto de un helicóptero, y se realiza una comparación objetiva entre los tres dispositivos tomando en cuenta como descriptores el PIL (Pérdida por inserción pasiva), AIL (Pérdida por inserción activa), y Pérdida por inserción Total (TIL).

INTRODUCCIÓN

La manera más eficaz de evitar la exposición a ruido con riesgo de adquirir sordera profesional en los lugares de trabajo, es controlar los niveles de ruido en el origen o en la fuente. Esto se puede hacer con el diseño de equipos silenciosos, por ejemplo, con la colocación de amortiguadores o silenciadores, encapsulamiento, u otros diseños acústicos. Cuando no es posible reducir el ruido en la fuente de emisión y / o en el medio de propagación, el control de ruido en el receptor (trabajador) se convierte en la última línea defensiva contra la exposición a ruido riesgosa, adoptándose como medidas la reducción del tiempo de exposición y el uso de protectores auditivos o una combinación de ambas. El ruido en el interior del helicóptero procedente del motor es esencialmente de baja frecuencia con rangos que varían entre los 50 y 2,200 Hz, con SPL entre los 96 y 119 dB. Para reducirlo mediante control pasivo, habría que incrementar el aislamiento (y por consiguiente, el peso) y/o la absorción (lo que implicaría reducir el volumen del interior). Por ende se plantea la aplicación de control activo de ruido, ya que su diseño radica en la atenuación de frecuencias bajas por medio de filtros adaptativos. El desarrollo de la siguiente investigación permite cuantificar el riesgo sobre la salud humana y más importante aún, determinar las consecuencias con lo que se fomenta la investigación en soluciones prácticas. Para prevenir la aparición temprana de fatiga operacional y las respuestas orgánicas al vuelo en helicópteros, deben considerarse ciertas medidas que bien aplicadas podrán evitar dicha fatiga o daño permanente a los pilotos. Éstas medidas son fundamentalmente higiénicas, y dentro de ellas está el uso de protectores auditivos.

Métodos de Reducción de Ruido en Helicópteros

Puesto que en los helicópteros el motor se encuentra en la parte superior, se han diseñado silenciadores para atenuar el ruido generado por el mismo. Sin embargo se hace énfasis en la aplicación de motores de turbina el cual es más fácil de controlar. Una técnica posible para la reducción de ruido de helicóptero de rotor es de 'separación de palas modulada'. Las palas del rotor estándar están espaciadas uniformemente, y producen mayor ruido en una frecuencia particular y sus armónicos. El uso de diversos grados de separación entre las cuchillas propaga el ruido del rotor sobre una gama más amplia de frecuencias mucho más fácil de atenuar. Dentro de los métodos más conocidos tenemos:

- 1- Acoustic Test Fixture (ATF)
- 2- Protector auditivo convencional
- 3- Orejeras
- 4- Protectores dependientes del nivel: Están concebidos para proporcionar una protección que se incremente a medida que el nivel sonoro aumenta.
- 5- Protectores con reducción activa del ruido: Se trata de protectores auditivos que incorporan circuitos destinados a suprimir parcialmente el sonido por medio de cancelación de ondas.

Metodologías de Medición de Protectores Auditivos

Dentro de las metodologías de medición encontramos:

- 1- MÉTODO REAT (REAL EAR ATTENUATION AT THRESHOLD)
- 2- MÉTODO MIRE (MICROPHONE IN REAL EAR)
- 3- MÉTODOS ATFS (ACOUSTICAL TEST FIXTURES)

Marco Normativo Legal

Contamos para las mediciones con el Protocolo de Medición de protectores acústicos tipo orejera según la norma iso (4869-3:2007)

Construcción ATF (Acoustic Test Fixture)

El ATF debe estar hecho de un material no magnético, por ejemplo una aleación de aluminio o latón. En éste caso se utilizó madera de cedro sin ningún componente magnético dentro de sus materiales de construcción, la base que sostiene al equipo de medición es de aluminio. Tiene que tener la forma de un cilindro con su eje horizontal y con (145 ± 1) mm entre los centros de las dos caras extremas. El diámetro del cilindro debe ser de (135 ± 5) mm; Los ángulos de cada una de las dos caras extremas deben estar inclinados hacia la parte superior a $4,5^\circ \pm 0,5^\circ$ con respecto a un plano vertical.

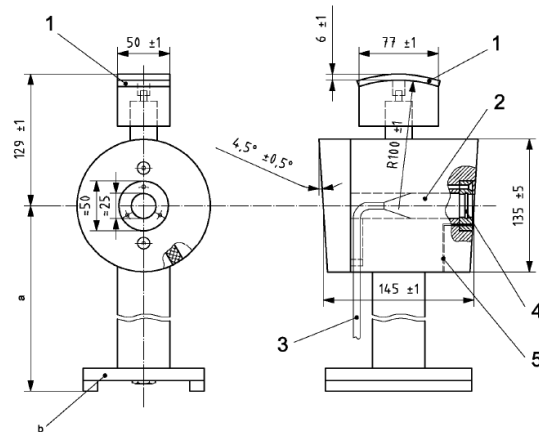


Fig. 1. Dimensiones del ATF Según norma ISO 4869-3:2007

Lugar de Ensayo

El campo acústico de ensayo debe constar o bien de un campo de incidencia aleatoria o bien de una onda progresiva plana de una calidad especificada según la norma ISO 4869-3:2007, en este caso se va a usar un campo de incidencia aleatoria. Se debe cumplir con el tiempo de reverberación de la Norma y la Medición del Nivel de Presión de Sonora debe ser realizada con respecto a un Punto de Referencia. El punto de referencia es un punto medio de una línea que une los centros de las dos extremidades del ATF. Se procede a medir en 6 puntos cada uno a 15 cm del punto de referencia, en el eje anterior-posterior, derecha-izquierda y arriba-abajo como se muestra en la Fig. 2. Al realizar esta medición, se observa que en la mayoría del rango de frecuencias cumple las condiciones de la norma ISO 4689-3.

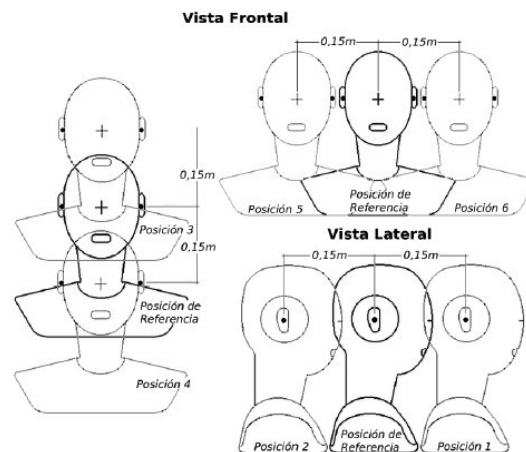


Fig. 2. Posiciones de medición respecto a punto de referencia

Dispositivos a Evaluar

Se escogieron 3 protectores auditivos que son usados en ambientes hostiles y para pruebas con armas (disparos), con el fin de asegurar la máxima protección para los pilotos y tripulación. Cumplen con las especificaciones de construcción para estos dispositivos y son de fácil acceso para el público civil. Las características individuales se observan en la tabla 1.

Parámetros a Analizar

Medición de la pérdida de inserción pasiva (PIL)

Diferencia, $L_o - L_c$, los niveles medidos L_o como condición abierta (sin protectores) y la condición cerrada L_c (con protectores).

Medición de la pérdida activa de inserción (AIL)

Diferencia, $L_{coff} - L_{con}$, entre los niveles medidos en la condición cerrada con la electrónica apagada (L_{coff}) y encendida (L_{con}). L_{coff} y L_{con} serán medidos durante el mismo montaje del dispositivo para el sujeto o ATF.

Medición de la pérdida de inserción total (TIL)

Diferencia, $L_o - L_{con}$, entre los niveles medidos en la condición abierta (L_o) y de los niveles medidos en la condición cerrada con el control activo encendido (L_{con}).

Medición dentro de la cabina

Esta medición se basa en la Norma Técnica Colombiana NTC 4653 Acústica - Directrices para la medición de la exposición al ruido en ambientes de trabajo

Tabla 1. Dispositivos a evaluar

Howard Leight Impact Sport	Peltor SportTac Hearing Protector	Peltor Tactical Pro Headsets
		

<p>CARACTERÍSTICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Amplifica el sonido ambiente de seguridad 82 dB - tecnología de respuesta pasivo cuando el ruido alcanza 82 dB ■ Permite que los usuarios escuchen las comunicaciones importantes, como los otros tiradores y los sonidos ambientales ■ Micrófonos estéreo direccional colocado amplifican y mejoran el sonido de la audición más natural ■ Diseño de bajo perfil con cut-out permite la liquidación completa de las existencias de armas de fuego, lo que elimina la interferencia durante la filmación ■ Cuenta con tecnología de atenuación óptima patentada Air Flow Control de Bilsom Technology™ en todas las frecuencias 	<p>CARÁCTERÍSTICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Tazas contorneados para un mejor capital de la soldadura y de la vista foto ■ Desconexión automática (2 horas) para conservar la duración de la batería ■ Amplifica el sonido ambiente a fin de que realmente se oye mucho mejor ■ Tecnología de supresión de sonido digital ■ Industrias posibles incluyen: la caza, campo de tiro, operadores de equipo pesado, manufactura, construcción, agrícola ■ NRR 20 dB ** El NRR puede sobrestimar la protección auditiva proporcionada durante el uso típico. ■ 3M recomienda reducir el NRR en un 50% 	<p>CARACTERÍSTICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Toma de entrada de audio que se puede utilizar con radios portátiles, reproductores de MP3 u otros dispositivos capaces de entrada. ■ NRR de 26 dBA ■ Electrónica limitan sonidos amplificados a 82 dBA a 2 milisegundos ■ Active-volumen ofrece distorsión máxima amplificación libre bajo nivel de sonido de hasta 18 dBA ■ Micrófonos estéreo omnidireccionales ofrecen 360 grados de escucha ambiental externa ■ Utiliza la nueva SUPRESIÓN DE SONIDO DIGITAL Peltor (DSST) la tecnología de chip ■ Ideal para el campo de tiro y las personas con pérdida de audición
---	--	--

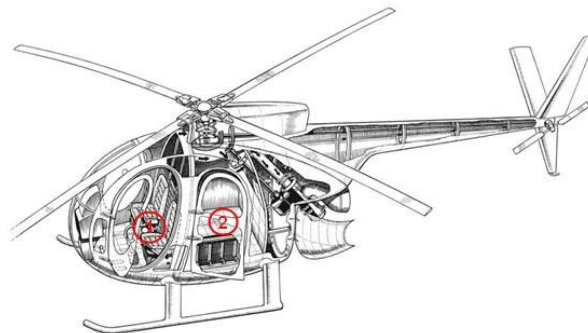


Fig. 3. Puntos de medición dentro de la cabina del Huges 500. 1-) En la mitad del piloto y copiloto; 2-) En la zona de pasajeros bajo el rotor principal

Medición de los Protectores dentro de La Cabina

Tabla 2. Secuencia Utilizada según norma ANSI/ASA S12.42: "ACAC" (Abierto cerrado, Abierto Cerrado)

a. La medición sin protectores, Lo.
b. Colocar el protector en el ATF.
c. Período de espera de 120 ± 5 s después del ajuste final.
d. Medición pasiva con el dispositivo apagado, L _{coff} .
e. Encender el Control Activo de Ruido.
f. Esperar 10 s (o más si así lo especifica el solicitante), con el ruido de prueba encendido.
g. Medición del protector con control activo de ruido encendido, L _{con}
h. Apagar el Control Activo de Ruido y retire el protector auditivo del ATF.

Análisis Comparativo Pruebas en el Helicóptero

Pérdida de inserción pasiva dentro de la cabina del helicóptero Hughes 500 (PIL2)

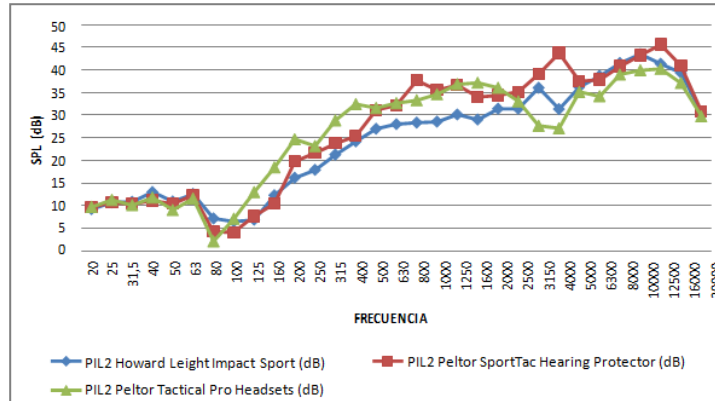


Fig. 4. Valores del Promedio de la Pérdida por Inserción Pasiva (PIL) para los tres dispositivos medidos: Howard Leight Impact Sport, Peltor SportTac Hearing y Peltor Tactical Pro Headsets, por tercios de octava.

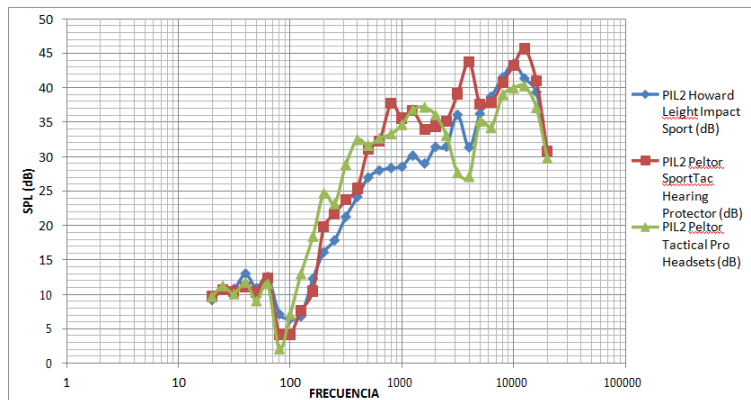


Fig. 5. Gráfica logarítmica de los Valores del Promedio de la Pérdida por Inserción Pasiva (PIL) para los tres dispositivos medidos: Howard Leight Impact Sport, Peltor SportTac Hearing y Peltor Tactical Pro Headsets, por tercios de octava.

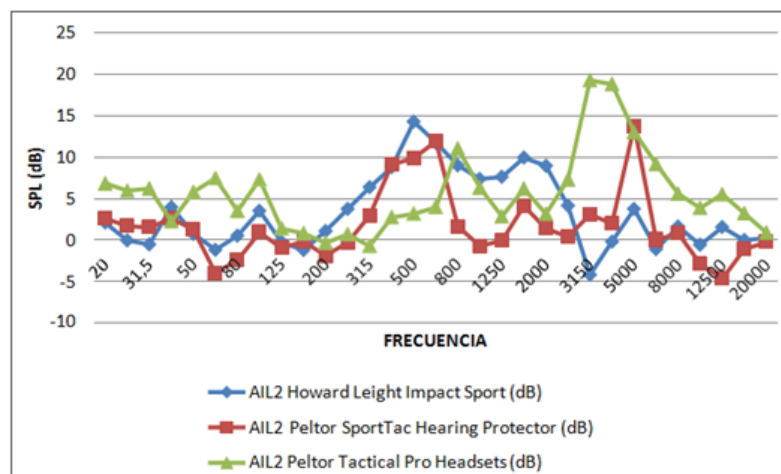


Fig. 6. Valores del Promedio de la Pérdida por inserción activa (AIL) para los tres dispositivos medidos: Howard Leight Impact Sport, Peltor SportTac Hearing y Peltor Tactical Pro Headsets, por tercios de octava.

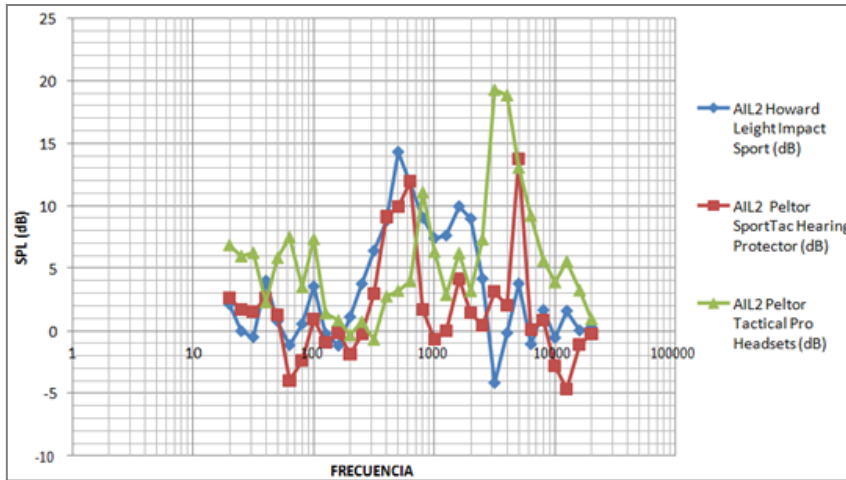


Figura 7. Gráfica logarítmica de los Valores del Promedio de la Pérdida por inserción activa (AIL) para los tres dispositivos medidos: Howard Leight Impact Sport, Peltor SportTac Hearing y Peltor Tactical Pro Headsets, por tercios de octava.

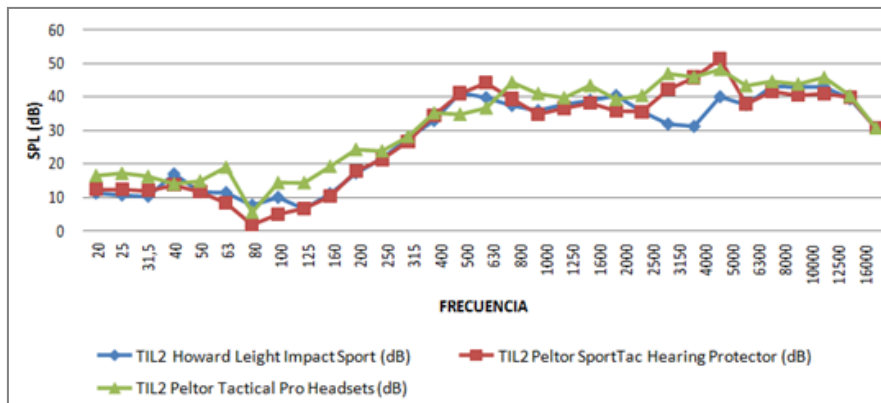


Fig. 8. Valores del Promedio de la Pérdida por inserción total (TIL) para los tres dispositivos medidos: Howard Leight Impact Sport, Peltor SportTac Hearing y Peltor Tactical Pro Headsets, por tercios de octava.

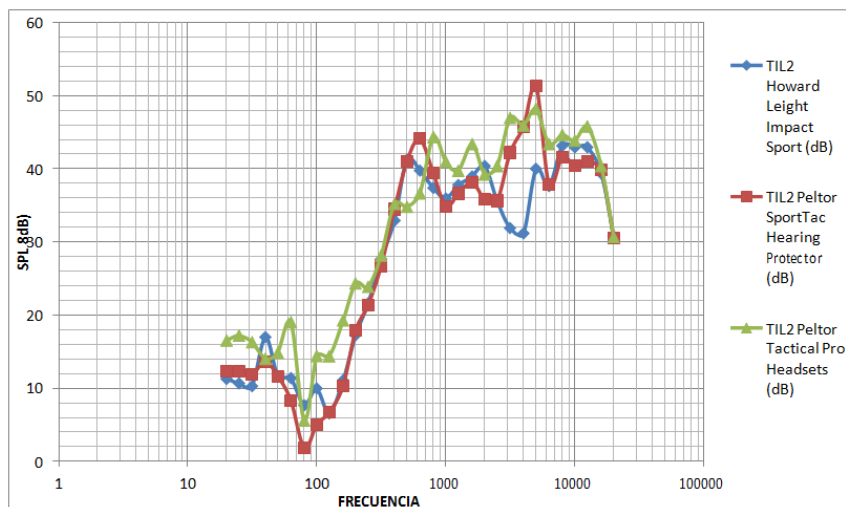


Fig. 9. Gráfica logarítmica de los Valores del Promedio de la Pérdida por inserción total (TIL) para los tres dispositivos medidos: Howard Leight Impact Sport, Peltor SportTac Hearing y Peltor Tactical Pro Headsets, por tercios de octava.

ANÁLISIS

Al analizar los resultados del PIL se esperaba que por su diseño de cápsula y tamaño, el protector Peltor Tactical Pro fuera el de mejor rendimiento pero las mediciones dieron como resultado el dominio en atenuación pasiva en frecuencias medias altas por parte de los protectores SportTac Hearing entre 500Hz y 20KHz sobre los otros dos protectores con una diferencia máxima de 12 dB en 4 KHz. Sin embargo se puede apreciar que el valor de atenuación pasiva se ve reducido entre 2500 – 5000 Hz en el cual el Protector Peltor Tactical Pro se esperaba obtuviera los mejores resultados, pero crece a razón de 6 dB entre 100 y 200 Hz respecto a los otros dos protectores demostrando un mejor comportamiento en frecuencias bajas. No se obtuvieron resultados negativos, demostrando la efectividad del rendimiento de los 3 protectores de forma pasiva, esto debido al gran nivel de ruido generado al interior de la cabina del helicóptero Hughes 500. Se observa un comportamiento lineal de atenuación a medida que aumenta la frecuencia. Así mismo, los 3 protectores presentan su nivel más bajo de atenuación en el rango de frecuencias de 80 a 100 Hz. Respecto a la atenuación por inserción activa (AIL) se observa una variación en el comportamiento de los datos obtenidos, ya que el protector Peltor Tactical Pro Headsets presenta los mayores valores de atenuación de frecuencias muy bajas entre 20 y 100 Hz, sin embargo en 80 Hz presenta un decaimiento considerable de 5 dB mientras que el protector Howard Leight Impact atenúa ésta frecuencia específica los mismos 5 dB más, y en el rango de 200 a 2200 Hz se aprecia el mejor rendimiento en la atenuación acústica por parte de éstos protectores. Los mayores valores de atenuación activa para el protector Peltor Tactical Pro se ubican en las frecuencias altas entre 3150 y 20000 Hz, con un valor máximo de 17,51dB en la frecuencia de 4 KHz sobre los otros dos protectores. Respecto al parámetro TIL, en general los dispositivos muestran un desempeño completo de reducción del ruido, cubriendo gran parte del espectro de frecuencia, donde la atenuación pasiva y activa se puede analizar de forma independiente y juntas se comportan como una solución eficaz para la atenuación del ruido. Los valores de los 3 protectores son muy cercanos, de comportamiento lineal y con aumento y disminución de niveles SPL en los mismos rangos de frecuencia. Se observa entonces que el nivel máximo de atenuación se registra en 5000 Hz donde el protector Peltor Sportac Hearing alcanza un nivel de atenuación 51,2775dB, 3 dB por encima del protector Peltro Tactical Sport y 12 dB respecto al protector Howard Leight Impact. Se observa un promedio de 14 dB de atenuación acústica de los 3 protectores en el rango de frecuencias de 20 a 63 Hz, así mismo los 3 protectores presentan el menor nivel de atenuación en 80Hz. El comportamiento de los protectores Howard Leight Impact Sport demostraron ser menos efectivos en el rango de 2500 a 6300 Hz.ç

Conclusiones

El método de medición por medio del ATF resultó ser bastante efectivo para el registro y análisis de los datos obtenidos puesto que se recomienda como metodología para diagnosticar el correcto funcionamiento de éste tipo de protectores, es decir, se utiliza como control de calidad, lo cual radica en la parte inicial de la investigación. El diseño y construcción del ATF fue basado en la Norma UNE-EN ISO 4869-3, la cual especifica las dimensiones y características físicas necesarias para la construcción del dispositivo de medición. Así mismo la secuencia utilizada según norma ANSI/ASA S12.42: "ACAC" (Abierto Cerrado, Abierto Cerrado), permitió definir un protocolo para mediciones objetivas y obtener datos confiables tanto en las mediciones de estudio como en las mediciones dentro de la cabina del helicóptero Hughes 500. La medición del helicóptero Hughes 500 registró que el valor SPL promedio del helicóptero se encuentra en 98,26 dB con frecuencia central de 40 Hz la cual registró un nivel de 110,775 dB, y según la Resolución 8321 del Ministerio de Salud permite trabajar bajo éste nivel de presión sonora por un intervalo de tiempo de 2 horas diarias. Es decir, no es recomendable para un piloto exceder éste tiempo de exposición ya que puede afectar su desempeño laboral y su condición auditiva. Los resultados objetivos demostraron el alto nivel de contaminación auditiva generada al interior de la cabina por el rotor principal, ya que subjetivamente, se percibía bastante ruido dentro de la misma. La secuencia utilizada

según norma ANSI/ASA S12.42: "ACAC" (Abierto Cerrado, Abierto Cerrado) para la medición de la atenuación acústica de los protectores dentro de la cabina confirmó por medio de resultados objetivos la hipótesis acerca de que dispositivo funcionaría mejor.

El protector Howard Leight Impact Sport se comportó de forma adecuada aportando niveles de cancelación altos, sin embargo por su diseño no es recomendado para éste tipo de actividades. El protector SporTac Hearing presentó el mejor comportamiento pasivo al obtener una reducción máxima de 45,25 dB en frecuencias altas. Puesto que el análisis de la investigación se centra en el comportamiento en frecuencias bajas y sus niveles de atenuación el protector Peltor Tactical Sport con su diseño de cápsula robusto, cómodo y de gran tamaño obtuvo los mayores niveles de atenuación total a través de todo el espectro, en el que tanto en frecuencias bajas dentro del rango de 20 a 63 Hz obtuvieron una reducción de 16,3 dB en promedio, principalmente en la frecuencia central del motor que está a 40 Hz, se evidenció una reducción de 14,03 dB, y en frecuencias medias altas comprendidas entre 1 KHz y 20 KHz con un valor promedio de 42,347 dB, lo cual es una atenuación bastante significativa dentro de la cabina.

Bibliografía

- Reyes Bustamante, Joel, "Exposicion A Ruido Y Vibraciones En Aviacion", Tecnólogo Médico Cw Nixon, Proceedings Of The International Congress On Noise As A Public Health Problem.
- Reyes Bustamante, Joel, "Exposicion A Ruido Y Vibraciones En Aviacion", Tecnólogo Médico Coermann, Rr, (1962). "The Mechanical Impedance Of The Human Body In Sittting And Standing Position At Low Frequencies", Pag 877.
- Iso 1996: Acústica - Descripción Y Medida Del Ruido Ambiental.
- Iso 1999: Acústica - Determinación De La Exposición A Ruido Laboral Y Estimación De La Pérdida Auditiva Inducida Por Ruido.
- Une_74023=1992 Determinación De La Exposición Al Ruido En El Trabajo Y Estimación De Las Pérdidas Auditivas Inducidas Por El Ruido.
- Une-En_Iso_7731=2008 Señales Acústicas De Peligro En Lugares De Trabajo.
- Une En 24869-L Protectores Auditivo5 Contra El Ruido Parte 1: Método Subjetivo De Medida (Iso 4869- 1: 1990)
- Une-En Iso 4869-3 Protectores Auditivos Contra El Ruido Parte 3: Medición De La Atenuación Acústica De Los Protectores De Tipo Orejera Mediante Un Montaje Para Pruebas Acústicas.
- Iso/Tc 43/Sc 1/Wg 17 N 175 Methods For The Measurement Of Insertion Loss Of Hearing Protection Devices In Continuous Or Impulsive Noise Using Microphone-In-Real-Ear Or Acoustic Test Fixture Procedures.