

PROTECTORES AUDITIVOS. MÉTODO PARA DETERMINAR LA ATENUACIÓN GLOBAL EN dB(A)

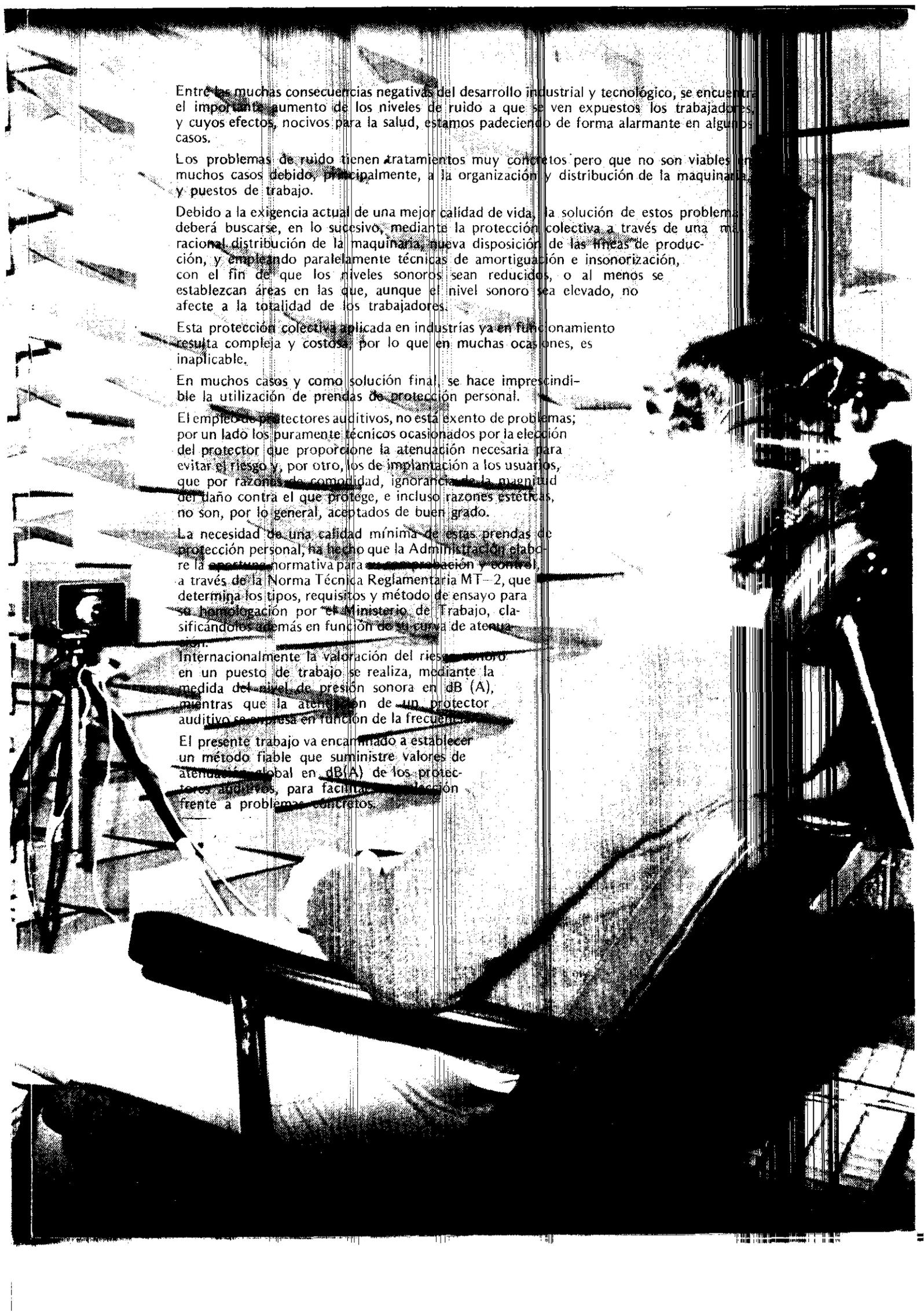
Autor

FRANCISCO MARTINEZ CANAVATE

Ingeniero, Técnico Industrial
Laboratorio de Acústica del
Centro Nacional de Homologación
de España.

Colabora

FELIX BERNAL DOMINGUEZ
Titulado I.Q.S.
Instituto Territorial de
Barcelona.



Entre las muchas consecuencias negativas del desarrollo industrial y tecnológico, se encuentra el importante aumento de los niveles de ruido a que se ven expuestos los trabajadores, y cuyos efectos, nocivos para la salud, estamos padeciendo de forma alarmante en algunos casos.

Los problemas de ruido tienen tratamientos muy concretos pero que no son viables en muchos casos debido, principalmente, a la organización y distribución de la maquinaria y puestos de trabajo.

Debido a la exigencia actual de una mejor calidad de vida, la solución de estos problemas deberá buscarse, en lo sucesivo, mediante la protección colectiva a través de una racional distribución de la maquinaria, nueva disposición de las líneas de producción, y empleando paralelamente técnicas de amortiguación e insonorización, con el fin de que los niveles sonoros sean reducidos, o al menos se establezcan áreas en las que, aunque el nivel sonoro sea elevado, no afecte a la totalidad de los trabajadores.

Esta protección colectiva aplicada en industrias ya en funcionamiento resulta compleja y costosa, por lo que en muchas ocasiones, es inaplicable.

En muchos casos y como solución final se hace imprescindible la utilización de prendas de protección personal.

El empleo de protectores auditivos, no está exento de problemas; por un lado los puramente técnicos ocasionados por la elección del protector que proporcione la atenuación necesaria para evitar el riesgo y, por otro, los de implantación a los usuarios, que por razones de comodidad, ignorancia de la magnitud del daño contra el que protege, e incluso razones estéticas, no son, por lo general, aceptados de buen grado.

La necesidad de una calidad mínima de estas prendas de protección personal, ha hecho que la Administración elabore la normativa para su aprobación y control, a través de la Norma Técnica Reglamentaria MT-2, que determina los tipos, requisitos y método de ensayo para su homologación por el Ministerio de Trabajo, clasificándolos además en función de su curva de atenuación.

Internacionalmente la valoración del riesgo sonoro en un puesto de trabajo se realiza, mediante la medida del nivel de presión sonora en dB (A), mientras que la atenuación de un protector auditivo se expresa en función de la frecuencia.

El presente trabajo va encaminado a establecer un método fiable que suministre valores de atenuación global en dB(A) de los protectores auditivos, para facilitar la elección frente a problemas concretos.

El estudio de la aplicación de la protección personal en la lucha contra el riesgo higiénico del ruido, plantea el análisis de los siguientes tres hechos:

- La característica que define las prestaciones de un protector auditivo, es su curva de atenuación en el umbral. Esta suministra el valor medio de atenuación del protector en una serie de frecuencias normalizadas que corresponde, con 2 excepciones, a las frecuencias centrales de banda de octava, comprendidas entre 125 Hz y 8.000 Hz. Las excepciones mencionadas, 3.000 y 6.000 Hz, se consideran interesantes de estudiar por encontrarse en la zona en que el oído humano es más sensible y en la que antes se presenta el daño auditivo.
- La utilización de estas prendas de protección personal se hace necesaria cuando el nivel de ruido a que está expuesta una persona sobrepasa el límite establecido, con el fin de conseguir que el nivel real percibido se encuentre por debajo de dicho límite; es decir, el protector auditivo ha de reducir globalmente el nivel existente de tal forma o en tal magnitud que, el nivel percibido, no sobrepase un determinado valor.
- La determinación de áreas o puestos de trabajo con riesgo de daño auditivo, ha sido establecida internacionalmente por la medida del ruido existente en los mismos, mediante la escala de ponderación A, es decir, por el nivel de presión sonora ponderado A, expresado en dB (A).

A la vista de estos tres hechos encontramos que no existe homogeneidad en los datos que se han de manejar a la hora de solventar un problema higiénico de ruido mediante la utilización de prendas de protección personal. Por una parte, conocemos la existencia del riesgo por la medida de nivel de presión sonora ponderado A y, por otra, la atenuación de los protectores auditivos viene expresada en niveles de presión sonora en una serie de frecuencias, no globalmente.

Esta circunstancia hace imprescindible, para la elección de la prenda de protección personal más adecuada al problema concreto, el efectuar un análisis en frecuencias (en bandas de octavas al menos) del ruido proble-

ma, lo que supone la utilización de instrumentos más complejos y más costosos que los simples sonómetros de uso general, que únicamente están provistos de las redes o circuitos de ponderación A, B y C.

TECEDENTES

Este hecho es el que nos ha inducido a estudiar en profundidad diferentes métodos de cálculo de la atenuación global en dB (A) de los protectores auditivos, propuestos en diferentes fechas y por diversos autores, con el fin de, tras un estudio comparativo entre ellos (8), proponer un sistema que puede resultar de gran utilidad en la práctica diaria de la Higiene Industrial en lo referente al ruido.

En primer lugar, el sistema para calcular la atenuación global de un protector auditivo frente a un ruido concreto del que conocemos su espectro y su nivel de presión sonora ponderado A, es:

- a) Ponderar el espectro.
- b) Al espectro ponderado, restarle las atenuaciones del protector.
- c) Sumar, en potencias, los valores del espectro ponderado y atenuado.
- d) Calcular el nivel global resultante.
- e) Restar al nivel de presión sonora ponderado A del ruido problema, el nivel de presión sonora calculado anteriormente. El valor de esta diferencia es la atenuación global en dB (A) del protector.

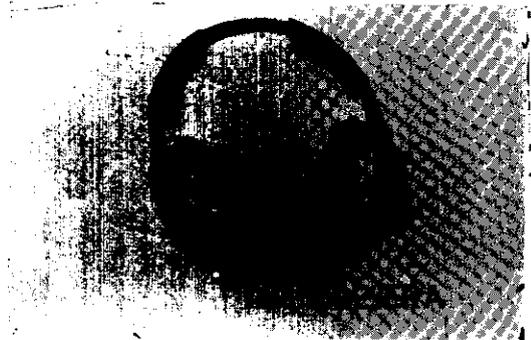
Los métodos estudiados son los indicados en las referencias bibliográficas del 1 al 7.

En toda la bibliografía consultada, se observan dos teorías claramente definidas, cada una de las cua-

les plantea a su vez dos opciones concretas y contrapuestas.

En primer lugar, encontramos que unos autores calculan varios valores de atenuación global para cada protector, (3) (4), mientras otros prefieren calcular un único valor, prescindiendo por tanto de la forma del espectro como veremos más adelante.

Para el cálculo de diferentes valores de atenuación global, toman como espectros, los espectros medios resultantes de clasificar los ruidos en diferentes grupos o clases según sus di-



ferencias C-A (nivel de presión sonora ponderado C, menos nivel de presión sonora ponderado A). En 1969 BOSTFORD (1), mostró que la diferencia de los niveles sonoros globales de un ruido medidos con escalas de ponderación A y A (abreviadamente "nivel C-A" del ruido), es una cantidad que se correlaciona apreciablemente con la forma del espectro del ruido, es decir, dos ruidos cuyos niveles C-A sean iguales tienen un espectro muy similar, independientemente de cual sea el origen del ruido. Esta afirmación sólo es válida para ruidos de espectro continuo, sin tonos puros identificables y se basa en el estudio de 953 espectros de ruido, medidos en ambientes industriales y urbanos con valores de niveles C-A distribuidos uniformemente entre -1 y 20 dB.

Según este criterio WAUGH (3) y BOTSFORD (4) clasificaron los espectros en 5 y 6 clases respectivamente, calculando los correspondientes espectros medios, y comprobando que los resultados obtenidos al aplicar dichos espectros medios, en lugar de todos y cada uno de los espectros que componen cada grupo, son altamente representativos, presentando variaciones inferiores a ± 3 dB.

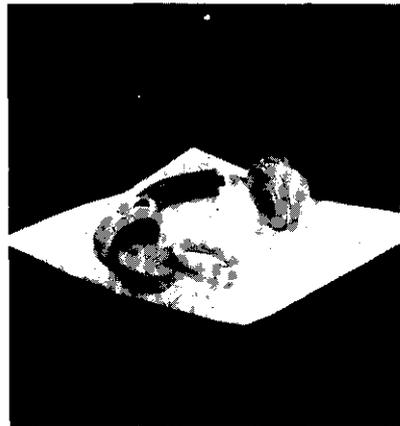
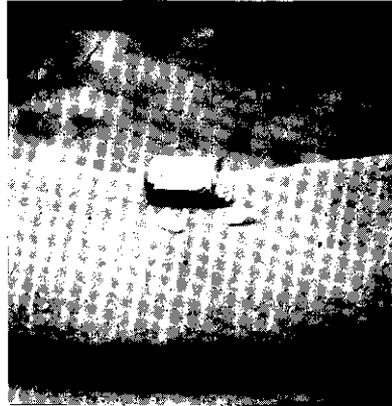
Lógicamente la precisión observada es mucho mayor, como puede comprenderse fácilmente, calculando varios valores de atenuación global

que calculando un único valor, ya que en este caso, NIOSH (1) y (7), se adopta como ruido base un ruido rosa, (*) cuyo espectro plano, no puede considerarse realmente representativo de todos los tipos de ruido, como por ejemplo del existente en plantas embotelladoras, que presenta espectros ricos en altas frecuencias, o del producido por compresores cuyo espectro es rico en bajas frecuencias.

corrección de 10 dB; NIOSH (7), propone menos dos desviaciones típicas; y WAUGH (6) estudia y compara los resultados obtenidos aplicando sucesivamente menos una desviación típica, menos una y media desviación típica y menos dos desviaciones típicas. El resto de los autores no aplican corrección alguna.

PROPUESTA DE UN NUEVO METODO

Intentando unificar o acercar



Estudiando esta representatividad matemáticamente, observamos que en un conjunto de 150 espectros reales, sólo el 18,6% de los mismos pueden asemejarse a un ruido rosa, pero el 81,4% restante, no. Del estudio realizado por WAUGH (3), en el que emplea 619 espectros, se obtienen idénticos resultados estadísticos.

BOTSFORD (4), WAUGH (7) y JOHNSON & NIXON (5) desarrollan también métodos para calcular un único valor de atenuación global, media de los valores obtenidos clasificando los espectros en diverso número de grupos diferentes. Un estudio comparativo de estos valores unido con los obtenidos con cinco espectros medios ya fue realizado y presentado en el 9º Congreso Internacional de Acústica (8).

En segundo lugar, se encuentra el hecho de introducir algún tipo de corrección en el cálculo de la atenuación global. Estas correcciones, explican, (1) (6) (7), están motivadas por diferentes razones, pero fundamentalmente a que las curvas de atenuación de los protectores auditivos, han sido obtenidos de un modo ideal, es decir, cuidando la perfecta colocación del protector, seleccionando los escuchas, y demás requisitos que establecen las normas.

No obstante, no existe unanimidad en cuanto al tipo de corrección a introducir, observándose que mientras NIOSH (2), introduce una

las tendencias expuestas se han efectuado diferentes estudios tomando como base el siguiente material:

- a) Las curvas de atenuación de todos los protectores auditivos homologados hasta la fecha por el Ministerio de Trabajo.
- b) Un total de 150 espectros, parte de los cuales, un 60% obtenidos en análisis efectuados por el Laboratorio de Acústica del Centro Nacional de Homologación tomándose únicamente aquellos cuyo nivel supera los 90 dB (A), y el resto de los 100 espectros típicos que NIOSH

reconoce como representativos de los ruidos industriales.

En primer lugar, se procedió a clasificar los espectros en tres grupos según sus diferencias C-A, obteniéndose tres espectros medios con los que se estudiaron los valores de atenuación global de diversos protectores tanto orejeras como tapones.

En este estudio se observó, que si bien los valores de atenuación global obtenidos eran representativos para los espectros que componen cada una de las clases, el error que se comete oscila en un margen de ± 4 dB (A), respecto a espectros concretos dentro del grupo. Esta variación, muy próxima a la observada por WAUGH (3) y BOTSFORD (4) en sus trabajos y considerada aceptable, nos indujo a plantearnos la conveniencia de no calcular un número determinado de valores de atenuación, ya fueran uno, tres o cinco, para cada protector, sino calcular una curva de atenuación global en función de las diferencias C-A de los espectros, la cual nos suministraría mayor riqueza de datos, a la vez que una mayor precisión (errores inferiores a ± 1 dB (A)).

Para el trazado de estas curvas se calcularon 9 valores de atenuación, correspondientes a otros tantos espectros medios. Se han adoptado 9 espectros medios porque en el margen de -2 a 12 dB de diferencia C-A en el que se encuentran los 150 espectros estudiados, un mayor número de grupos no suministra mayor precisión, como lo demuestra el hecho de que habiendo calculado hasta 23 grupos, y por tanto, 23 puntos por curva, las variaciones observadas eran inapreciables.

Los 9 espectros medios obtenidos y adoptados para este estudio, son los especificados en la TABLA 1.

Únicamente restaba por decidir para concluir el estudio, la introducción o no de algún tipo de corrección en el cálculo de las atenuaciones globales, y en caso positivo, cual debería ser dicha corrección. Como se ha visto anteriormente, algunos autores lo creen conveniente, comprobando, (7), que mediante ella el grado de protección aumenta considerablemente, ya que la curva de atenuación de un protector no es una curva exacta, sino que el valor en cada frecuencia está acompañado de

(*) Ruido normalizado cuyo análisis en bandas de octava suministra un espectro plano.

TABLA 1/ESPECTROS MEDIOS

ESPECTRO CLASE	dB(C)	dB(A)	C-A	FRECUENCIAS CENTRALES DE OCTAVA HZ.							
				63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
1	106.3	107.5	-1.2	85.5	87.3	88.7	91	97.1	103.2	100.3	100.5
2	104.7	105.3	-0.6	85.2	85.7	87.2	94.4	99.2	101.2	95.9	93.9
3	100.2	99.7	0.5	86.2	88.6	91.2	92	94.1	93	92.4	91
4	99	97.4	1.6	86.71	91.1	89.5	92.6	92.7	89.8	86.8	89.9
5	103.4	100.9	2.5	94.8	95.3	96.1	96.2	96.2	94.7	90.3	85.5
6	100.1	96.8	3.3	90	92.1	94.2	93.7	92.5	88.6	85.4	79.9
7	101	96.6	4.4	94.8	94.7	94	93.6	91.6	88.8	86.2	80.6
8	99.6	93.4	6.2	94.6	94.1	93.1	90.1	89.6	83.6	81.6	76.9
9	106.6	96.8	9.8	100.6	102.5	102.1	94	86.2	82.6	80	79

una desviación típica, que representa el margen medio en el que dicha atenuación puede encontrarse. El valor de la desviación típica según la norma MT-2, no puede ser superior a 8 en ninguna de las frecuencias.

Tras efectuar un estudio comparativo entre las diferentes correcciones propuestas, optamos por que la magnitud de esta corrección fuera una desviación típica, ésta significa que para los cálculos, los valores de atenuación en cada una de las frecuencias se encuentra disminuida en dicha magnitud, con lo que los resultados finales suministran una protección comprobada superior al 90%.

Este nivel de protección, 90% resulta suficiente en nuestro caso si consideramos que, habitualmente, se elige un protector que atenúa por encima de lo mínimo necesario, e independientemente que las personas expuestas a niveles sonoros lesivos, deben ser sometidos a reconocimientos *audiométricos periódicos*, aun cuando utilicen la prenda de protección personal.

Calculados pues, los nueve espectros medios, y decidida la corrección a introducir, se obtienen 9 valores de atenuación global para cada protector. Estos valores, representados gráficamente en unos ejes coordenados, se asemejan en su distribución a una parábola, por lo que de nuevo se presentaban 2 alternativas, una el unir los puntos mediante trazos rectos y otra, estudiar el tipo de línea que mejor los representara.

Se efectuó el estudio con regre-

sión lineal y parabólica obteniéndose para la regresión parabólica unos valores de correlación superiores al 96% lo cual significaba que la parábola era la línea continua que mejor representa a estos conjuntos de puntos.

En las figuras 1 a 8, en las que dan las curvas de atenuación global de 8 protectores, se representan por puntos los 9 valores obtenidos, y se dibuja la parábola correspondiente a cada uno de los protectores.

FIGURA 1/OREJERA ARNES SOBRE LA CABEZA

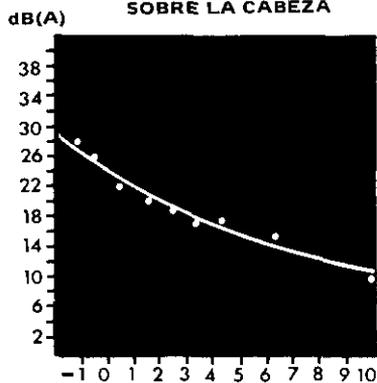


FIGURA 2/OREJERA ARNES SOBRE LA CABEZA

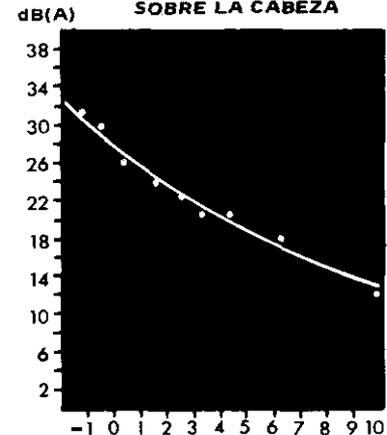
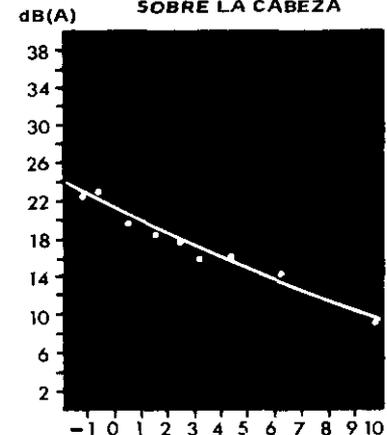


FIGURA 3/OREJERA ARNES SOBRE LA CABEZA



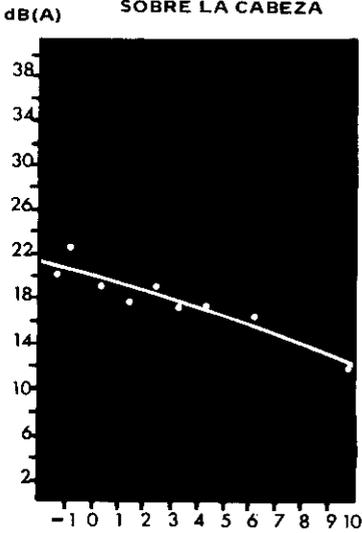
CONCLUSION

Creemos que este método, que suministra una amplia información del comportamiento global de los protectores auditivos, puede ser de gran utilidad en la práctica diaria de la higiene industrial.

El método puede resultar complejo en cuanto a su aplicación particular pero, de adoptarse, cada protec-

tor podría ir acompañado en lo sucesivo de su curva de atenuación en función de la frecuencia y de su curva de atenuación global en función de la diferencia C-A.

FIGURA 4/OREJERA ARNES
SOBRE LA CABEZA



EJEMPLO PRACTICO

El manejo de estas curvas de atenuación global resulta muy simple como puede comprobarse.

Supongamos un puesto de trabajo cuyos niveles medios de ruido son:

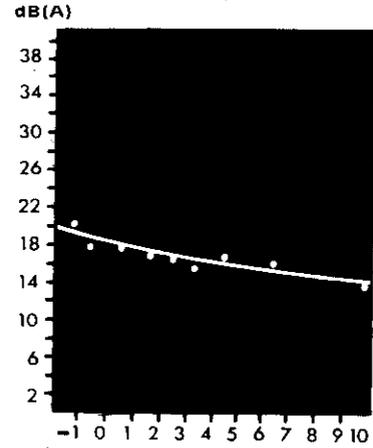
$$112 \text{ dB (C)} \quad 109 \text{ dB(A)} \quad C-A = 3$$

De las curvas de las figuras 1 a 8 se obtiene, tomando en abcisas el valor $C - A = 3$ y leyendo en ordenadas el valor correspondiente, el siguiente cuadro:

PROTECTOR FIGURA	1	2	3	4	5	6	7	8
ATENUACION dB(A)	19.3	22.3	18.1	18.2	24.3	19.4	16.4	18.7

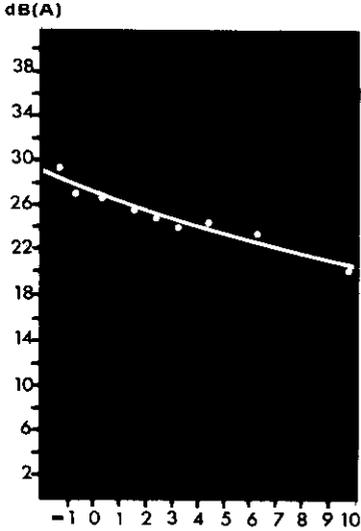
De este cuadro se deduce que los protectores de las figuras 1, 2, 5 y 6 consiguen reducir el nivel de presión sonora percibido por la persona o personas que ocupen este puesto de trabajo, en tal magnitud que no sobrepasa 90 dB (A).

FIGURA 7/TAPON



Dado que encontramos varios protectores que eliminan el riesgo, la elección se efectuará entre ellos, teniendo en cuenta otros factores, tales como comodidad, funcionalidad, costo, etc.

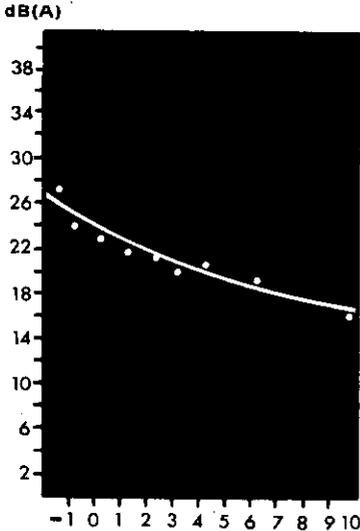
FIGURA 5/TAPON



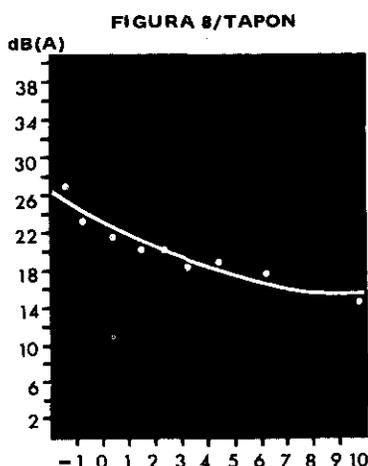
Clasificación de los protectores auditivos según NORMA
TECNICA REGLAMENTARIA MT-2
(B.O. del E. nº 209 de 1975)

ATENUACION Clase	FRECUENCIAS		
	Bajas	Medias	Altas
A	Tabla I	Tabla I	Tabla I
B	Tabla I Tabla III	Tabla I Tabla I	Tabla III Tabla I
C	Tabla II	Tabla II	Tabla II
D	Tabla II Tabla III	Tabla II Tabla II	Tabla III Tabla II
E	Tabla III	Tabla III	Tabla III

FIGURA 6/TAPON



Frecuencia (Hz)	TABLA I		TABLA II		TABLA III	
	Atenuación mínima d B	Suma mínima d B	Atenuación mínima d B	Suma mínima d B	Atenuación mínima d B	Suma mínima d B
Bajas						
125	—	20	—	15	—	10
250	—		—		—	
Medias						
500	—		—		—	
1000	35		—		—	
2000	35	170	25	120	20	95
3000	35		25		20	
4000	35		25		20	
Altas						
6000	—	60	—	50	—	35
8000	—		—		—	



BIBLIOGRAFIA

(1) BOTSFORD J.H.
Using Sound Levels to Gauge Human Reponse Noise Sound and Vibration.

3 (10) p. 16 (1969).
 (2) "Occupational exposure to noise, criteria for a recommendation standard".
U.S. Dept. of Health Education and Welfare 1972.
 (3) WAUGH, R.
"dB (A) attenuation of ear protectors".
J. Acous. Soc. Amer. 53: 440-447, 1973.
 (4) BOTSFORD, J.H.
"How to estimate dB (A) reduction of ear protectors".
Sound and Vibration, November 1973.
 (5) JOHNSON D.L. y NIXON CH.W.
"Simplified methods for estimating hearing protector performance".
Sound and Vibration, June 1974.

(6) WAUGH, R.
"Investigation of sound level conversion as a means of rating ear protector performance".
J. American Industrial Hygiene Association. April 1976.
 (7) ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (40 CFR Part 211).
Hearing Protectors, noise labeling requirement.
Noise/News Vol. 6, N° 4, July-August 1977.
 (8) MARTINEZ-CAÑAVATE, FRANCISCO
"Comparative study about calculation methods of dB (A) reduction of ear protector".
9 I.C.A. Madrid, Julio 1977.
 (9) NORMA TECNICA REGLAMENTARIA MT-2
"Protectores auditivos".
B.O.E. 209, 1 de Septiembre de 1975.

RELACION DE PROTECTORES AUDITIVOS HOMOLOGADOS HASTA EL 1 DE JUNIO DE 1978 POR EL MINISTERIO DE TRABAJO

Nº HOMOLOGACION	EQUIPO	FABRICANTE O IMPORTADOR	MODELO	HOMOLOGACIONES CLASE
14	OREJERA	MSA ESPAÑOLA	Noise-Foe Mard - VI	Adap. a cabeza C Adap. a nuca C
22	TAPON	CLORAL-OTTO WOESSNER	Super A-1	C
23	OREJERA	MIGUEL LLEBOT	Climax-11	A
24	OREJERA	MIGUEL LLEBOT	Climax-12	Adap. a cabeza C Adap. a nuca C
25	TAPON	HERRERO INTERNA- CIONAL TRADING	4552-H MaHeProt	C
26	TAPON	HERRERO INTERNA- CIONAL TRADING	4552-H MaHeProt	C
29	OREJERA	CLORAL-OTTO WOESSNER	Heard-Guard	D
45	OREJERA	HERRERO INTERNA- CIONAL TRADING	4530 Welsh	Adap. a cabeza C Adap. a nuca C

53	OREJERA	HERRERO INTERNA- CIONAL TRADING	MaHeProt 4.531	Adap. a cabeza C Adap. a nuca C
62	TAPON	3M ESPAÑA S.A.	3M Brand Disposable Ear. Plugs 8773	C
74	OREJERA	HERRERO INTERNA- CIONAL TRADING	MaHeProt 4.531-V	Adapt. a cabeza A Adap. a nuca A
89	TAPON	CLORAL-OTTO WOESSNER, S.A.	EAR Art. 897	C
94	OREJERA	PROTECCION V-E	V-E negro	C
95	TAPON	MSA ESPAÑOLA	ACCU-FIT	C
96	TAPON	MSA ESPAÑOLA	EAR DEFENDER	C
102	TAPON	BORCHERS, S.A.	COM-FIT	C
121	OREJERA	ITURRI	EMLU-47	Adapt. a cabeza C Adap. a nuca C
129	OREJERA	ITURRI	EM-62	Adap. a cabeza C
131	OREJERA	BORCHERS, S.A.	Riwosa 802	C
134	OREJERA	BORCHERS, S.A.	Riwosa 902-N	Adapt. a cabeza D Adap. a nuca D
138	OREJERA	CLORAL-OTTO WOESSNER	SILENTA SUPER	Adap. a cabeza A Adap. a nuca A
142	OREJERA	CLORAL-OTTO WOESSNER	SILENTA POP	Adap. a cabeza A Adap. a nuca A
143	OREJERA	SUMINISTROS INDUS- TRIALES JUAN TORRES, S.A.	VENCEDOR Art. 150	D
161	TAPON	NORDICA ADHESI- VOS, VENDAJES Y ESPARADRAPOS	NOHISENT	C