

# RIESGO POR RUIDO CONTINUO Y CAMP

El autor pone de manifiesto que el método científico es perfectamente aplicable al establecimiento de límites permisibles en Higiene Industrial como es el método epidemiológico en exposiciones a ruido a través del concepto de "riesgo atribuible". Los límites permisibles por lo tanto no son cantidades que pueden fijarse arbitrariamente, sino que corresponden a magnitudes que relacionan el ambiente con el porcentaje de población protegido.

La investigación establece que una magnitud de 80 dBA equivalente marca la división entre expuestos y no expuestos a ruido continuo y por lo tanto protege al 100% de la población.

En cambio, magnitudes de 85 y 90 dBA equivalentes protegen respectivamente sólo a 90 y 75% de la población.

## EL CONCEPTO DE RIESGO APLICADO A LA BUSQUEDA DE UN LIMITE PERMISIBLE PARA EXPOSICIONES A RUIDO CONTINUO (\*)

*Ing. VINCENOT TOBAR MUÑOZ*  
Jefe Laboratorio de Ruidos

### INTRODUCCION

El Programa de Conservación Auditiva instalado en el Departamento de Salud Ocupacional y Contaminación Ambientas (ex INSO) del Instituto Nacional de Salud Pública, a partir del año 1976 inició una investigación epidemiológica, tendiente, entre otros propósitos, a examinar la validez de los límites permisibles para exposiciones continuadas e intermitentes a ruido continuo, existentes a la fecha en el país.

La necesidad de una investigación de este tipo está avalada por el hecho de haberse aprobado para el país una definición de daño diferente a la usada en estudios similares realizados por ISO (1) y NIOSH (2).

Los datos reunidos se refieren solamente a las exposiciones continuadas a intermitentes a ruido continuo, no habiéndose estudiado aún la exposición a ruido de impacto.

### A) DEFINICIONES PREVIAS

#### 1.— Aspectos epidemiológicos

Desde el año 1976, el Programa de Conservación Auditiva, se ha empeñado en una investigación destinada a conocer la epidemiología de la sordera profesional.

Los fines de esta investigación se agrupan en dos grandes líneas:

—Por una parte, se trata de entregar a distintos profesionales, tales como otorrinólogos y médicos de medicina del trabajo; ingenieros y enfermeras; antecedentes que les faciliten a los primeros el diagnóstico de la sordera profesional y, a los segundos, les ayude en la ejecución de programas de conservación auditiva.

—Por otra parte, es esencial en Salud Ocupacional, concretamente en Higiene Industrial, la determinación de las cantidades máximas permisibles (límites máximos permisibles) de substancias o energías dañinas a la salud de los trabajadores. Esta tarea importantísima de la Salud Ocupacional no puede ser enfrentada sino a través del método epidemiológico. Como en este caso nos es-

(\*) Trabajo libre presentado a las III Jornadas Internacionales Interamericanas sobre Ruido y Comunidad desarrolladas entre el 25 y 30 de noviembre de 1979, en la ciudad de Viña del Mar, Chile.

tamos ocupando de la sordera profesional, el propósito último de esta investigación es establecer de una manera científica la correlación existente entre los niveles sonoros en los lugares de trabajo y los porcentajes de población expuesta protegida, para luego decidir qué límites permisibles adoptaremos de acuerdo a lo que se ha dado en llamar los criterios de riesgo de daño.

### 1.1.— *Epidemiología de la sordera profesional*

La sordera profesional desde el punto de vista epidemiológico se clasifica en el grupo de las enfermedades crónicas no transmisibles. El método epidemiológico aplicado a la sordera profesional, permite perfectamente describir la enfermedad en la comunidad afectada, ya que puede situarse dentro de parámetros tales como edad, tiempo de exposición y niveles de ruido; al mismo tiempo que se constituye en un instrumento de predicción al permitir identificar las tendencias de este problema de salud ocupacional de acuerdo a los parámetros ya mencionados.

Como se sabe son esenciales para describir epidemiológicamente una enfermedad la adopción de medidas de frecuencias de esa enfermedad. Las medidas posibles de ser usadas en el caso de la sordera profesional para las actuales posibilidades de recursos disponibles son la prevalencia periódica anual y el riesgo atribuible.

### 1.2.— *Prevalencia periódica anual*

La tasa comúnmente usada es la conocida como *prevalencia puntual* y que mide la frecuencia de la enfermedad en un momento dado en el tiempo. Es una medida de lo que prevalece o existe y corresponde, como acota Mac Mahon, al balance corriente de un banco.

Expresado como una tasa para una población específica, la prevalencia puntual es la proporción de aquella población que exhibe la enfermedad en un instante particular. El numerador incluye todas las personas que tienen la enfermedad en un momento dado, independientemente del tiempo transcurrido desde el comienzo de la enfermedad hasta el momento en que se midió la prevalencia puntual. El denominador es la población en la cual se está investigando la enfermedad.

Tratándose de la sordera profesional, sin embargo, la medición de la frecuencia de la enfermedad no dura un instante de tiempo, sino que habitualmente se ha estado usando un período de un año. Por esta razón, más que de prevalencia puntual debiéramos hablar de prevalencia periódica que es el número de casos observados durante (más bien que en) un tiempo específico, por ejemplo, durante un año.

La prevalencia periódica, por lo tanto, consiste en la prevalencia puntual al comienzo de un período específico de tiempo más todos los casos nuevos (incidencia), que se producen durante el período. La prevalencia periódica es una medida particularmente compleja, puesto que ambas la prevalencia puntual y la incidencia están incorporadas en ella.

En esta investigación se usará la prevalencia periódica anual como medida de la frecuencia de la enfermedad, ya que se considera que representa mejor la investigación epidemiológica llevada a cabo por este Laboratorio.

### 1.3.— *Riesgo de daño auditivo atribuible a ruido*

Para los efectos de investigar los límites máximos permisibles en exposiciones a ruido, la prevalencia periódica por sí sola no es suficiente; en vez de ella se ha definido la tasa denominada *riesgo atribuible* considerada como la prevalencia absoluta de la enfermedad en individuos expuestos, que puede ser atribuida a la exposición al ruido y que consiste en la diferencia entre las prevalencias periódicas de daño auditivo sensorioneural de los trabajadores expuestos y no expuestos. El riesgo se expresa en porcentaje.

## 2.— **Indices evaluadores de la exposición**

Se conoce que el oído puede tolerar mayores cantidades de energía acústica si el tiempo de exposición se limita. La decisión de cuánto más ruido puede ser tolerado para exposiciones continuadas e intermitentes de corta duración diariamente, depende de cómo el oído integra el ruido a través del tiempo.

Hay dos teorías de cómo el oído responde a tal estímulo: la regla de la "igual energía" y la regla del "igual efecto temporal".

La teoría de igual energía (3) establece que iguales cantidades de energía acústica que entran al canal auditivo son igualmente dañinas independientemente de cómo ellas estén repartidas en el tiempo. Esta regla establece que si el tiempo de exposición se duplica, el nivel de ruido debe reducirse en 3 dB a fin de mantener un igual grado de riesgo.

La teoría de igual efecto temporal (4) dice que el riesgo de daño auditivo está relacionado con la pérdida transitoria de la audición (desviación transitoria del umbral llamado DTU) que resulta de la exposición a ruido en oídos jóvenes.

Esta teoría se basa en la observación que aquellas exposiciones a ruido que en último término producen pérdidas auditivas permanentes también producen pérdidas auditivas transitorias en oídos jóvenes. Lo inverso es también verdadero. Esta teoría determina el tiempo total con exposición al ruido independiente de cómo los estallidos de ruido están distribuidos en el tiempo y considera la exposición intermitente en términos de una exposición continua equivalente.

Algunos investigadores habrían demostrado que las exposiciones interrumpidas sobre una base regular o irregular son menos dañinas para la audición. Basándose en este hecho no suficientemente demostrado, la regla del igual efecto temporal establece que si el tiempo de exposición se duplica, el nivel de ruido debe reducirse en 5 dB a fin de mantener un igual grado de riesgo.

Ambas teorías proponen el nivel sonoro ponderado A como unidad de medida del ruido, ya que se ha demostrado cómo un índice que proporciona la mejor correlación entre el nivel de ruido y el riesgo de daño auditivo.

Igualmente ambas teorías proponen calificar las exposiciones a través del concepto de dosis de ruido, es decir, involucran además del nivel de ruido el tiempo de exposición, manteniendo, sin embargo, la diferencia de 3 dB y 5 dB para una y otra según se duplique o se reduzca a la mitad el tiempo de exposición, esto significa que las dosis calculadas según uno u otro método son diferentes.

Para el caso de esta investigación se ha adoptado la teoría del "igual efecto temporal".

### 3.— Daño auditivo

El daño auditivo inducido por el ruido es de carácter sensorio-neural, lo cual significa que es un daño definitivo e irreversible y alcanza a todas las frecuencias audiométricas. Las frecuencias audiométricas principales son las de 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 y 8.000 Hz., la generalización de los exámenes audiométricos exigidos por un médico otorrino considera estas frecuencias; si se realiza un análisis de banda octava de la conversación o de la repetición de una frase hecha por varias personas se observa que la energía acústica emitida por la voz humana está distribuida entre 100 y 8.000 cps; las listas de palabras y frases usadas en las pruebas de discriminación necesariamente por lo tanto deben contener todas las frecuencias audiométricas.

Hay antecedentes para suponer entonces que la audición de la voz humana ocupa una parte importante de las células ciliadas de la cóclea, mirando desde el punto de vista de la frecuencia aquellas células responsables de las frecuencias de 100 a 8.000 Hz. Existe también el hecho que el oído humano no sólo es útil para percibir la voz humana, sino que tenemos expresiones como la música en el hogar y las señales acústicas de peligro en la industria las cuales también deben ser oídas por los trabajadores.

De acuerdo a lo anterior, pudiera pensarse que la definición de daño auditivo, o sea lo que entendemos por daño auditivo inducido por ruido, debiera estar basado en un criterio de protección amplio, en un criterio de protección de todas las frecuencias involucradas; sin embargo, no ha ocurrido así, por el contrario, los criterios de definición de daño auditivo en los cuales se ha basado nuestra legislación sobre incapacidades laborales del nervio acústico son bastante restrictivos. La legislación norteamericana que ha servido de base a nuestra legislación laboral, en el caso de la sordera profesional, ha considerado desde hace muchos años sólo las frecuencias de 500, 1.000 y 2.000 Hz. Recientemente, entidades como el Instituto Nacional de Salud Ocupacional Norteamericano, en base a los resultados de

investigaciones recientes, las cuales han investigado las relaciones entre las pérdidas auditivas de tonos puros y las pérdidas auditivas para el lenguaje, ha adoptado una definición de daño auditivo ligeramente diferente. Simplemente se establece que el daño auditivo para la comunicación del lenguaje empieza cuando el nivel auditivo promedio de 1.000, 2.000 y 3.000 Hz. excede los 25 dB referidos a ANSI (1969). Las principales razones para esta definición son las siguientes:

a) La base del daño auditivo sería, no solamente la capacidad de oír, sino también la capacidad de comprender el lenguaje.

b) La capacidad de oír sentencias y repetir las correctamente en un ambiente silencioso, no es evidencia satisfactoria de audición adecuada de la comunicación de la voz bajo condiciones diarias.

c) Se desprende de a) y b), que la capacidad de comprender la voz bajo las condiciones de cada día se predice mejor sobre la base de los niveles auditivos en 1.000, 2.000 y 3.000 cps.

d) El punto en el cual el promedio de las pérdidas auditivas en el intervalo establecido de 1.000-3.000 Hz., empieza a tener un efecto perjudicial sobre la capacidad de comprender la voz, es de 25 dB referidos a ANSI (1969).

Por otra parte, países como Inglaterra consideran que el daño auditivo ocurre cuando la pérdida auditiva promedio en las frecuencias audiométricas de 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000 y 6.000 Hz. para ambos oídos excede de 40 dB referidos a ISO R 389 (1964).

Ante criterios de definición tan dispares como los mencionados y en un intento por armonizar los aspectos clínicos y los médico-legales, en Chile se ha adoptado como definición de daño auditivo la mencionada en la Circular A.3.4 N° 1 de 6 de enero de

1979, del Ministerio de Salud. Ella establece que existe daño auditivo cuando el nivel auditivo promedio de las frecuencias de 1.000, 2.000, 3.000, 4.000 y 6.000 Hz. sobrepasa los 25 dB referidos a ANSI S 3.6 (1969) o ISO R 389 (1964).

## B) MATERIAL Y METODO

Entre los años 1976-77-78 se han examinado 2.437 trabajadores manufactureros, de los cuales se han seleccionado 1.452 obreros expuestos a niveles sonoros comprendidos entre 80 y 104 dB (A) inclusivos, y 486 trabajadores expuestos a niveles sonoros inferiores a 80 dB (A) y que conforman el grupo no expuesto o grupo control.

El procedimiento epidemiológico consiste en la aplicación del método comparativo, el cual aísla una variable que hemos llamado "riesgo de daño auditivo atribuible a ruido" y que se estudia en dos grupos comparables en todos sus demás atributos; el grupo de expuestos y el grupo control.

Los exámenes audiométricos se realizaron con audiómetro clínico Beltone 200-C, que se calibró periódicamente con oído artificiales Bruel y Kjaer tipo 4.152.

Las audiometrías sólo se realizaron en cámara silente y todos los trabajadores examinados tuvieron reposo auditivo previo de por lo menos 12 horas.

Para el cálculo de tasas de riesgo los trabajadores se separaron según grupos de edades, grupos de años de exposición y grupos de niveles sonoros.

Se tamizaron aquellos trabajadores que presentaron anomalías otológicas distintas a la presbiacusia y sordera profesional.

Las tablas N.os 1, 2 y 3 muestran los resultados encontrados, los cuales corresponden a tasas de riesgo de daño auditivo sensorioneural debido estrictamente a ruido.

**TABLA 1**

**RIESGO DE SORDERA PROFESIONAL DE TRABAJADORES MANUFACTUREROS  
POR GRUPOS DE EDADES, SEGUN NIVELES DE RUIDO DE 80-104 dB (A)  
Y TIEMPOS DE EXPOSICION QUE VARIAN DE 0-47 AÑOS**

Grupos de edades	Tiempo de exposición de 0-47 años		
	Menos de 80 dB (A)	80-104 dB (A)	Riesgo
	%	%	%
17—27	1,1	5,3	4,2
28—35	1,8	12,8	11,0
36—45	3,1	32,2	29,1
46—54	15,8	59,2	43,4
55—70	40,5	73,0	32,5

**TABLA 2**

**RIESGO DE SORDERA PROFESIONAL DE TRABAJADORES MANUFACTUREROS  
POR GRUPOS DE TIEMPO DE EXPOSICION, SEGUN NIVELES DE RUIDO  
DE 80-104 dB (A) Y EDAD DE 17-70 AÑOS**

Grupos de tiempo de exposición	Edad de 17-70 años		
	Menos de 80 dB (A)	80-104 dB (A)	Riesgo
	%	%	%
0— 1	1,3	5,2	3,9
2— 4	1,6	7,5	5,9
5—10	1,0	14,0	13,0
11—20	6,5	27,5	21,0
21—47	18,5	63,2	44,7

**TABLA 3**

**RIESGO DE SORDERA PROFESIONAL DE TRABAJADORES MANUFACTUREROS  
POR GRUPOS DE NIVELES DE RUIDO, SEGUN TIEMPO DE EXPOSICION  
DE 0-47 AÑOS Y EDAD DE 17-70 AÑOS**

Grupos de niveles de ruido	Edad de 17-70 años	
	Tiempo de exposición de 0-47 años	Riesgo
80	6,8	—
80	11,3	4,5
85	16,8	10,0
90	29,2	22,4
95	48,2	41,4
100	46,6	39,8

De la observación de las Tablas puede afirmarse en general, que el riesgo tiende a crecer a medida que la edad, el tiempo de exposición y el nivel de ruido aumentan.

En la Tabla Nº 1 se advierte que en el grupo de edad de 55-70 años el componente presbiacusia tiene un mayor peso relativo que el componente sordera profesional con un 40,5% contra un 32,5%. El grupo de edad de 46-54 años aparece como aquel grupo donde más fuerte es el efecto del ruido, ya que el riesgo alcanza a un 43,4% contra una tasa de presbiacusia de 15,8%.

La Tabla Nº 2 muestra que la variación del riesgo con el tiempo de exposición es siempre creciente, alcanzando un máximo de 44,7% para el grupo de 21-47 años de exposición.

La Tabla Nº 3 muestra la variación del riesgo en función de los niveles sonoros, encontrándose que el riesgo máximo se produce en el grupo de 95-99 dB (A). La investigación establece que 80 dB (A) es un lí-

mite, justo en el cual comienzan a producirse pequeños porcentajes de riesgo del orden de 4,5%, es decir, exposiciones a niveles sonoros de 80 dB (A) durante 8 horas diarias constituyen la línea divisoria entre los expuestos y los no expuestos a ruido. El grupo de 85-89 dB (A) presenta un riesgo de 10%, lo cual nos permite afirmar que 85 dB (A) para 8 horas diarias protege sólo al 90% de la población expuesta. El grupo de exposición de 90-94 dB (A) muestra un riesgo de 22,4%, lo cual significa que el nivel sonoro de 90 dB (A) y 8 horas de exposición protegería al 77,6% de la población expuesta; asimismo, el grupo de exposición de 95-99 dB (A) con un riesgo de 41,4% solamente protege al 58,6% de la población expuesta, etc.

### C) COMENTARIO

Los resultados de esta investigación son coincidentes con los de otros trabajos similares como son los de la ISO y NIOSH ya mencionados; por ejemplo, todas estas in-

investigaciones, cualquiera que sea la definición de daño aceptada, han concluido que 80 dB (A) marca la división entre expuestos y no expuestos, pudiendo afirmar que *expuesto a ruido* es aquel trabajador que está sujeto a niveles sonoros iguales o superiores a 80 dB (A) durante 8 horas diarias.

Una segunda conclusión importante que se desprende de estos trabajos, a pesar de sus diferencias, es que 90 dB (A) durante 8 horas es una exposición que protege solamente a una población comprendida entre 70-80% de la población trabajadora expuesta. En cambio 85 dB (A) y 8 horas de exposición protege al 90% de la población.

Nos parece, y del mismo parecer es el NIOSH, por ejemplo, que 90 dB (A) es un

máximo permisible poco conservador de la audición. Por esta razón, en nuestro país, basándonos en los resultados de nuestra propia investigación, los cuales vienen a reforzar resultados anteriores encontrados en otros países, se ha modificado la legislación sobre ruido laboral, estableciendo como máximo permisible para exposiciones continuadas e intermitentes a ruido continuo, el nivel sonoro continuo equivalente de 85 dB (A).

El esfuerzo de investigación epidemiológica de la sordera profesional es una iniciativa única en el país y el mérito de su realización corresponde íntegramente al Ministerio de Salud, quien lo ha financiado.

## REFERENCIAS

- 1.— **ISO.**— International Standardization Organization. ISO 1999-1975 (E) Assessment of occupational noise exposure for hearing conservation purposes.
- 2.— **NIOSH.**— National Institute of Occupational Safety and Health of USA. Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to noise (DHEW. Publ. N° (HSM) 73-11001).
- 3.— **D. W. ROBINSON.**— "The relationships between Hearing Loss and Noise Exposure" Nat. Phys. Lab, London, AERO Rept. ac 32, July, 1968.
- 4.— **W. D. Ward, A. GLORIG, and D. L. SKLOR.**— "Temporary Threshold Shift from Octave Band Noise; Application to Damage Risk Criteria" J. Acoust. Soc. Am., vol 31, pp. 522-528, 1959.