

## ASPECTOS FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS DEL RUIDO EN UNA INDUSTRIA TABACALERA

Referencia PACS: 43.50.Qp

A. Angulo<sup>1</sup>, A. Burgos<sup>2</sup>, M. Paredes<sup>3</sup>, B. Pueo<sup>4</sup>, A. Pinto<sup>5</sup>, J. Vera<sup>4</sup>

<sup>(1)</sup>Dpto. Interuniversitario de Óptica

03080 Universidad Alicante, Tel. 96 5903400, angulo@ua.es

<sup>(2)</sup>Hospital General Universitario (S.O.R.L.)

C/. Maestro Alonso s/n, 03010 Alicante, Tel. 96 5938292, burgos\_ant@gva.es

<sup>(3)</sup>Centro de Energías Renovables

Univ. Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Tel. 051-1-4818395, mpilarp@latinmail.com

<sup>(4)</sup>Dpto. Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal

03080 Universidad Alicante, Tel. 96 5903400, basilio@disc.ua.es, jenaro@disc.ua.es

<sup>(5)</sup>Dpto. Médico ALTADIS

C/. Sevilla, 4, 03012 Alicante, Tel. 96 5140960, apinto@altadis.es

### ABSTRACT

Noise is considered to be the physical polluting agent with greater presence in the labour world. Long time exposure without suitable protection at noise levels of 80 dBA or higher, constitutes a potential health risk. The study comprises the following acoustic and physiological parameters: noise dose, noise level maps, analysis of architectural acoustics, noise machine spectra and audiometric database files.

### RESUMEN

El ruido puede ser considerado el contaminante físico con mayor presencia en el mundo laboral. La exposición continuada sin la protección adecuada, a niveles sonoros de más de 80 dBA constituye ineludiblemente un riesgo potencial para la salud. En el estudio se conjugan los siguientes parámetros acústicos y fisiológicos: dosis de ruido, mapa de niveles de presión sonora, análisis del acondicionamiento acústico-arquitectónico, composición espectral del ruido e historial audiométrico de los trabajadores.

### OBJETIVOS

- Medir los valores de la dosis sonora recibida en los distintos puestos de trabajo.
- Establecer el clima acústico en la zona de producción de la fábrica.
- Analizar la composición espectral del ruido de máquinas.
- Estudiar el historial audiométrico de la plantilla.
- Determinar las posibles actuaciones en materia de acondicionamiento y/o control acústico.

### DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

El estudio se ha llevado a cabo en la fábrica que Altadis (Tabacalera) posee en Alicante, cuyas zonas de producción se encuentran ubicadas en el interior de una antigua Casa de Misericordia del S. XVIII. Teniendo en cuenta, que no se ha efectuado ninguna actuación arquitectónica de importancia en el ámbito acústico, nos encontramos ante un edificio con un espacio interior singular, caracterizado por grandes volúmenes (25.000 ÷ 30.000 m<sup>3</sup>). La única presencia de absorción importante se encuentra en la materia prima de producción, es decir, papel y tabaco, por lo que el conjunto tiene un tiempo de reverberación elevado(2 ÷ 4 s).

### INSTRUMENTACIÓN Y METODOLOGÍA

La dosimetría se realizó a 25 trabajadores, abarcando los distintos puestos de trabajo posibles con dos metodologías diferentes: Por un lado, se utilizó dosímetros Quest Q100 y Q500, los cuales proporcionan el valor de la dosis recibida por cada trabajador durante su jornada de 7,5 horas. Adicionalmente, se obtienen los valores de nivel equivalente e instantáneo en función

del tiempo. Los parámetros de medida fueron los siguientes: tasa de intercambio ER=3 dB y Nivel discriminante CL=85 dB. En la confección de los resultados, se consideró un factor de corrección de 0,6 por la posición del micrófono (Kuhn, 1986).

El segundo método consistió en la toma de medidas de nivel equivalente con el sonómetro integrador Rion NA-27 durante 30 minutos en cada una de las labores realizadas por los operarios a lo largo de su jornada de trabajo. Con ello, se determina el nivel diario equivalente según Real Decreto 1316/1989 sobre Protección de Trabajos frente a Riesgos Derivados a la Exposición al Ruido durante el Trabajo.

Los mapas de niveles de presión sonora se realizaron con el sonómetro integrador Rion NL-05, tomando muestras de nivel equivalente a 10 minutos en los vértices de un mallado de 5x5 m en todas las dependencias de la factoría.

Para la determinación del nivel espectral en la maquinaria, se usó el analizador en tiempo real Brüel & Kjær type 2144, en modo de análisis en 1/3 octava. Se tomaron espectros a un metro de distancia en diez máquinas de la línea de empaquetado y liado, cuatro máquinas de la zona de filtros y dos máquinas en la zona de encajonados, todas ellas en estado de plena producción.

Por último, se ha trabajado con la base de datos audiométrica del servicio médico de la empresa, contrastando los historiales desde el año 1980 hasta la actualidad. Éstas se realizaron con el Audiometer ST10 – BOSCH, en modalidad automática de BEKESY.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la tabla siguiente, se muestran las dosis promediadas para cada una de las actividades más representativas, en cuanto a riesgo de trauma acústico se refiere, que realizan los trabajadores de esta industria. Se puede afirmar, que cualquiera de los dos métodos, enunciados con anterioridad, es valido para tal fin (Anderson, 1998)

**DIRECTO**

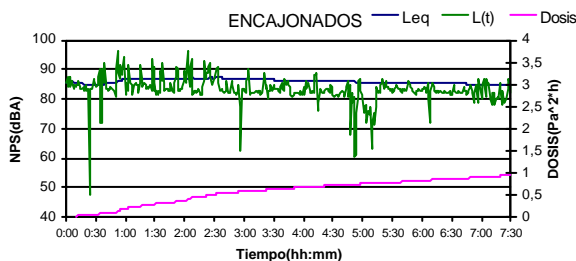
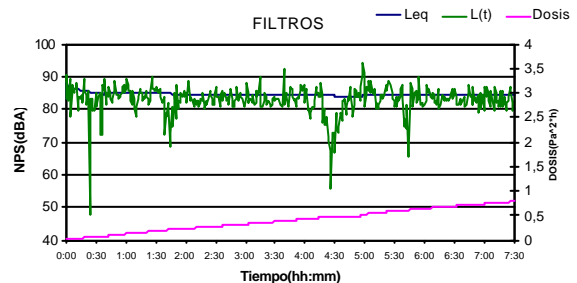
	(dBA)	(Pa <sup>2</sup> ·h)	(dBA)	(Pa <sup>2</sup> ·h)	(dBA)	(Pa <sup>2</sup> ·h)	(dBA)	(Pa <sup>2</sup> ·h)	(dBA)	(Pa <sup>2</sup> ·h)
	Leq	DOSIS	Leq	DOSIS	Leq	DOSIS	Leq	DOSIS	Leq	DOSIS
	LINEA	LINEA	TECN.	TECN.	FILTR.	FILTR.	ENCAJ.	ENCAJ.	LABOR.	LABOR.
Media	88,73	2,35	90,56	3,5	86,44	1,55	85,64	1,1	86,5	1,4
Std.Dev.	1,6	0,69	1,17	0,95	2,79	0,85	0,52	0,13	1,63	0,51
Std. Error	0,53	0,23	0,44	0,36	1,06	0,32	0,26	0,07	0,82	0,26

**ESTIMADO**

	Leq	DOSIS	Leq	DOSIS	Leq	DOSIS	Leq	DOSIS	Leq	DOSIS
	LINEA	LINEA	TECN.	TECN.	FILTR.	FILTR.	ENCAJ.	ENCAJ.	LABOR.	LABOR.
Media	87,52	1,89	91,18	4,22	84,18	0,78	85,33	0,95	85,1	1,04
Std.Dev.	0,58	0,33	0,67	0,64	3,39	0,51				
Std. Error	0,19	0,11	0,22	0,21	1,28	0,19				

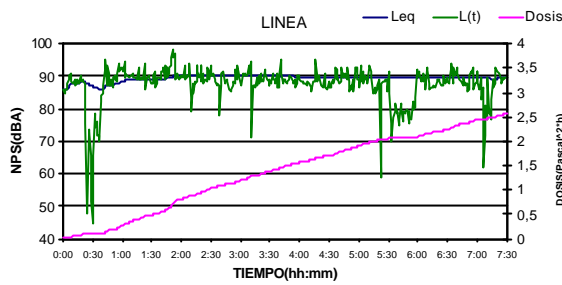
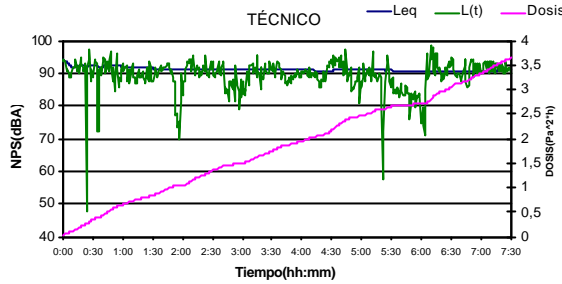
Para la discusión, con detenimiento, de la importancia de la dosis recibida por cada trabajador, creemos más conveniente el análisis de las gráficas que se muestran a continuación.

En ellas se muestra la evolución temporal del Leq y Dosis junto con el Nivel de presión sonora instantáneo.



Si se toma como valor típico para la Dosis máxima permitida 1Pa<sup>2</sup>·h=85 dB para 8 horas, se puede ver, que aunque los valores del nivel equivalente oscilan entre 85 ÷ 92 dBA, las dosis recibidas arrojan valores de 1

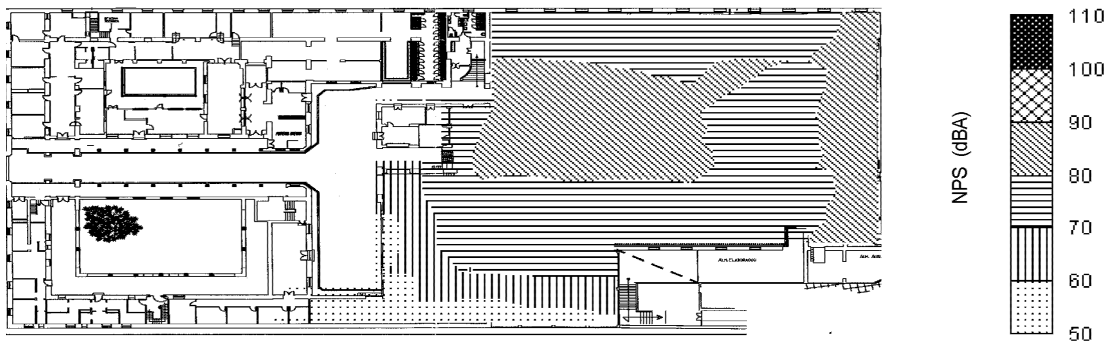
$\div 4 \text{ Pa}^2 \cdot \text{h}$ , que pueden considerarse inadmisibles.



Es el momento de apuntar una reflexión en torno a la legislación española, que tan sólo hace referencia a recomendaciones vagas, sobre la obligatoriedad de protección sin hacer hincapié sobre el valor de la dosis real recibida, más clarificadora si cabe a nivel profano, que los valores del nivel equivalente diario.

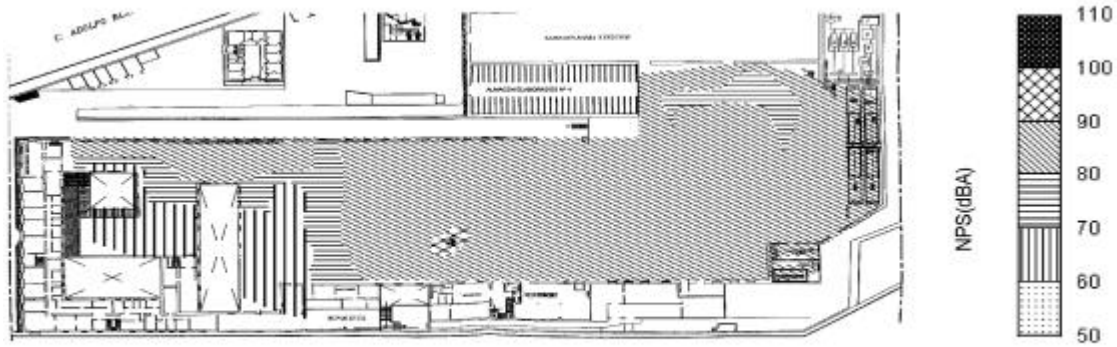
En este sentido se puede observar que, salvo los trabajadores de las zonas correspondientes a Filtros y Encajonados, aproximadamente un 25% del total de la plantilla, cuya Dosis es de  $0.7 \div 0.9 \text{ Pa}^2 \cdot \text{h}$ , el resto se encuentran sometidos de forma sistemática a niveles de alto riesgo para su salud –Dosis Línea  $\approx 2.5 \text{ Pa}^2 \cdot \text{h}$  - Dosis Técnico  $\approx 3.5 \text{ Pa}^2 \cdot \text{h}$  – Y si bien el trabajo del Técnico puede implicar cercanía a las fuentes de ruido que justifican su alta exposición, el resto de los trabajadores, no deberían de estar sometidos a dichos valores excesivos desde cualquier punto de vista.

Se realizaron también sendos mapas de niveles de ruido promedio que abarcan todos los lugares por donde habitualmente se mueven los trabajadores. En la figura precedente se distinguen dos zonas claras de alto nivel de ruido, la parte central corresponde a la maquinaria de Filtros y la de la derecha a la de Encajonados, el resto corresponde a la zona de almacenaje y pasillos. En general, en esta zona los niveles medios suelen estar por debajo de 85 dBA, como puede deducirse de las gráficas de evolución temporal del párrafo anterior.



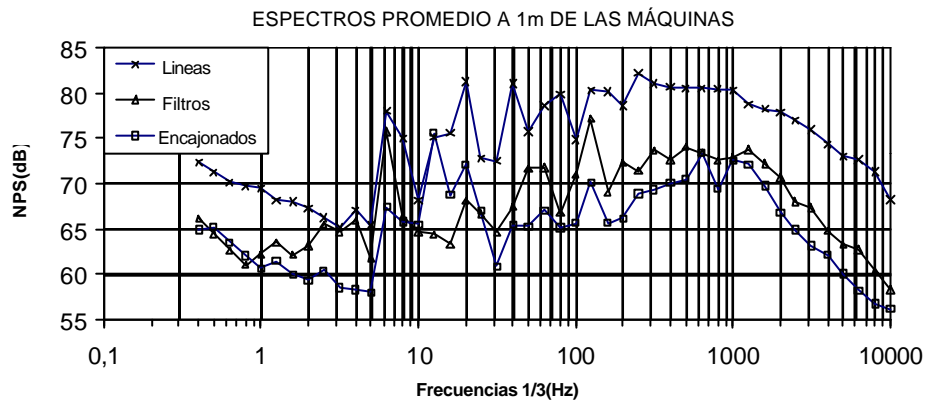
Mapa de Niveles de Presión Sonora  
Zona de Filtros

Sin embargo en la figura siguiente, que representa la planta superior de las zonas de producción, los niveles rebasan continuamente los 85 dBA, alcanzándose puntualmente hasta 100 dBA, como se puede observar. Los lugares menos ruidosos corresponden, a corredores, zonas de descanso, vestuarios y oficinas.

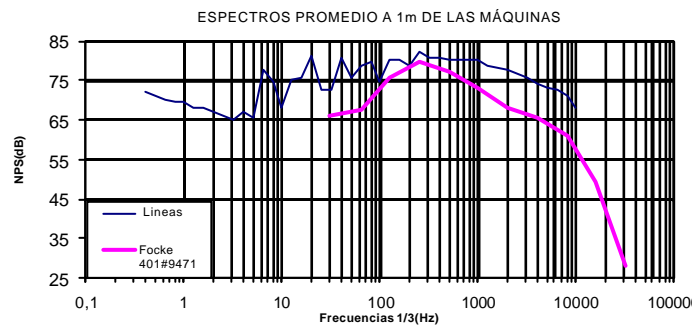


Mapa de Niveles de Presión Sonora  
Zona de líneas y Encajonados

Con el fin de poder evaluar en su totalidad el ambiente acústico, se realizaron medidas de los niveles del ruido en tercios de octava a 1 metro de las distintas máquinas. Los resultados fueron congruentes con lo estudiado hasta ahora, a cada zona le correspondía un nivel en función del tipo de maquinaria que se utilizaba. En un primer comentario acerca de la distribución espectral, cabe resaltar la aparición de picos muy marcados por debajo de 250 Hz – 8, 16, 20, 40, 80, 125 Hz – que corresponden a frecuencias propias del régimen de trabajo de cada una de las partes internas de las máquinas, y que se pudieron ver reflejadas también en estudio preliminar que se realizó sobre una máquina que transmitía vibraciones de manera ostensible al forjado sobre el que descansaba, debido a la ausencia de dispositivos de anclaje antivibratorios.



Dada la importancia que la composición espectral del ruido puede tener para el análisis posterior de sus efectos en general, y particularmente en lo que nos ocupa por sus implicaciones fisiológicas, se creyó conveniente contrastar nuestras medidas, realizadas con la fábrica a pleno rendimiento y sin precauciones especiales de aislamiento [campo directo (propio) y reverberado (ambiente) son similares], con las proporcionadas por la empresa "FOCKE & CO. Verden", en condiciones standard de prueba, para la máquina 401 #9471, incorporada al grupo de Líneas a partir de diciembre de 1999.



Podemos ver que tiene un espectro centrado en 250 Hz, muy similar al obtenido por nosotros en las medidas de campo, lo que puede dar cabida a especulaciones sobre el aspecto que tendrá el trauma acústico inducido a los operarios, como discutiremos seguidamente.

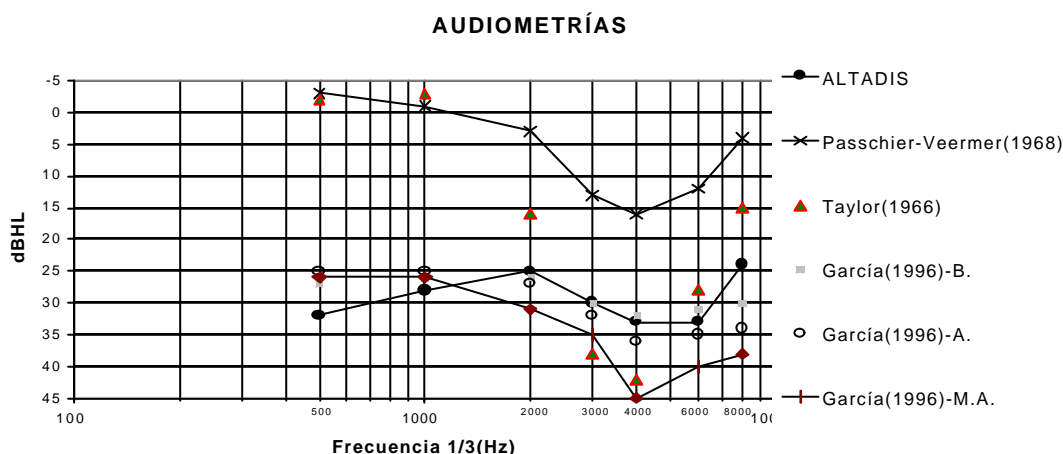
Por último, se presentan los datos extraídos del historial audiométrico. Con el fin de trabajar lo más objetivamente posible, dada la gran incertidumbre que encierra en sí la audiometría tonal: subjetividad, estado de salud puntual de cada individuo, disparidad de operadores en el control de la instrumentación, etc. Se optó por realizar, en la selección de los datos históricos de las dos últimas décadas, el sesgo siguiente: Trabajadores con más de diez años de vida activa en el seno de Altadis y que sus edades estuvieran comprendidas entre las cuarenta y sesenta años. Con ello se obtuvieron los siguientes resultados, de los que damos una pequeña descripción estadística.

### AUDIOMETRIAS 1980-2000

	EDAD (años)	500Hz (dBHL)	1000Hz (dBHL)	2000Hz (dBHL)	3000Hz (dBHL)	4000Hz (dBHL)	6000Hz (dBHL)	8000Hz (dBHL)
Media	46	32	28	25	30	33	33	24
Min.	40	5	0	0	0	0	0	0
Max.	58	80	80	65	90	90	100	90
Std.Dev.	4	11	10	10	12	13	13	14

Para la edad de la muestra en torno a los 46 años, con más de diez en la empresa y las condiciones acústicas de su entorno laboral  $85 \div 88$  dBA de nivel diario equivalente (cota de ruido Bajo  $\div$  Alto). Se podría aventurar que la caída típica a 4000 Hz fuera más pronunciada, si no en cuanto valor absoluto (**Taylor 1966**), sí en valor relativo sobre todo con los valores para baja frecuencia (**Passchier-Veermer 1968**).

Aún así la curva, sigue un patrón de trauma acústico de grado 2-3 (leve-moderado-moderado) por afectación a 6 y 3 KHz además de 4KHz.



Sin embargo, nuestros valores son coincidentes en niveles de pérdidas, tanto absolutas como relativas, con los encontrados para trabajadores del sector Textil de la Comunidad Valenciana (**García 1996**), que desarrollan su labor en ambientes de ruido análogos a los de Altadis.

Cabe destacar de forma significativa, que la pérdida a 500 Hz sea del mismo orden de magnitud que la de 4000 y 6000 Hz, esto nos lleva a una situación anómala que sólo puede ser explicada tras el análisis del espectro sonoro del ambiente laboral. Y de acuerdo con las experiencias sobre desplazamiento temporal del umbral auditivo (**Melnik 1984**), (**Paparella 1994**), se podrían justificar pérdidas en una banda de octava superior a la frecuencia predominante del ruido al que se está expuesto.

### CONCLUSIONES

La fábrica ALTADIS de Alicante tiene unos niveles de ruido no muy elevados  $85 \div 88$  dBA. No obstante, al ser continuos, repercuten en los trabajadores proporcionando valores de Dosis diarios de  $1,5 \div 3,5$  Pa<sup>2</sup>·h, en más del 75% de la plantilla.

Creemos que el campo reverberado de las salas es tan elevado, que el radio crítico alrededor de las máquinas es muy reducido, por lo que todos los trabajadores están inmersos en un clima

de alta contaminación acústica. Por lo que, si se lograra reducir el tiempo de reverberación de las salas a valores entre  $0,5 \div 1$  s, simultaneando esta acción con el aislamiento mediante paneles separadores absorbentes, el nivel de ruido en las zonas no adyacentes a la maquinaria se reduciría en torno a 6dB, con lo que se conseguiría disminuir sensiblemente las dosis global de ruido. Lo anterior es válido para frecuencias medias y altas; el modo de atacar el problema de emisión en baja frecuencia pasa por el correcto aislamiento a vibración de las máquinas que actualmente están instaladas directamente sobre el forjado.

El estudio realizado pone de manifiesto, que el perfil medio de pérdida de audición en los trabajadores presenta un patrón similar en sus audiogramas, que difiere de las publicadas en la bibliografía para la zona de baja frecuencia. Pensamos que, el espectro de emisión de la maquinaria, rico en componentes de baja y muy baja frecuencia, pudiera ser el responsable de dicha pérdida tan acusada en torno a 500 Hz. Sirva este papel para discutir, si la pérdida de audición en frecuencias medias-altas (aprox. 4000Hz) (**ESZ24-X2, 1954**) es independiente del espectro de ruido que la genera en un primer estadio, y es posteriormente, cuando la exposición supera los diez años, que aparece una dependencia importante con la frecuencia.

Por último cabe decir que, para el análisis de las situaciones de ruido laboral donde la problemática aparece para niveles superiores a 80 decibelios, nos parece inapropiado el uso por norma de la red de ponderación **A**, puesto que para esos valores el comportamiento del oído está mucho más cerca de ser lineal que de la respuesta fisiológica representada por ésta. Seríamos bastante más realistas si se hiciera uso de la curva de filtrado fisiológico **C**, que es prácticamente plana entre 160 y 2000 Hz, así de esta manera entrarían en consideración las bajas frecuencias que no se deben soslayar dado el alto nivel de presión sonora que se baraja habitualmente en la problemática de la Acústica Industrial.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Fondo de Investigaciones Sanitarias FIS 99/1186. Agradecemos la colaboración y ayuda de los Dptos. Médico y de Higiene y Seguridad en el Trabajo de ALTADIS, S.A. de Alicante.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

Anderson, R. and Hager, L.. (1998). "Sound Exposure Profiling: A Noise Exposure Monitoring Alternative," [www.safe-at-work.com](http://www.safe-at-work.com) (R2A@Compuserve.com Lee\_Hager@Compuserve.com)

Exploratory Subcommittee Z24-X-2 of Sectional Committee on Acoustics, Vibration and Mechanical Shock (1954). "The relations of Hearing Loss to Noise Exposure," American Standards Association, New York.

García, A. et al. (1996). "Estudio del Ruido Ambiental en Empresas Valencianas del Sector Textil," Ed. Mutua Valenciana Levante, Valencia,

Kuhn, G. F. (1986). "Comparisons between A-weighted Sound-Pressure Levels in the Field and Those Measured on People and Manikins," J. Acoust. Soc. Am. Suppl. 1, **79**, S2.

Melnick, W. (1984). "Occupational Hearing Conservation," Ed. Prentice Hall, N. Jersey, pp. 108-112.

Passchier-Vermeer, W. (1968). "Hearing Loss Due to Exposure to Steady-State Broadband Noise," Rep. 35, Institute for Public Health Engineering, The Netherlands.

Paparella, M. M. (1994). "Otorrinolaringología," Ed. Médica Panamericana, Buenos Aires, pp. 1918-1928.

Taylor, W. et al. (1965). J. Acoust. Soc. Am. **38**, pp. 113.