

“Determinación de la Peligrosidad Acústica de ambientes de trabajo”

ALICE ELIZABETH GONZALEZ

Ing. Civil H/S – Doctora en Ingeniería Ambiental
Dpto. de Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería - UdelaR
J. Herrera y Reissig 565 CP 11.300, Montevideo, Uruguay (+598) 2711 3386 ext. 206
aliceelizabethgonzalez@gmail.com

Abstract

La predicción de la pérdida auditiva ocupacional en función de la exposición a ruido ha sido objeto de diferentes estudios. En este trabajo se muestra una metodología para estimar el exceso de pérdida de una población a los 60 años de edad, en función de datos reales tomados de fichas audiométricas de una población expuesta a condiciones análogas a la de interés.

A ese exceso de pérdida por sobre la esperable por sociacusia y presbiacusia para la población en cuestión se la designa como “peligrosidad acústica” de ese lugar de trabajo.

Palabras clave

Peligrosidad acústica, pérdida auditiva, ruido ocupacional

1 Introducción

Pese a que las hipoacusias profesionales han sido largamente reportadas en la bibliografía ya desde la época de Bernardino Ramazzini, y aunque las técnicas de valoración de la pérdida auditiva individual están estandarizadas desde hace mucho tiempo también, son relativamente recientes los abordajes de estos temas con enfoque epidemiológico.

Sin embargo, más allá del acto médico de la valoración de cada individuo, hoy día el higienista y el profesional de seguridad en el trabajo necesitan conocer información a nivel poblacional para poder definir mejor las medidas de gestión en el ambiente de trabajo, siempre teniendo en cuenta que los protectores auditivos pueden ser necesarios pero es el recurso al que se debe llegar luego de transitado el camino que discute las diferentes formas de control, desde la emisión al receptor.

La metodología que se propone en este trabajo pretende aportar una herramienta de uso bastante sencillo en ese sentido.

2 Patologías auditivas que se asocian con exposición laboral a ruido

La exposición a niveles sonoros elevados en el ambiente de trabajo es una situación usual, que afecta a millones de personas en el mundo. Otárola Merino et al. (2006) indican que según datos de EPA habría unos 30 millones de trabajadores en USA expuestos a "niveles de ruido altamente dañinos". Meyers et al. (2009) evalúan que entre 5 y 10 millones de personas en USA están en riesgo de adquirir pérdida auditiva inducida por ruido, al estar expuestos laboralmente a más de 85 dBA en su lugar de trabajo.

Según García et al. (2009), la pérdida auditiva es una de las enfermedades profesionales más subvaloradas en España. Cada año se estima que surgen cerca de 10.200 casos de pérdidas de audición por ruido. Sin embargo, sólo se declararon 490 casos. La infradeclaración se estimó en un 95,4 % para el año 2004.

Es que pese a ser una enfermedad profesional claramente identificable, no es tan claro determinar cuáles han sido las causas de la hipoacusia que presenta un trabajador. El ruido, una vez que cesa no deja rastros ambientales, pero sus efectos son acumulativos en el receptor expuesto. El estilo de vida actual, pletórico de fuentes ambientales de ruido y de entretenimientos también ruidosos, sumado a la cantidad de medicamentos de venta libre con efectos ototóxicos comprobados, genera también su aporte en la aceleración de la pérdida natural de la audición por envejecimiento (presbiacusia).

Sin embargo, Otárola Merino et al. (2006) afirman que la hipoacusia laboral es causal del 80 % de las indemnizaciones por enfermedades profesionales con daño permanente que atiende la Asociación Chilena de Seguridad. Los autores señalan que la Asociación tiene 1.620.200 trabajadores afiliados distribuidos en 36.041 empresas, principalmente del rubro "servicios". De ellos, en 2005 había 77.117 personas en vigilancia médica por exposición a ruido.

Es posible diferenciar distintos tipos de patologías auditivas que pueden ocurrir por exposición laboral. Somerville (1976) recogía la siguiente nomenclatura, que acababa de acordarse durante la elaboración de la normativa laboral en USA tomando como referencia las definiciones que, con fines legales, había publicado en 1971 el Comité de Normas de Higiene de la Sociedad Británica de Higiene Ocupacional (British Occupational Hygiene Society):

- **Trauma acústico:** se designa de este modo a la pérdida auditiva resultante de una única exposición, intensa y breve, a un ruido muy

fuerte (casos típicos: explosiones, disparos). Puede generar perforación de la membrana del tímpano, dislocación de la cadena de huesecillos o daños en el oído interno.

- **Pérdida auditiva o daño auditivo (hearing impairment):** de este modo se alude a cualquier pérdida de la audición.
- **Deterioro auditivo (handicap):** implica que el daño a la audición tiene consecuencias sociales.
- **Discapacidad auditiva (disability):** se reserva para aquellos casos en los que el daño da lugar a dificultades en el trabajo.

3 Valoración individual de la pérdida auditiva

La pérdida auditiva que presenta un trabajador debe ser sin dudas evaluada a través de la valoración del propio individuo en cuestión. Clínicamente, la evaluación de la salud auditiva pasa, entre otros exámenes, por la realización de una audiometría.

La audiometría tonal o de tonos puros permite evaluar el umbral auditivo de un sujeto a través de un estudio que consiste en la estimulación auditiva por vía aérea y por vía ósea. Se trata de una técnica no invasiva, estandarizada, de bajo costo y fácil aplicación, que permite conocer el umbral auditivo respecto al cero audiométrico que un individuo registra en cada oído y para cada una de las frecuencias de interés entre 125 Hz y 8000 Hz.

La gráfica clínica de la audiometría es de uso universal. En las abscisas se grafican las frecuencias de 125 a 8000 Hz en intervalos iguales de octavas; en las ordenadas, en sentido descendente están ubicadas las pérdidas en decibeles (dB) en relación al eje 0, que representa el "cero audiométrico", es decir, el umbral auditivo normal para las vías ósea y aérea. Cada respuesta está representada por un pequeño círculo para el oído derecho y por una pequeña cruz para el izquierdo. Se registran ambos oídos en el mismo gráfico, el derecho en rojo y el izquierdo en azul.

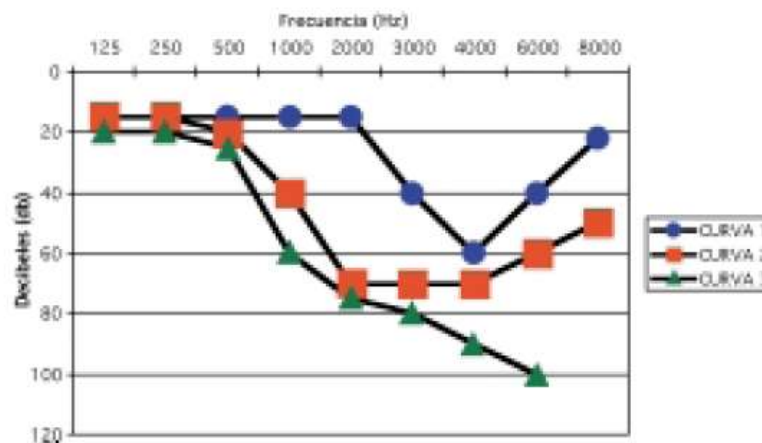
Para evaluar la capacidad auditiva en relación a exposición ocupacional a ruido, se suele explorar las frecuencias comprendidas entre 500 Hz y 8000 Hz y solamente la vía aérea. Así lo establece, por ejemplo, la actual Directiva de la Unión Europea (Directiva CE/10/2003) y el Real Decreto 286 de 2006 (INSHT España, 2009). En virtud de este Real Decreto, el control audiométrico deberá garantizarse a todos aquellos trabajadores expuestos a niveles de ruido que superen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción. También se debe

garantizar cuando la exposición se encuentre entre los valores inferiores y superiores de exposición que dan lugar a una acción, si en la evaluación de riesgos se pone de manifiesto una especial sensibilidad o circunstancias de exposición atípicas o de difícil evaluación como las exposiciones fuera del lugar de trabajo pero sufridas a causa de la prestación laboral.

Entre otras informaciones, la audiometría permite conocer el umbral auditivo, es decir, la intensidad mínima audible para cada frecuencia. La forma del gráfico es parte del resultado: en las *hipoacusias de percepción*, un escotoma en 4000 Hz es característico de una pérdida auditiva inducida por exposición a ruido, en tanto un descenso progresivo en las frecuencias agudas es propio de la presbiacusia.

En efecto, el daño auditivo por exposición laboral se inicia con una pérdida centrada en los 4.000 Hz, que se manifiesta en el audiograma como una "V" que recibe el nombre de escotoma. Pero para que el individuo se dé cuenta de que está sufriendo un daño auditivo pasará aún mucho tiempo. Es que la pérdida se va propagando primero a las frecuencias vecinas y sólo cuando se alcanza un deterioro significativo en las frecuencias conversacionales es que empieza a haber dificultades para comprender la palabra hablada, que aparece inicialmente como una dificultad para reconocer las consonantes y, en consecuencia, para comprender a cabalidad el mensaje.

Evolución de las Curvas Audiométricas a Medida que Progresa el daño Crónico por Ruido.



Curva 1: Daño inicial, frecuencias afectadas alrededor de los 4.000 Hz.
 Curva 2: Daño provocado por la exposición crónica al ruido, se observa un patrón en cubeta, con daño que compromete las frecuencias agudas.
 Curva 3: Patrón descendente.

Figura 1. Evolución de la pérdida auditiva inducida por exposición a ruido (Tomado de Otárola Merino et al., 2006)

4 Valoración poblacional de la pérdida auditiva

Cuando se está en presencia de poblaciones expuestas a un mismo agente potencialmente agresor, empiezan a aparecer en juego otros factores que deben necesariamente ser considerados y que tienen que ver con conceptos de tipo epidemiológico o poblacional, como por ejemplo la incidencia de la susceptibilidad individual en la respuesta de los distintos receptores ante dicho agente.

No debe confundirse el objetivo de una valoración poblacional con el de la valoración de un individuo: en este segundo caso, se trata de un acto médico dirigido a conocer la situación auditiva de un trabajador y evaluar su estado de salud en relación a la exposición a ruido en el ambiente de trabajo. En un análisis epidemiológico, lo que se busca es encontrar regularidades en las respuestas de un conjunto de personas expuestas para definir medidas de gestión en el ambiente de trabajo, que van desde la reasignación de tareas al uso de protección personal, pasando por toda la gama imaginable de medidas "duras" y "blandas" tendientes a mejorar las condiciones y bajar el riesgo de ocurrencia de una pérdida auditiva incremental a la esperada por presbiacusia. Por cierto, este tipo de análisis no da información a propósito del estado de salud de cada uno de los individuos, más allá del reconocimiento de sus umbrales de percepción en las diferentes frecuencias que se investigan.

La exposición a ruido en el ambiente de trabajo desde una perspectiva poblacional ha sido largamente estudiada. Existen herramientas que posibilitan, por ejemplo, analizar las respuestas de un conjunto de individuos según género, edad, antigüedad en el puesto de trabajo, entre muchas otras opciones. Una de estas herramientas viene dada en la Norma ISO 1999:90.

La Norma presenta una metodología según la cual, conocido el nivel sonoro al que está expuesta una población –expresado como nivel sonoro continuo equivalente de ocho horas $L_{Aeq,8h}$ – y la distribución por edades de la población, se puede estimar la probabilidad de sufrir un determinado nivel de pérdida auditiva en distintas frecuencias de interés. El hecho de considerar el nivel a que se está expuesto simplemente como un nivel equivalente expresado en dBA tiene que ver con que ese valor tiene una gran correlación con el riesgo de daño auditivo (Concha-Barrientos, 2004). En ese sentido, es bastante usual trabajar con tres categorías de acuerdo con el L_{Aeq} de 8 horas:

- Exposición mínima: < 85 dB(A)
- Exposición a niveles sonoros moderados: 85–90 dB(A)
- Exposición a niveles sonoros elevados: >90 dB(A).

La Norma ISO 1999, en su versión inicial (1975), trabajaba puramente el concepto de valoración individual. A partir de la experiencia estadounidense reportada principalmente por EPA, se planteaba cómo obtener la probabilidad de que un individuo de cierta edad, expuesto durante un cierto número de años a un nivel sonoro conocido L_{Aeq} en su ambiente laboral, presentara una pérdida superior a 25 dB -calculada como el promedio de pérdidas en las bandas de octava centradas en 500, 1000 y 2000 Hz.

A partir de las condiciones de exposición de un individuo - fundamentalmente en ámbito laboral- se podía inferir el nivel de deterioro auditivo esperable como respuesta al agente agresor -sin dejar de tener en cuenta el deterioro natural por envejecimiento, la presbiacusia-. El resultado era una sentencia del tipo: *"un trabajador de n años expuesto a un nivel equivalente de L dBA en una semana de trabajo de 40 horas durante x años tiene una probabilidad de p % de sufrir una pérdida auditiva de más de 25 dB al cabo de ese tiempo."*

La Norma ISO 1999:90 sustituye la predicción del deterioro auditivo que se espera sufra un trabajador de determinada edad sometido en el ámbito laboral a un cierto valor de nivel sonoro continuo equivalente por una afirmación del tipo de: *"en una población trabajadora de n años de edad que permanece expuesta a un nivel equivalente de L dBA en una semana de trabajo de 40 horas durante x años, se espera que el p_1 % registre una pérdida de por los menos d_1 dB, que el p_2 % registre una pérdida de por los menos d_2 dB..."* y así para los distintos porcentajes de población comprendidos entre el 5 % y el 95 %, que son los límites de confianza que maneja la norma para dejar de lado los casos de sensibilidad individual atípica.

Otra innovación en la edición de 1990 es que no sólo se pasa de la estimación del deterioro auditivo individual al enfoque epidemiológico, sino que se incluyen muchos posibles criterios de evaluación de la pérdida auditiva, algunos más bien reparativos y otros de corte más preventivo.

- Se consideran **preventivos** los criterios que asignan mayor peso a las frecuencias en que se instala la pérdida auditiva, antes de que se perciban efectos en la comunicación cotidiana: 3000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz.
- Se consideran **reparativos** los criterios que privilegian el peso de las frecuencias conversacionales. Cuando se comienzan a percibir disfunciones en la comunicación cotidiana, por lo general la pérdida auditiva ya está instalada y es irreversible.

5 La peligrosidad acústica de un ambiente

Dice Somerville (1976): "*un ruido es peligroso si como resultado de la exposición aparecen zumbidos (tinnitus) temporales o una sordera pasajera o si es imposible comunicarse sin levantar la voz con una persona que está al lado.*"

En realidad, nada puede llevarse adelante en forma tan sencilla. Cuando está en juego la salud de los trabajadores, es necesario cuantificar de alguna manera si se está en un ambiente que genera un riesgo incremental de pérdida auditiva o no y, de ser el caso, de qué magnitud es ese riesgo y qué medidas se requieren para disminuirlo.

Una de tantas posibles formas de cuantificar el riesgo incremental de pérdida auditiva que tiene una población por desempeñarse en un cierto ambiente de trabajo, viene dada por la *peligrosidad acústica* de ese lugar.

La *peligrosidad acústica* es una estimación cuantitativa del exceso de pérdida auditiva por sobre las pérdidas esperables debido a presbiacusia + socioacusia, que se puede esperar que promedialmente sufra una población trabajadora al llegar a los 60 años, si se mantienen las condiciones de exposición a ruido en su lugar de trabajo.

Así, podrán obtenerse valores de peligrosidad acústica o exceso de pérdida auditiva esperado para toda la población trabajadora considerada; para los individuos de cada sexo que la integran; para distintas antigüedades en el trabajo; para ambientes con niveles sonoros diferenciados; para puestos de trabajo distintos dentro de una industria; o complejamente para varios establecimientos de un ramo, tendiendo a determinar la peligrosidad acústica asociada con ese ramo industrial.

Este tipo de valoraciones, que se realiza sobre datos reales de pérdida auditiva de poblaciones trabajadoras, puede constituirse en una herramienta de utilidad para múltiples objetivos, desde discriminar la calidad acústica de un ambiente de trabajo –como un parámetro más de calidad del producto o servicio asociado con éste- hasta evaluar y ponderar en forma diferencial distintos ramos industriales –o distintos establecimientos dentro de un mismo ramo- desde el punto de vista de las aseguradoras de riesgos.

Cuando se dispone de información suficiente y confiable, también se pueden aplicar los resultados conocidos para predecir la pérdida esperable en otros ambientes similares, con el fin de definir medidas de acción.

6 Determinación de la “peligrosidad acústica” de un ámbito laboral

La metodología de trabajo propuesta permite inferir –a posteriori, no prever- la *peligrosidad acústica* de un ambiente laboral, una fábrica o un rubro industrial, a través del análisis de la base audiométrica de su población trabajadora.

Este método de trabajo combina por un lado el criterio de la Pérdida Auditiva Media (Perte Auditive Moyenne) PAM que proponen los investigadores franceses Lafon & Duclos (1985) y por otro, los criterios y bases de datos de referencia de la Norma ISO 1999:90. La PAM no es otra cosa que la pérdida auditiva que correspondería al individuo considerado a los 35 años de edad, evaluada ésta con el criterio $(2000 + 4000)/2$ ⁽¹⁾.

Paso 1: calcular la pérdida auditiva de cada individuo según un criterio dado

Para aplicar el método de la Pérdida Auditiva Media sobre una base de datos audiométricos de una población expuesta a ruido ocupacional de cuyos individuos se conocen las edades, se debe comenzar por obtener el valor de la pérdida para cada uno de los oídos por el criterio $(2000 + 4000)/2$ y se escoge como referencia el peor de ambos (podría optarse por tomar uno de los oídos, la media aritmética o un promedio ponderado de ambos).

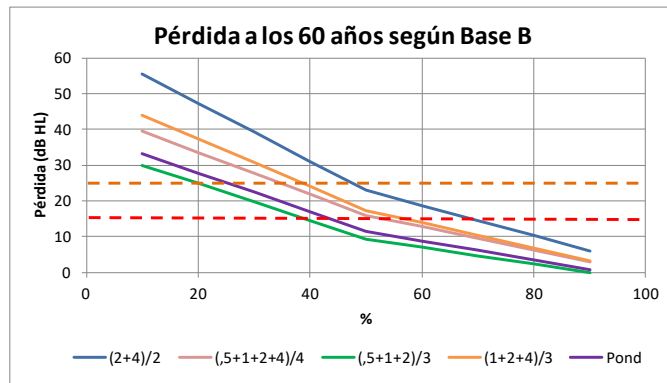


Figura 2. Comparación de criterios de pérdida auditiva

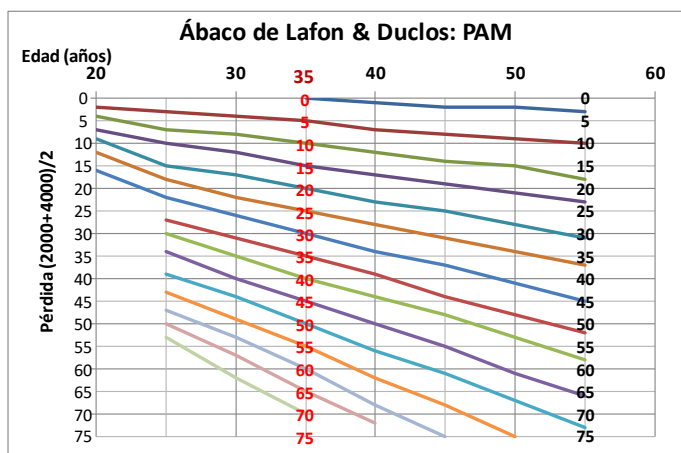
Trabajos publicados por González y Perona (1997, 2001) y González et al. (2003) muestran que los resultados de las valoraciones epidemiológicas son diferentes según el criterio que se aplique. En particular el criterio que emplean Lafon & Duclos $(2000 + 4000)/2$ es el más preventivo de todos los que acepta la Norma ISO 1999:90. Estadísticamente sus valoraciones se apartan de las de todos los demás justamente por su esencia de anticiparse a las pérdidas en las frecuencias conversacionales privilegiando las pérdidas en las

¹ Notación usual que se refiere al promedio de las pérdidas auditivas en 2000 Hz y 4000 Hz.

frecuencias de instalación de la discapacidad.

Paso 2: obtener el valor de la PAM de cada individuo

A través del ábaco de Lafon & Duclos (Figura 3), al que se ingresa manualmente para cada ficha de la base de datos con la edad del individuo y la pérdida auditiva evaluada como acaba de enunciarse, se convierte la población de trabajo en una población ficticia equivalente de 35 años de edad, para la que se ha determinado individuo a individuo la pérdida auditiva de referencia (PAM). Este procedimiento no sólo



uniformiza la edad de los trabajadores a considerar sino que a su vez evita incurrir en errores sistemáticos debidos a la evolución natural de la presbiacusia a lo largo de la vida de cada persona. A los efectos de facilitar esta tarea, en la tabla 1 se presentan los valores leídos de dicho ábaco.

Figura 3. Ábaco de Lafon&Duclos (1985)

Ábaco para determinar la Pérdida Auditiva Media PAM (Perte Auditive Moyenne)															
Pérdida (dB HL) en (2000+4000)/2															
EDAD	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
20		2	4	7	9	12	16								
25		3	7	10	15	18	22	27	30	34	39	43	47	50	53
30		4	8	12	17	22	26	31	35	40	44	49	53	57	62
35	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
40	1	7	12	17	23	28	34	39	44	50	56	62	68	72	
45	2	8	14	19	25	31	37	44	48	55	61	68	75		
50	2	9	15	21	28	34	41	48	53	61	67	75			
55	3	10	18	23	31	37	45	52	58	66	73				

Tabla 1. Valores tabulados del ábaco de Lafon & Duclos (1985)

Paso 3: construir la curva de permanencia de los valores de PAM

La nueva población de pérdidas auditivas correspondiente a individuos equivalentes de 35 años de edad es la que habrá de compararse con una de las poblaciones de referencia que propone la Norma ISO

1999:90. Para ello, se ordenan de mayor a menor de modo de asignarles un % de permanencia, es decir, "el % de casos que presenta una pérdida de no más que (el valor considerado)". Así se puede construir la gráfica PAM = PAM (%).

Se anotarán los valores que corresponden al 10 %, 20 %, ... hasta 90 % de la población, que son los que se utilizarán en el paso siguiente.

Paso 4: seleccionar una base audiométrica de referencia

Salvo que se tenga una mejor opción, los valores de PAM se compararán con los valores que resultan de aplicar el criterio $(2000 + 4000)/2$ a los datos de la Base B de la Norma ISO 1999:90, restándolos aritméticamente en el orden que están.

Como la norma sólo da valores para 30 años y 40 años, los valores requeridos para 35 años se obtienen por interpolación lineal, a falta de mejores argumentos. A los valores de pérdida auditiva obtenidos para 35 años se les aplica el mismo criterio de valoración (ponderación $(2000 + 4000)/2$). Se obtiene así la curva de permanencia de las pérdidas a los 35 años según la Base B, que es la que servirá de referencia para comparar los valores de PAM obtenidos para la población en estudio.

La Base "B" proporciona una "curva de excedencia" de los niveles de pérdida auditiva esperables para los distintos porcentajes de la población, es decir, se espera que para la edad, frecuencia y porcentaje de la población total que se esté considerando, la pérdida auditiva registrada sea igual o mayor que el valor dado. Así, para cada edad y frecuencia, el valor tabulado será mayor para el 10 % de la población que para el 50 %, y éste será a su vez mayor que el correspondiente al 90 % de la población.

BASE B	% de la población			% de la población		
	0,9	0,5	0,1	0,9	0,5	0,1
Frecuencia	Hombres			Mujeres		
500	-1	8	17	-1	7	17
1000	-5	2	13	-6	2	11
2000	-4	3	16	-5	1	12
3000	1	11	31	-3	5	16
4000	2	14	44	-5	5	17
6000	10	21	47	4	14	28

Tabla 2. Pérdida auditiva a los 35 años (interpolación de Base B ISO 1999:90)

Paso 5: construir la curva de permanencia de los excesos de pérdida

Para poder comparar la población en estudio con la población de referencia, se requiere construir una curva similar a las anteriores pero con la diferencia aritmética entre PAM y referencia obtenida para distintos % de la población (como mínimo, entre el 10 % y 90 % con valores cada 10 %).

Se reordenan de mayor a menor las diferencias obtenidas, y a cada una se le asigna una permanencia en %. Por lo general, en el tramo central de la curva aparece una zona de valores bastante homogéneos, que puede considerarse representativa de la pérdida auditiva debida a la exposición a ruido ocupacional que ha sufrido la población bajo estudio (no olvidar que en esta curva se tienen las pérdidas incrementales con respecto a la esperada por presbiacusia + socioacusia para la población de referencia).

Paso 6: Determinar la peligrosidad acústica

Para determinar la peligrosidad acústica, en el gráfico anterior se busca, comenzando desde los valores más altos, el tramo que contenga mayor cantidad de valores consecutivos en un entorno de 3 dB como máximo. Su promedio aritmético es el valor buscado.

Si no hay ningún tramo que tenga 5 valores consecutivos o más en una franja de 3 dB de amplitud, la peligrosidad acústica puede obtenerse como la media aritmética de los 5 valores centrales del gráfico, es decir, los que corresponden al 30 % a 70 % inclusive.

7 Algunas preguntas y respuestas acerca de esta metodología

¿Por qué recurrir a este método, si la Norma ISO 1999:90 permite estimar la pérdida auditiva inducida por exposición a ruido?

Ciertamente, la ISO 1999:90 permite estimar la pérdida auditiva conociendo las características de la población expuesta y el nivel de exposición de 8 horas expresado en escala A ($L_{Aeq,8h}$). Sin embargo, Rosenstock (1998), en su detallado análisis de diferentes metodologías para estimar el riesgo de exceso de pérdida auditiva, plantea que la predicción de esta norma es considerablemente más baja que las que dan los modelos de cálculo propuestos por ISO (1971), NIOSH (1972), EPA (1973) y NIOSH (1997), que son bastante similares entre sí.

Dado que el método propuesto da un buen ajuste con la realidad,

maneja conceptos preventivos y es de sencilla aplicación, se ha preferido consolidar la metodología de la peligrosidad acústica.

¿Por qué se utiliza como referencia de la Base B de la Norma ISO 1999:90?

La Norma presenta dos bases de datos de referencia (A y B), en las que proporciona las pérdidas auditivas esperables para distintas frecuencias y para distintas edades, para cada sexo, ocasionadas solamente por presbiacusia (Base A) o presbiacusia + socioacusia (Base B), considerando la no existencia de exposición ocupacional para los individuos de referencia.

Si bien la Base A permite ser inequívocamente calculada para cada género y edad, es representativa de la pérdida que registraría una población ideal, otológicamente apantallada, sin historial de drogas ototóxicas, no expuesta ambientalmente a ruido, y sin otros antecedentes que anticipen un incremento en el deterioro auditivo ocasionado por la edad. Como esa situación parece demasiado poco frecuente, a falta de mejores datos locales o nacionales se prefiere emplear la Base B, que considera no sólo el envejecimiento sino también la pérdida auditiva extraocupacional inducida por el estilo de vida (socioacusia). A diferencia de la Base A, la Base B no admite ser calculada matemáticamente; se obtiene del procesamiento de datos audiométricos experimentales.

Ya en 1971 Ward planteaba hasta dónde el empleador debe responsabilizarse de la fracción de pérdida auditiva que no está relacionada con el actual empleo de un trabajador, sino con sus hábitos de vida o eventualmente con exposiciones laborales anteriores. Al anunciar esta dificultad, defendía enfáticamente que la pérdida ocupacional debe obtenerse de descontar de la pérdida auditiva real constatada la pérdida promedio por presbiacusia + socioacusia y no sólo la imputable a la presbiacusia esperable a la edad del trabajador.

En su concepto, la pérdida por socioacusia se entiende como:

"la diferencia entre la presbiacusia y la pérdida real que registra un individuo que no tiene historia ni de exposición laboral a ruido ni de enfermedades auditivas. Entonces, la socioacusia incluye pérdidas por conducción debidas a patologías del oído medio derivadas de infecciones, barotrauma e incipiente otoesclerosis, además de pérdidas neurosensoriales debidas a exposición no laboral (incluyendo la práctica de tiro con armas de fuego), drogas ototóxicas y enfermedades tales como paperas."

Ward añade que, como las pérdidas por conducción pueden eliminarse,

la socioacusia corresponderá a la pérdida neurosensorial que resulta luego de eliminadas esas pérdidas, cuyo efecto es solamente aditivo con ésta.

Para Ward, la aditividad aritmética de las pérdidas por sociacusia y por exposición ocupacional no es una hipótesis incorrecta. Como ejemplo, plantea que la pérdida ocupacional a 4000 Hz es exponencial pero alcanza una asíntota entre los 10 y 15 años de exposición, por lo que dice Ward: *"cuanto mayor es la pérdida (ocupacional) que uno tiene, menor será la pérdida adicional en dB ante una mayor exposición."*

¿Cómo se puede evaluar cuán preocupante es el valor de peligrosidad acústica obtenido?

No se establece a priori cuál es el valor a partir del cual se debe considerar que la pérdida auditiva supera lo esperable para la edad, que tanto en la versión de la ISO de 1975 como en las referencias de EPA estaba fijado en 25 dB. Para la NIOSH, una pérdida de 15 dB en cualquiera de las frecuencias que se evalúa es causa de acciones más detalladas para verificar la salud auditiva del trabajador. Para la OMS, sin embargo, la pérdida auditiva se considera tal a partir de 41 dB HL.

Si no se tiene un valor umbral o de comparación fijado por la normativa correspondiente, a modo de orientación se puede emplear la tabla 3 (tomada de Concha-Barrientos, 2004) en la que se recogen las definiciones de pérdida auditiva de la OMS (1991) y se relacionan con los umbrales de daño que maneja ISO (nótese que está evaluado en función del criterio $(500 \text{ Hz} + 1000 \text{ Hz} + 2000 \text{ Hz} + 4000 \text{ Hz})/4$ que, a los 60 años, predice una pérdida 7 dB menor que la esperada según $(2000 \text{ Hz} + 4000 \text{ Hz})/2$ para el 50 % de la población.

Grado de discapacidad auditiva		Valor audiométrico ISO	Interpretación
0	No hay discapacidad auditiva	< 25 dB (mejor oído)	No hay problemas de audición o son muy leves. Se puede escuchar susurros.
1	Discapacidad leve	26 – 40 dB (mejor oído)	Se puede escuchar y repetir palabras dichas en voz normal a una distancia de 1 m.
2	Discapacidad moderada	41 – 60 dB (mejor oído)	Se puede escuchar y repetir palabras dichas alzando la voz a una distancia de 1 m.
3	Discapacidad severa	61 – 80 dB (mejor oído)	Se puede escuchar algunas palabras si se le grita en el mejor oído.
4	Discapacidad profunda, incluyendo sordera	> 81 dB (mejor oído)	No es posible escuchar ni comprender siquiera a gritos.

Tabla 3. Grados de discapacidad auditiva según OMS (1991). Valores de comparación dados por ISO para $(500 \text{ Hz} + 1000 \text{ Hz} + 2000 \text{ Hz} + 4000 \text{ Hz})/4$. (Fuente: Concha-Barrientos, 2004)

8 Algunas Aplicaciones

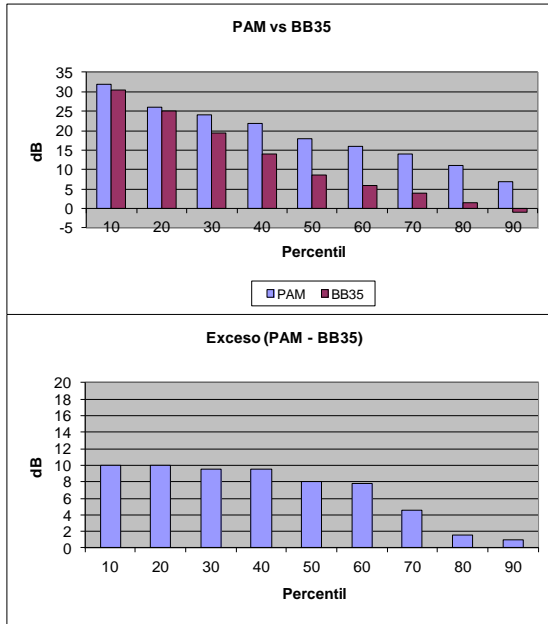
Se presentan algunos ejemplos de aplicación de la metodología propuesta a casos reales.

En un primer caso se muestran resultados de un estudio sobre 326 fichas audiométricas de una población masculina trabajadora correspondiente al rubro de prefabricados de hormigón armado. La población de trabajo tenía una distribución etaria medianamente uniforme entre los 20 y 60 años, y en el 90 % de los casos los operarios tenían una antigüedad en la fábrica de cinco o más años.

Efectuando la totalidad del procedimiento referenciado, se pudo evaluar la peligrosidad acústica del establecimiento en el entorno de los 14 dBA. Las gráficas que se adjuntan muestran comparativamente las curvas de PAM y de presbiacusia según Base "B" y la diferencia entre ambas curvas (el exceso de pérdida auditiva). Según se ve, la regularidad en los valores de esta diferencia aparece recién por encima del percentil 30%. Se analizaron los casos con pérdida netamente superior a la prevista para la industria, identificándolos en la base original. Un análisis de distribución por edades permitió mostrar que en este caso los casos de mayores pérdidas auditivas se repartían más o menos homogéneamente entre las distintas franjas etarias, por lo que se asumió la susceptibilidad individual como una explicación aceptable para las desviaciones encontradas.

Un segundo caso de estudio estuvo constituido por un conjunto de 75 fichas audiométricas de obreros de una fábrica de vidrio. En este caso, aplicando la metodología propuesta, se pudo inferir una peligrosidad acústica de 14 ± 2 dBA para la industria, considerando la totalidad de la población analizada. En este caso, se contaba además con datos detallados de la historia laboral de los operarios, en concreto de su antigüedad en la fábrica. Por lo tanto, se pudo analizar la evolución del exceso de pérdida auditiva en función de la antigüedad de la exposición. Así, se pudo determinar que para operarios con no más de diez años de antigüedad el exceso de pérdida auditiva se situaba promedialmente en 12 dBA; para una antigüedad de once a veinte años de antigüedad en la fábrica, este valor se eleva a 13 dBA; y para aquellos que se han desempeñado durante más de veinte años en la fábrica la pérdida incremental se sitúa en 18 dBA.

Un tercer caso de aplicación se realizó con fichas audiométricas de población trabajadora de una industria metalúrgica. Si se dejan de lado los individuos que tienen mayor y menor susceptibilidad y se promedian los excesos de pérdida esperables entre los percentiles 30 % y 70% de



la población en estudio, la peligrosidad acústica de este establecimiento resulta ser de 8 dB. En el grupo etario de 60 años, para la población en estudio, son pocos los datos medidos (sólo 9), y el exceso de pérdida promedio que presentan es de 8 dB, valorado con el mismo criterio $(2000+4000)/2$. Esta verificación permite constatar lo adecuado del uso del método de la Pérdida Auditiva Media para predecir el deterioro auditivo.

Referencias Bibliográficas

- Concha-Barrientos M, Campbell-Lendrum D, Steenland K. Occupational noise: assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels. World Health Organization, 2004 (WHO Environmental Burden of Disease Series, No. 9). ISBN 92 4 159192 7; ISSN 1728-1652
- Diario Oficial de la Unión Europea. Directiva 2003/10/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido).
- García, Ana M.; Gadea, Rafael; López, Vicente López. Impacto de las Enfermedades de Origen Laboral en España (2004). Investigación MTAS – ISTAS. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), Valencia, España, 2006.
- González, Elizabeth; Perona, Domingo. *Visión epidemiológica de la pérdida auditiva: aplicaciones de la Norma ISO 1999-90 con objetivos varios*. Memorias de las Terceras Jornadas Regionales sobre Violencia Acústica, Rosario, Argentina, 2001.
- González, Alice Elizabeth; Perona, Domingo Hugo; Pérez Rocamora, Esteban; Gavirondo Cardozo, Martín. De cómo diferentes criterios de pérdida auditiva avalados por la Norma ISO 1999-90 conducen a valoraciones diferentes de una misma población. Segundo Congreso Argentino de Acústica del Nuevo Milenio, Buenos Aires, Argentina, 2003.
- ISO Standard 1999 (1990) *Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment*. International Organization for Standardization, Suiza, 1990.
- Johnson, Daniel L. *Prediction of NIPTS due to continuous noise exposure*, AMRL-TR-73-91 EPA.550/9.73-001-b, Aerospace Medical Research Laboratory, USA, 1973.
- Lafon, Jean Claude – Duclos, Jean Claude. La surdit  professionnelle en Encycl. Med. Chir. (Paris – France) Otorhinolaryngologie, 1985
- Meyers, Arlen D. (Chief Editor); Mathur, Neeraj N., Roland, Peter; Fernandes, Valentine; Talavera, Francisco; Gianoli Gerard J.; Slack, Christopher L. Inner Ear, Noise-Induced Hearing Loss <http://emedicine.medscape.com/article/857813-overview>, 2009.
- Ministerio de la Protección Social de la República de Colombia – Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá). Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Trabajo. 2007 ISBN 978-958-98067-0-8
- Ministerio de Trabajo e Inmigración, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. "Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores a ruido. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo BOE nº 60, de 22 de marzo". España, 2009. ISBN 978-84-7425-756-4
- Miyara, Federico. *Curso: Estimación del riesgo auditivo por exposición a ruido según Norma ISO 1999:1990*. Instituto Argentino de Normalización, 1999.
- Otárola Merino, Francisco; Otárola Zapata, Francisco; Finkelstein Kulka, Andrés. Ruido Laboral y su impacto en la salud. Ciencia & Trabajo, año 8, Nº 20 pp.47-51. Abril/Junio 2006. www.cienciaytrabajo.cl
- Rosenstock, Linda. *Criteria for a recommended standard*. Occupational Noise Exposure. Revised Criteria 1998. DHHS (NIOSH) Publication No. 98-126, June 1998.
- Somerville, E.T. Noise-induced hearing loss and industrial audiometry. J. of the Royal College of General Practitioners, 1976, 26, 770-780
- Velasco Abasolo, Jesús. Nuevo Reglamento del Ruido, Una adecuación normativa. MAPFRE Seguridad Nº 102, pp.14-24, Segundo Trimestre 2006, España.
- Ward, W. Dixon. Presbycusis, Sociocusis and Occupational Noise-induced Hearing Loss. Proc. Roy. Soc. Med. Vol. 64 February 1971.