

**AUTORIZACIÓN DE DIFUSIÓN Y USO DE LOS TRABAJOS DE GRADO  
EN LA BIBLIOTECA FUNDADORES DE LA UNIVERSIDAD CES**

Entre quien(es) suscribe(n) este documento, a saber

Apellidos completos

Nombres completos

Hector Jaime

Franco Restrepo

Claudia Patricia

Zuluaga Botero

Paula Andrea

Restrepo Otalvaro

Mayor(es) de edad, identificado(s) como aparece al pie de mi (nuestras) firma(s), obrando en nombre propio, en calidad de autor(es) del trabajo:

Efectos de la exposición al ruido de  
origen ocupacional

Presentado para optar al título de:

Médico laboral y del trabajo

A través de este acto manifiesto (amos) libre y espontáneamente lo siguiente:

**PRIMERO. DECLARACIONES.**

- En el contenido de nuestro escrito se respetaron todos los derechos morales y patrimoniales de autor en consecuencia no se transgredieron ni usurparon derechos de terceros.
- Asumimos toda la responsabilidad civil y penal que se derive de lo contenido en nuestro escrito, por ende exoneramos a la Universidad CES y a todos sus organismos, dependencias, empleados, mandatarios y/o representantes, de cualquier responsabilidad penal, civil patrimonial o extrapatrimonial que se derive en razón de nuestra obra.
- Las opiniones expresadas por los autores no constituyen ni comprometen la filosofía institucional de la Universidad CES.

**SEGUNDO. ENTREGA.**

Por medio del presente acto hago (hacemos) entrega a la Universidad CES del ejemplar del trabajo descrito con sus anexos de ser el caso en forma de:

- a. Monografía \_\_\_\_ b. Tesis de grado \_\_\_\_ c. Artículo de revista \_\_\_\_  
d. Libro \_\_\_\_ e. Capítulo de libro  f. Informe de Avance \_\_\_\_  
g. Informe de Investigación \_\_\_\_

En formato: Impreso \_\_\_\_ Digital

**TERCERO. AUTORIZACIONES.**

- a. Autorizo(amos) la difusión y puesta a disposición del público de nuestra obra en las instalaciones de la BIBLIOTECA FUNDADORES de la Universidad CES, o en donde esta lo señale, incluyendo medios electrónicos o digitales, ya sea a través de redes alámbricas o inalámbricas, o por el medio que la Universidad disponga para el efecto.
- b. Autorizo(amos) la utilización de nuestra obra con fines académicos, por lo cual delegamos en la universidad la disposición de los medios necesarios para ello, en la medida justificada para dicho fin.
- c. Se autoriza la difusión en texto completo SI  NO \_\_\_\_

**CUARTO.** Todo lo aquí estipulado se sujeta a las normas vigentes sobre la materia.

Para constancia de lo anterior y en señal de conformidad y aceptación, se suscribe el presente documento, en Medellín, a los 12 días del mes 07 del año 2010.

Hector Jaime Franco Rpo

c.c. 98637642

c.c.

Claudio Pulgarín

c.c. 43 473 . 565

43 473 . 565

c.c.

Pablo Andica Restrepo

c.c. 32006147

c.c.

**EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO DE ORIGEN OCUPACIONAL**

**Paula Andrea Restrepo Otalvaro**

**Claudia Patricia Zuluaga Botero**

**Héctor Jaime Franco Restrepo**

**UNIVERSIDAD CES**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA**

**MEDELLIN- ANTIOQUIA**

**2010**

**EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO DE ORIGEN OCUPACIONAL**

**Paula Andrea Restrepo Otalvaro**

**Claudia Patricia Zuluaga Botero**

**Héctor Jaime Franco Restrepo**

**CAPITULO DE LIBRO PARA OPTAR AL TITULO DE ESPECIALISTA EN  
MEDICINA DEL TRABAJO Y LABORAL**

**ASESORA  
DRA JENNY CECILIA BROME BOHÓRQUEZ  
MEDICA ESPECIALISTA EN SALUD OCUPACIONAL**

**UNIVERSIDAD CES  
FACULTAD DE MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA  
MEDELLIN- ANTIOQUIA**

**2010**

## **EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO DE ORIGEN OCUPACIONAL**

### **INTRODUCCIÓN:**

La presencia del sonido en nuestra vida diaria es un hecho común, por lo que en múltiples ocasiones no apreciamos sus efectos, y aunque nos adaptamos a él y lo ignoramos, el oído siempre lo capta, ocasionando sensaciones que pueden ir desde agradables y relajantes, pasando por la comunicación cotidiana, hasta percepciones desagradables que pueden limitar nuestras actividades e incluso perturbarlas de manera irreversible, es este último tipo de sonido el que se denomina ruido y es una de las principales preocupaciones del mundo de hoy, dada la incidencia en la calidad de vida y sus efectos nocivos para la salud y el comportamiento humano(1). Su origen relacionado con la ocupación lo encontramos en el inicio de la civilización, cuando en las sociedades antiguas se crearon herramientas rudimentarias para aumentar y perfeccionar sus niveles de producción de esta manera, a medida que se evoluciona y aumentan los procesos de urbanización, el desarrollo de las industrias y el transporte, aumentan también los niveles de ruido en el medio ambiental y laboral. Es así como, de manera progresiva, la sociedad evoluciona hacia un modelo de vida, donde la presencia de ruido crece paralela al bienestar (2).

### **RESEÑA HISTÓRICA Y EPIDEMIOLOGIA:**

Al revisar la literatura antigua se encuentra que en la ciudad de Sibaris, en la antigua Grecia, 600 años antes de Cristo, los artesanos que trabajaban con el martillo eran obligados a desplazarse fuera de las murallas de la ciudad para evitar las molestias a los otros ciudadanos. En la Roma del siglo I, Plinio el Viejo describe en su tratado *Historia natural*, la observación que hizo de personas que vivían junto a las cataratas del Nilo, muchas de las cuales sufrían sordera. Bastantes años más tarde, Bernardino Ramazzini, un pionero de la medicina del trabajo, advertía en su libro clásico *De morbis artificum* (1713) del riesgo que tenían algunos trabajadores como los herreros de sufrir hipoacusia (1). En 1830, Foscroke describe la pérdida de audición de los trabajadores de las fraguas (3), y otros autores definen esta patología como la enfermedad de los caldereros. Haberman estudio la anatomía patológica de una cóclea de un calderero, y otros investigadores en el siglo XX provocan en cobayas lesiones inducidas por ruidos crónicos y hacen estudios del oído interno (4).

El estudio de la hipoacusia inducida por ruido, adquiere en la actualidad una importancia relevante dada por el aumento de su incidencia y el costo económico que genera. OMS estima que un tercio de la población mundial y el 75% de los habitantes de ciudades industrializadas padecen algún grado de sordera o pérdida auditiva causada por exposición a sonidos de alta intensidad. La Organización Panamericana de la Salud reporta una prevalencia promedio de hipoacusia del 17% para América Latina, en trabajadores con jornadas de 8 horas diarias,

durante 5 días a la semana con una exposición que varía entre 10 a 15 años. En los Estados Unidos, la pérdida auditiva inducida por exposición al ruido de origen industrial es una de las enfermedades ocupacionales más frecuentes. En Europa se estima que alrededor de 35 millones de personas están expuestas a niveles de ruidos perjudiciales (5).

Se considera que la pérdida auditiva inducida por ruido, predominantemente la de origen ocupacional, representa una problemática de grandes magnitudes en el mundo, premisa reafirmada por la OMS, quien en su publicación “Guidelines for Community Noise” asiente que: “el deterioro de la audición inducido por el ruido es el riesgo ocupacional más prevalente e irreversible en el mundo, y se estima que 120 millones de personas alrededor de él tienen dificultades de audición incapacitantes (Chepesiuk 2005) (6.)

Según un análisis de 1466 casos de enfermedades profesionales reportados a Fasecolda (Federación de Aseguradores Colombianos) por ISS, entre 1990 y 1995, cerca de 12% correspondían a pérdidas del sentido de la audición (7)

Según el informe del ministerio de la protección social en Colombia La sordera neurosensorial ocupó el tercer lugar durante los años 2001 a 2003, pero en el año 2004 fue desplazada al cuarto lugar por los trastornos de disco intervertebral.

Las actividades laborales que conllevan un riesgo particularmente alto de pérdida de audición son: la minería, la construcción de túneles, la explotación de canteras, la ingeniería pesada, los trabajos con máquinas que funcionan con potentes motores de combustión, la utilización de máquinas textiles y la comprobación de reactores de aviones, seguido de un largo número de procesos industriales de todo tipo. Se utiliza también una parte del espectro no audible —en particular la banda de los ultrasonidos— en otras actividades, a saber: la limpieza por ultrasonidos, la soldadura, en la ciencia médica (para diagnóstico y tratamiento), en el mecanizado de piezas, en el emulsionado y homogeneizado de pinturas, en ensayos no destructivos de materiales (métodos ecográficos) y en la maduración de vinos. Se hace referencia a ellas pues su mecanismo etiopatogénico (a pesar de no ser percibido por el oído humano) se cree que es similar al que originan las frecuencias audibles, pudiendo lesionar también el órgano auditivo, tal como se explicará más adelante en la fisiopatología (8)

Para la salud ocupacional la hipoacusia neurosensorial relacionada con ruido se convierte en un reto, pues cuando se desarrolla, se traduce en un alto costo económico para las empresas y también ocasiona un impacto severo en la calidad de vida de los trabajadores a quien afecta, dado su carácter irreversible y repercusiones sociales en términos comunicativos; Sumado a lo anterior, los controles requeridos para eliminar o controlar el ruido, ya sean en la fuente, el medio o el trabajador, generan costos altos, sobre todo los de carácter técnico (fuente y medio ambiente), razón por la cual, los empleadores se retardan en invertir en estas medidas y su vigilancia por parte de los centros de control gubernamentales es deficiente.

## **LEGISLACIÓN SOBRE RUIDO:**

En el país se cuenta con una gran cantidad de leyes en el tema de salud ocupacional, a continuación se hace énfasis especial en las que incluyen el ruido a nivel laboral (9).

1.) Ley 9 de enero 24 de 1979: Norma para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones; y en el artículo 106 establece que el Ministerio de Salud determinará los niveles de ruido y vibración a que puedan estar expuestos los trabajadores.

2.) Resolución 2400 de mayo 22 de 1979: En su Capítulo IV (de los ruidos y vibraciones): Del artículo 88 al 96: Define como nivel máximo permisible para ruido continuo en los sitios de trabajo 85 dB, describe la realización estudios de carácter técnico y ambiental en sitios ruidosos, así como las medidas de control que se deben ejercer y el mantenimiento preventivo de la maquinaria. Se describe también la necesidad de realizar valoraciones periódicas a los trabajadores expuestos y el uso de elementos de protección personal.

3.) Resolución 2413 de 1979: Dispone el reglamento de higiene y seguridad para la industria de la construcción, y en los artículos 66 y 67 define el uso de elementos de protección personal para los trabajadores de las obras en las cuales se produce ruidos fuertes así como los límites sonoros permisibles según la hora de exposición.

4.) Resolución 8321 de agosto 4 de 1983: Normas sobre protección y conservación de la audición, de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos. Ofrece las definiciones en el tema, determina el ruido ambiental y sus métodos de medición así como los valores límites permisibles para ruido continuo y de impacto tanto a nivel ambiental como ocupacional. (Los valores para ruido continuo son modificados por la resolución 1792 de 1990).

4.) Decreto 614 de marzo 14 de 1984: Determina las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el país. En el artículo 30 se define el contenido de los programas de salud ocupacional y se habla específicamente de la obligación de las empresas de desarrollar programas de vigilancia epidemiológica en enfermedades profesionales y patologías relacionadas con el trabajo.

5.) Decreto 1335 de julio de 1987: Reglamento de seguridad en las labores subterráneas. En el capítulo II se hace énfasis especial en ruido y define tanto los límites permisibles en mineros como la utilización de elementos de protección personal y las mediciones a realizar.

6.) Resolución 1016 de marzo 31 de 1989: Por medio de la cual se reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los programas de salud ocupacional que deben desarrollar los empleadores en el país, (complementa el artículo 614) y en sus artículos se refuerzan los planteamientos de los programas de salud ocupacional.

7.) Resolución 1792 de mayo 3 de 1990: Por medio de la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido (modifica los valores de anteriores resoluciones). El artículo 1 define dichos valores, para exposición a ruido continuo e intermitente, sin exceder la jornada máxima laboral vigente (8 horas/día), con una tasa de recambio de 5 dB, así:

DURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	DECIBELES
8 horas	85
4 horas	90
2 horas	95
1 hora	100
30 minutos	105
15 minutos	110
7 min y 30 seg	115

Mientras que la Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo (GATI-HNIR) La cual propone la siguiente tabla nivel de presión sonora (NPS) permitido en tiempo (tasas de recambio con 3 decibeles):

NPS	Tiempo			NPS	Tiempo		
dBA	Hr	min	seg	dBA	Hr	min	seg
80	25	24		106		3	45
81	20	10		107		2	59
82	16			108		2	22
83	12	42		109		1	53
84	10	5		110		1	29
85	8			111		1	11
86	6	21		112			56
87	5	2		113			45
88	4			114			35
89	3	10		115			28
90	2	31		116			22
91	2			117			18
92	1	35		118			14
93	1	16		119			11
94	1			120			9
95		47	37	121			7
96		37	48	122			6
97		30		123			4
98		23	49	124			3
99		18	59	125			3
100		15		126			2
101		11	54	127			1
102		9	27	128			1
103		7	30	129			1
104		5	57	130-140			<1
105		4	43				



8.) Decreto 2222 de julio 15 de 1992: Reglamento de higiene y seguridad en las labores mineras a cielo abierto. El capítulo III (del título VIII, medio ambiente) es dedicado a ruido; define los valores límites permisibles para ruido continuo e intermitente según la resolución previamente descrita y para el ruido de impacto los dados en la resolución 8321 de 1983. Cuando la exposición diaria conste de dos periodos, uno a ruido continuo y el otro a intermitente, con diferentes niveles de duración, se considera el efecto combinado según la siguiente ecuación:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

Donde  $C_n$  corresponde al tiempo total de exposición diaria a nivel sonoro específico y  $T_n$  a un tiempo permitido diario a ese nivel sonoro.

9.) Decreto 948 de junio 5 de 1995: Emitido por el ministerio del medio ambiente y en el cual se dictan normas para la protección, prevención y control de emisiones de ruido urbano, rural, doméstico y laboral que trasciendan al medio ambiente y al espacio público.

10.) Resolución 2844 de agosto 16 de 2007: Por la cual se adoptan las Guías de atención integral de salud ocupacional basadas en la evidencia (GATISO).

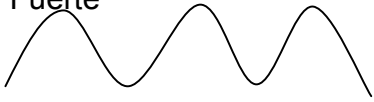


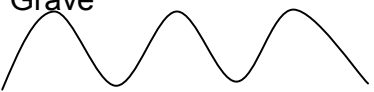
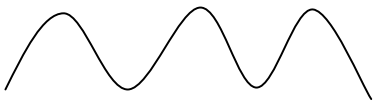

11.) Decreto 2566 de julio 7 de 2009: Determina la tabla de enfermedades profesionales. Se define la sordera profesional como la patología producida en los trabajadores industriales expuestos a ruido igual o mayor a 85 dB.

A nivel internacional, la OIT ratificó en su convenio 148 del 20 de junio de 1977, que la legislación nacional debería disponer la adopción de medidas en el lugar de trabajo para prevenir y limitar los riesgos profesionales debidos a la exposición al ruido y para proteger a los trabajadores contra los diferentes riesgos. En su artículo 11 define que: “El estado de salud de los trabajadores expuestos o que puedan estar expuestos a los riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el lugar de trabajo deberá ser objeto de vigilancia, a intervalos apropiados, según las modalidades y en las circunstancias que fije la autoridad competente. Esta vigilancia deberá comprender un examen médico previo al empleo y exámenes periódicos, según determine la autoridad competente” (OIT).

La NIOSH recomienda como límite de exposición, 85 dB para jornadas laborales de 8 horas (85 dB A con un TWA de 8 horas). Para trabajadores quienes presentan mayor tiempo de exposición, se recomienda una tasa de cambio de 3 dB, en vez de usar la de 5 dB (similar a la propuesta por la GATISO descrita anteriormente). Cuando se presentan exposiciones diarias con diferentes niveles de ruido, la NIOSH recomienda usar la fórmula usada en el decreto 2222/1992, con exposiciones que no excedan los 100 dB. Los límites máximos de exposición recomendados como “valores techo”, son de 140 Db (10).

## **DEFINICIONES:**

1. Onda sonora: Las variaciones de presión, humedad o temperatura del medio, producen el desplazamiento de las moléculas que lo forman. Cada molécula transmite la vibración a la de su vecina, provocando un movimiento en cadena. Esos movimientos coordinados de millones de moléculas producen las denominadas ondas sonoras (11).
2. Sonido: Movimiento ondulatorio, con una intensidad y una frecuencia determinada, que se transmite por un medio elástico (como puede ser el aire, los líquidos y los sólidos), con diferentes velocidades según el medio de propagación, produciendo variaciones de presión o vibración de partículas en cadena que pueden ser percibidas por el oído humano o detectadas mediante instrumentos (12).

Características del sonido		
Intensidad	Es la propiedad que hace que éste se capte como fuerte o como débil y está relacionada con la magnitud de energía que está fluyendo por el medio como consecuencia de la propagación de la onda (13).	<p>Fuerte</p>  <p>Debil</p> 
Tono	Es la cualidad que depende la frecuencia y permite distinguir entre los graves y los agudos. Los sonidos percibidos como graves corresponden a frecuencias bajas, mientras que los agudos son debidos a frecuencias altas (13)	<p>Agudo</p>  <p>Grave</p> 
Timbre	Es la cualidad del sonido que permite distinguir sonidos procedentes de diferentes fuentes, aun cuando posean igual tono e intensidad. Debido a esta misma cualidad es posible reconocer a una persona por su voz, que resulta característica de cada individuo (13).	 

3. Presión sonora: Variación de la presión atmosférica con el paso de la señal acústica (13).
4. Ruido: Se define como un sonido compuesto de múltiples frecuencias, no articulado, de cierta intensidad, y que puede molestar o perjudicar a las personas (9). Lleva implícito un fuerte carácter subjetivo, ya que un mismo sonido puede ser considerado un elemento molesto para algunos, mientras que por otros no, esto depende de las características del receptor y del

momento en que se produce, por lo que este es más molesto entre más perturbe la realización de un trabajo o incluso el descanso. (10).

A nivel laboral, se han establecido como niveles permisibles de ruido, 85 dB con una exposición de 8 horas diarias, por 40 horas semanales. (11), (12), (13).

TIPOS DE RUIDO	
Ruido continuo	Es aquel cuyos niveles de presión sonora no presenta oscilaciones y se mantiene relativamente constante a través del tiempo; se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción, por ejemplo, ventiladores, bombas y equipos de procesos industriales (14).
Ruido intermitente	Es aquel en el cual se presentan fluctuaciones bruscas y repentinas de la intensidad sonora en forma periódica, por ejemplo, una maquinaria que opera en ciclos, vehículos aislados o aviones (14), también se considera ruido intermitente aquel que presenta características estables durante un segundo o más, seguidas por interrupciones mayores o iguales a 0,5 segundos (15).
Ruido impulsivo	Es aquel en el que se presentan variaciones rápidas del nivel de presión sonora en intervalos de tiempo mínimos, es breve y abrupto; por ejemplo, troqueladoras o pistolas (14). También se considera ruido impulsivo aquel que es de corta duración, con niveles de alta intensidad que aumentan y decaen rápidamente en menos de 1 segundo, presenta diferencias mayores a 35 dB(A) entre los valores máximos y mínimos (15).

5. Frecuencia: Numero de variación en la presión atmosférica por segundo, y se denomina hertz.(16)
6. Decibeles: Es la decima parte de un Bel y cuantifica una magnitud logarítmica conocida como nivel sonoro y esta escala logarítmica es similar a la del oído humano para discriminar intensidades relativas de los sonidos (17).
7. Impedancia: La resistencia que opone un medio a las ondas que se propagan sobre este (18)
8. TLV-TWA: Medida ponderada en el tiempo(Threshold Limit Value-Time Wheighted Average) concentración media ponderada en el tiempo a que puede estar sometida una persona normal durante 8 horas al día y 40horas semanales. Se utiliza para todo tipo de contaminante (19).

9. Hipoacusia: (CIE-10: H919). Es la disminución de la capacidad auditiva por encima de los niveles definidos de normalidad (pérdida auditiva parcial) (20).
10. Hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en el lugar de trabajo (HNIR): (CIE-10 H83.3, H90.3, H90.4, H90.5). Es la hipoacusia neurosensorial producida por la exposición prolongada a niveles peligrosos de ruido en el trabajo y que afecta el oído interno (cóclea) (20).
11. CUAT (Cambio del umbral auditivo temporal): Es la audiometría en la que se observa la recuperación de los umbrales auditivos luego del reposo de exposición a ruido) (20).
12. CUAP (Cambios permanentes en los umbrales auditivos): Es la audiometría en la que no se observa recuperación de los umbrales auditivos a pesar del reposo de exposición a ruido (20).
13. Cofosis: Pérdida total de la audición (21)
14. PTA:(Pure Tone Average – Promediación de Tonos Puros) Es la promediación de los umbrales de 500, 1000 y 2000 Hz. Para salud ocupacional se recomienda adicionar la frecuencia de 3000 Hz, o en algunos casos utilizar la promediación de 1000, 2000 y 4000 Hz con el fin de tener en cuenta la caída presentada típicamente en dichas frecuencias en la hipoacusia inducida por ruido. Se recomienda así reportar el PTA colocando en paréntesis las frecuencias tenidas en cuenta para la promediación. (PTA (512) para 500, 1000 y 2000Hz) (20).

## **FISIOLOGÍA DE LA AUDICIÓN**

El oído se compone de tres partes: *Oído externo*, con el pabellón auricular y el conducto auditivo, que recoge y conduce las ondas sonoras hasta el tímpano; *Oído medio*, cavidad o caja del tímpano, que contiene una cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo), la cual transmite las vibraciones de la membrana del tímpano a la ventana oval, que las transmite al oído interno; *Oído interno*, o laberinto, que aloja el órgano del equilibrio y el aparato auditivo, formado por el caracol o cóclea, donde se hallan las células auditivas ciliadas del órgano de Corti, las cuales generan los impulsos transmitidos a la corteza auditiva por el nervio auditivo. (22)

### 1. Oído externo:

La función del oído externo es la de conducir el sonido hacia el oído medio.

El conducto auditivo externo actúa como un resonador, reforzando los sonidos con frecuencias entre 2000 y 4000 hertz, tiene además una función de protección del oído medio limitando la entrada de cuerpos extraños gracias a su trayecto sinuoso, la sensibilidad de sus paredes, la existencia de cerumen y los folículos pilosos (22)

### 2. Oído medio:

El oído medio actúa continuando la transmisión del sonido a través de la membrana timpánica al martillo, yunque y estribo, y de éste al oído interno. La principal función del oído medio es la de actuar como un mecanismo ajustador de

la diferencia de impedancia que hay entre el oído medio (aire) y el oído interno (líquido), para lograr esto existen dos mecanismos, los que se valen de la transmisión timpanococlear; el primero de ellos y el más importante, es la captación de la energía sonora que llega a través del conducto auditivo externo a una gran superficie elástica (membrana timpánica) la cual conduce por el mecanismo timpanococlear a una pequeña superficie de la platina del estribo. El segundo mecanismo es el efecto de palanca que ocurre en el movimiento de la cadena, dado por el martillo y el yunque, produciendo un aumento de la presión de 18 a 25 veces, el cual expresado logarítmicamente significa una ganancia de 25 dB. (22)

Los músculos del oído medio (del martillo y del estribo) se contraen en forma refleja cuando el sonido tiene alta intensidad (80 a 100 dB) lo que significa un aumento de la impedancia del oído medio, protegiendo así al oído interno de los ruidos de alta intensidad.

La función principal de la trompa de Eustaquio es la de ventilar adecuadamente el oído medio y las cavidades neumáticas adyacentes, toda la mucosa de estas estructuras se encuentran permanentemente reabsorbiendo aire, por lo que la función de la trompa es esencial. Está formada por paredes fibrocartilaginosas que normalmente se encuentran adosadas entre sí, siendo el principal mecanismo de abertura la contracción del músculo tensor palatino (parte medial) inserto en la pared tubárica. Fenómenos fisiológicos como la deglución y bostezo producen una abertura de la trompa, de este modo sólo se pueden producir diferencias entre 0.5 y 4.0 mm Hg entre caja timpánica y medio ambiente. Si el mecanismo muscular falla en lograr la abertura tubárica se pueden producir diferencias mayores y sólo cuando existan diferencias entre 20 y 40 mmHg se logrará la abertura mediante una maniobra de Valsalva. El cierre total o parcial de la trompa de Eustaquio produce una reabsorción y pérdida del contenido aéreo de la caja y cavidades, esto provoca una presión negativa y posteriormente el derrame de líquido a la cavidad. La trompa cumple además una función de drenaje y protección de la caja timpánica, la mucosa ciliada elimina la secreción en dirección a la rinofaringe a través de la trompa y existe en la caja lisosomas e inmunoglobulinas (IgA), las que constituyen un mecanismo activo de defensa.

Para la adecuada transmisión del sonido, la platina del estribo moviliza la peri linfa del vestíbulo, la cual se conecta con la rampa vestibular y ella con la rampa timpánica a través del helicotrema. La rampa timpánica moviliza la membrana de la ventana redonda (llamada también tímpano secundario) en sentido inverso de la platina del estribo en la ventana oval. A este movimiento de las ventanas oval y redonda se le llama juego de ventanas. (22)

### 3. Oído interno:

El receptor auditivo, u órgano de Corti, realiza la transducción mecano eléctrica que convierte la onda sonora en un mensaje neural que, a través de las fibras nerviosas de la vía auditiva, llegara a la corteza cerebral, para estos procesos

dispone de sistemas mecánicos y mecano eléctricos que realizan su función en un ambiente iónico muy especial llamado endolinfa

Como es de interés entender el funcionamiento del órgano de la audición se detallara la composición anatómica de la región coclear, la cual se divide en cóclea ósea y cóclea membranosa:

#### Cóclea ósea

La cóclea ósea situada, en el ser humano, en el espesor del peñasco del hueso temporal, está constituida por un tubo enrollado en espiral en torno a un eje óseo denominado modiol. La base coclear es el inicio del conducto auditivo interno, en cuyo interior se encuentra el nervio auditivo, éste entra en la cóclea en el centro del modiol y se dirige desde el centro a todas las espiras alcanzando el órgano de Corti y se conoce con el nombre de ganglio espiral.

#### Cóclea membranosa

En el interior de las espiras cocleares se observa una división por dos membranas llamadas membrana de Reissner y membrana Basilar, que delimitan 3 espacios, uno central endolinfático, que es el conducto coclear, en el cual se encuentra el órgano de Corti, y dos espacios perilinfáticos a ambos lados del anterior llamados la rampa vestibular y la rampa timpánica

*La membrana basilar* es una estructura fibrilar que sirve de soporte al órgano de Corti, es una estructura que presenta un cambio gradual de dimensiones, aumentando progresivamente su ancho y grosor desde la base hasta el ápex de la cóclea, en la base mide 100  $\mu$ m y en el ápex 500  $\mu$ m, lo cual permite la función de analizador de frecuencias, al poder disminuir notoriamente su rigidez desde la base hasta el ápice. Los desplazamientos de la membrana basilar hacen que las células ciliadas se muevan con relación a la membrana Tectoria y, como resultado, sean excitadas o inhibidas dependiendo de la dirección del movimiento.

*La membrana de Reissner* recibe también el nombre de membrana vestibular la cual separa el conducto coclear de la rampa vestibular, laberinto superior.

*La membrana Tectoria* es una capa de consistencia mucosa que se asienta sobre la membrana reticular del órgano de Corti, imparte fuerza para el desplazamiento horizontal de los cilios

*La estría vascular* conformada por varias capas de células capilares y numerosos capilares provenientes del ligamento, es de donde esencialmente se produce la endolinfa, conforma la cara externa del conducto coclear junto con el ligamento espiral.

*La endolinfa* es líquido transparente y viscoso que llena tanto la región posterior o vestibular del oído, utrículo y sáculo, y el conducto coclear, difiere químicamente de la perilinfa en composición electrolítica manteniendo una diferencia de potencial a través de la membrana vestibular. La endolinfa, a diferencia de otros líquidos extracelulares del organismo, tiene un alto contenido relativo de  $K^+$  y muy baja concentración de  $Na^+$  y de  $Ca^{2+}$ ; en contraste, la perilinfa tiene una composición

semejante a la del medio extracelular, esto es; una baja concentración relativa de  $K^+$  y altas concentraciones de  $Na^+$  y  $Ca^{2+}$ .

*El órgano de Corti* a su vez cuenta con tres tipos de células: a) pilares internos y externos que conforman la estructura ; b) las células falángicas, son las células de sostén para las células ciliadas; c) las células ciliadas, que son células neuroepiteliales que reciben una rica inervación de las células del ganglio espiral y estas a su vez se clasifican como células ciliadas internas y células ciliadas externas, siendo en mayor número éstas últimas con cifras de 13.400 células ciliadas externas versus 3.400 células ciliadas internas. Las células ciliadas tienen un penacho de cilios que sobresale de la superficie de la lámina reticular y queda incluido en la membrana Tectoria.

*Ganglio espiral*: ubicado en la lámina de la espiral ósea, la ramificación periférica de sus células neuronales entra en contacto con las células ciliadas directamente o después de recorrer avanzando, en medio de las células falángicas internas y externas del órgano de Corti, de tal forma que una célula ciliada puede llegar a recibir contacto hasta de tres neuronas del ganglio. Las ramificaciones centrales de las neuronas del ganglio salen a través del fondo del conducto auditivo interno.

#### 4. Nervio vestíbulo coclear:

La cóclea de los mamíferos cuenta con fibras nerviosas a) aferentes, que van al tronco cerebral por el nervio auditivo, b) eferentes que provienen de núcleos olivares por el fascículo de Rasmussen y c) simpáticas, que llegan desde los ganglios cervicales.

Las células ciliadas internas y células ciliadas externas están inervadas por fibras procedentes de las neuronas del ganglio de Corti y envían su axón a los núcleos cocleares del tronco cerebral formando el nervio auditivo (VIII) par, es así como podríamos definir las sinapsis de los grupos neuronales así:

*Primera neurona*: Tiene su cuerpo celular en el ganglio espiral o de Corti, su prolongación periférica viene desde la base de las células ciliadas, especialmente de las internas. La prolongación central llega a hacer sinapsis con las neuronas de los núcleos cocleares del bulbo.

*Segunda neurona*: Tiene su cuerpo celular en los núcleos dorsal y ventrodorsal auditivos, algunas células envían sus prolongaciones ipsi y contra laterales a través de la cinta de Reil.

*Tercera neurona*: Cada colículo inferior está recibiendo información ipsi y contra lateral. Las neuronas de los colículos inferiores se conectan con los cuerpos geniculados mediales ipsi y contra lateralmente.

*Cuarta neurona*: Desde el cuerpo geniculado medial salen conexiones, a través del lemnisco lateral hacia la corteza cerebral. Cada hemisferio está recibiendo suficiente información de ambos oídos de forma tal que la supresión de un hemisferio no lesiona gravemente las principales funciones auditivas de una persona.

*Quinta neurona:* Son las que están en la corteza cerebral. (23)

Para entender el funcionamiento de la audición se debe tener en cuenta que la transmisión de las vibraciones sonoras llega al oído interno a través del tímpano y la cadena de huesecillos, así como directamente a través de los huesos del cráneo, que pueden llevar las vibraciones hasta los espacios perilinfáticos con efecto en la membrana basilar, conocida esta última forma como la transmisión ósea de los sonidos. La señal sonora amplificada mecánicamente llega al órgano de Corti en el cual las diferentes partes o segmentos originan diferentes sonidos y la estimulación de cada segmento se hace selectivamente de acuerdo a los mismos, este mecanismo ha sido relacionado con desplazamientos diferenciales en los distintos segmentos de la membrana basal, ya que, aunque se mueve toda su longitud, la amplitud mayor del movimiento es selectiva según la frecuencia del estímulo, así, si el estímulo es una frecuencia alta, la amplitud mayor de la onda se encuentra en la base de la cóclea, y si es baja en el ápice, así los sonidos de alta frecuencia solo producen vibraciones en la membrana basilar en las vecindades de la ventana oval, mientras que los sonidos de menor intensidad producen el desplazamiento de toda la membrana hasta su vértice. Las vibraciones de la membrana basal, transmitidas al órgano de Corti, originan desplazamientos de los cilios de las células ciliadas, que están en contacto con la membrana Tectoria dando origen al estímulo nervioso; la señal sonora inicialmente mecánica es traducida a señales nerviosas. Las células ciliadas las cuales transmiten su excitación a través de sinapsis químicas a los axones sensoriales de las neuronas auditivas, que tienen localizados sus somas en el ganglio espiral, la liberación de neurotransmisor por parte de las células ciliadas modula la frecuencia de descarga de los axones, que viajan por el nervio vestibulococlear, el VIII par craneal, estableciendo sinapsis con las neuronas del núcleo coclear.

Entre los fenómenos eléctricos relacionados con el origen del impulso se resaltan: los potenciales endococleares, potenciales microfónicos y potenciales del nervio coclear. Se ha denominado potencial endococlear la diferencias de concentración iónica entre perilinfa (Na 154, K 3, Cl 128, Ca<sup>++</sup> 1-2) y en endolinfa (Na 1, K 161, Cl 131, Ca<sup>++</sup> 0.03) que determinan una tendencia constante de los iones a moverse de un sitio al otro, generando una diferencia de potencial eléctrico entre ambos compartimentos, este potencial es de alrededor de +80 mV, el cual es fundamental para los fenómenos de mecano transducción. Se sabe que la alta concentración de K<sup>+</sup> endolinfático es una condición esencial para mantener la notable sensibilidad del proceso de transducción, cuya hipótesis plantea que las uniones de cilios en dirección al estereocilio de mayor tamaño aumenta la tensión de las uniones de punta y, que en el extremo de dichas uniones hay canales iónicos mecanosensibles –o canales mecano transductores– que se activan por la tracción que ejerce la unión de punta cuando los estereocilios se desplazan en



dirección a los más grandes consecuentemente, se abren los canales mecano transductores, despolarizando a la célula. Con lo cual se produce un cambio de potencial eléctrico en la célula sensorial el cual, a su vez, determina la liberación del neurotransmisor aferente del tipo del glutamato para la subsecuente activación de las neuronas del ganglio espiral que constituyen la vía auditiva aferente parte del octavo par craneal.

Paralelamente a lo que ocurre en la región apical de la célula ciliada en la región basolateral de la célula, se abren canales iónicos de potasio sensibles al voltaje, permitiendo que la célula se repolariza retornando al nivel de reposo. Se produce un estímulo inhibitorio, en el que los cilios se dirigen en dirección contraria al de mayor tamaño, los canales mecano transductores se cierran y la célula se hiperpolariza, disminuyendo la permeabilidad basolateral al potasio con lo que el potencial de membrana de la célula retorna a los niveles de reposo, fenómeno que ha sido identificado como *potenciales microfónicos cocleares*. La homeostasis del líquido endolinfático para producir un flujo neto de  $K^+$  de la perilinfa a la endolinfa en contra de su gradiente de concentración es sumamente compleja y se encuentra sujeta a una fina regulación, donde interesa la integridad de las células marginales de la estría vascular, la acción conjunta de la ATPasa de  $Na^+ - K^+$ , del cotransportador  $Na^+ - K^+ - 2Cl^-$ , a la presencia de canales de potasio rectificantes activados por ATP, y la participación del sistema nervioso simpático y parasimpático. La endolinfa se desplaza produciendo una onda que se propaga a lo largo de la membrana basilar, conformando la onda viajera (llamada así por Von Bekésy), en una región específica, esta onda tiene un máximo en su amplitud que depende de la frecuencia del sonido y posteriormente tiende a disminuir rápidamente hacia el ápex de la cóclea(23,24).

### **EFFECTOS FISIOPATOLÓGICOS DEL RUIDO SOBRE LA AUDICIÓN**

Existen varias teorías sobre las causas que generan la pérdida auditiva debido a la exposición al ruido: a) la teoría del microtrauma la cual expone que los picos del nivel de presión sonora de un ruido constante, conducen a la pérdida progresiva de células con la consecuente eliminación de neuroepitelio en proporciones crecientes; b) la teoría bioquímica expone como la alteración homeóstasis e cambios vasculares pueden llevar a disminución de la presión de  $O_2$  en el conducto coclear, disminución de los ácidos nucleicos de las células, disminución del Glucógeno, ATP, etc., con agotamiento de metabolitos y la lisis celular; c) teoría de la conducción del calcio intracelular debido a que se han encontrado que las alteraciones o distorsiones que sufre la onda de propagación del calcio intracelular en las neuronas son debidas a cambios en los canales del calcio, ésto pudiera explicar algunas de las alteraciones neurológicas que se presentan durante la exposición a ruido. Los mecanismos anteriores no son puros y se cree que es una combinación de ellos la que lleva ante la cronicidad de la exposición al daño auditivo con la presencia de lesiones que en principio solo son detectables en un registro audiométrico en la banda de los 4000 Hz, pero si la intensidad y/o el

tiempo son suficientes se producirá un daño en los niveles conversacionales que causaran la afectación sintomática de la enfermedad.

Existe además un mecanismo de daño auditivo mediado por macrotrauma relacionado con los niveles de ruidos extraordinariamente altos, como son los que se alcanzan en una explosión o en un disparo de arma de fuego, puede ocasionar daños inmediatos debido a que la onda expansiva que se produce es transmitida a través del aire y genera una fuerza capaz de destruir estructuras como el tímpano y la cadena de huesecillos.

Las alteraciones ocasionadas en el oído se denominan efectos auditivos y tienen como consecuencia principal la pérdida de la audición, que puede llegar a ser permanente e inclusive ocasionar sordera, pero también se pueden encontrar otro tipo de alteraciones, las cuales se describen más adelante:

1. Pérdida de audición temporal: Tras la exposición a un nivel de ruido elevado, se experimenta un desplazamiento del umbral de la audición, se conoce también como cansancio o fatiga auditiva y afecta a las frecuencias más próximas a las del ruido expuesto (generalmente son las más altas). En este caso no hay lesión orgánica.

La recuperación del umbral dependerá de la intensidad del ruido recibido (a mayor intensidad más lenta la recuperación), el tiempo de exposición (entre más larga, más lenta su recuperación) y las frecuencias afectadas (el compromiso de los 4000 Hz lleva a una recuperación más lenta).

Esta pérdida corresponde al déficit auditivo causado por la exposición prolongada al ruido durante el ambiente laboral; el grado de riesgo se establece después de estar expuestas ocho horas diarias a 80 dB, según lo evidenciado en la guía de atención integral para HNIR del ministerio

2. Pérdida de audición permanente: El efecto más pernicioso de la exposición a altos niveles de ruido es sin duda la pérdida de audición permanente, que se denomina trauma acústico cuando no afecta a las frecuencias conversacionales, e hipoacusia por ruido cuando estas llegan a estar afectadas.

Cuando se repiten las exposiciones a niveles elevados de ruido, la recuperación del umbral auditivo normal va siendo cada vez más limitada. Las células de la cóclea se van deteriorando progresivamente, perdiendo la capacidad para generar estímulos nerviosos. Al principio, como solo unas pocas células han llegado a destruirse, el cerebro no tiene dificultad para interpretar los sonidos, las primeras células afectadas corresponden a las frecuencias situadas en torno a los 4000 Hz y los 40 dB.

En la hipoacusia por ruido, a medida que se van dañando nuevas células se van viendo afectadas otras frecuencias, por lo que la información que alcanza el cerebro llega a ser insuficiente y cada vez es más difícil para la persona seguir la conversación. Una vez alcanza las frecuencias conversacionales, entre 500 y 2000 Hz, se hace imposible la interpretación

de la palabra, y es entonces cuando se adquiere conciencia de la verdadera importancia de la lesión, si bien, llegado este punto ya no hay solución, pues las células dañadas no se regeneran.

Hay evidencia de que a mayor nivel de ruido y tiempo de exposición, aumenta el riesgo de pérdida auditiva; La NIOSH (1998), al reanalizar los datos de la encuesta nacional de audición y ruido ocupacional de los Estados Unidos estimó los riesgos en un modelo que valoró las pérdidas auditivas en 1.000, 2.000, 3.000 y 4.000 Hz usando como criterio de pérdida un umbral mayor de 25 dB. Los datos muestran que a cualquier nivel de ruido, el daño auditivo se aumenta con la edad y/o el tiempo de exposición. También se documenta que el riesgo mayor se encuentra en los niveles más altos de exposición, y se detecta un muy pequeño incremento del riesgo en el grupo de trabajadores expuestos a 80 – 84 dB, versus el grupo cuya exposición era menor de 80 dB (ver la siguiente tabla):

Riesgo en exceso (%) estimado para daño auditivo (>25 dB) por edad y duración de la exposición.

Exposición diaria promedio (dB A)	Exceso de riesgo (%)				
	Edad < 30	30 – 39	40 – 49	50 – 59	60 o mas
	5 – 10 años de exposición	> 10 años de exposición			
95	19.5	24.0	31.0	38.0	38.3
90	5.4	10.3	17.5	24.1	24.7
85	1.4	2.3	4.3	6.7	7.9
80	0.2	0.3	0.6	1.0	1.3

La característica más importante de la hipoacusia por ruido es que se trata de un daño irreversible, pero que se puede estabilizar si el trabajador deja de estar en contacto con la fuente o estímulo. Para la definición del grado de hipoacusia se tiene en cuenta el promedio de tonos puros y para el caso de seguimientos ocupacionales se aplica lo recomendado en la Gatiso HNIR de las frecuencias de 1000, 2000 y 4000.

Grado de hipoacusia	Umbral de audición	Déficit auditivo
Audición normal	0 – 25 dB	
Hipoacusia leve	25 – 40 dB	Dificultad en la conversación a voz baja o a distancia

Hipoacusia moderada	40 – 55 dB	Conversación posible a 1 o 1.5 mt
Hipoacusia marcada	55 – 70 dB	Requiere conversación en voz alta
Hipoacusia severa	70 – 90 dB	Voz alta y a 30 cm
Hipoacusia profunda	> 90 Db	Escucha sonidos muy fuertes, pero no puede utilizar los sonidos como medio de comunicación.

Una vez se producen lesiones, la sintomatología que presenta el trabajador pasa por diferentes etapas:

- Durante el estadio inicial se producen acúfenos al final del día, astenia psíquica y en la audiometría se demuestra una pérdida de sensibilidad auditiva a la frecuencia de 4000 Hz.
- Con una mayor exposición, la pérdida se incrementa a frecuencias próximas a 4000 Hz y la persona refiere algún tipo de problema comunicativo.
- En etapas avanzadas, la pérdida alcanza las frecuencias más bajas con una clara repercusión en la comunicación auditivo-verbal.

La hipoacusia inducida por ruido ocupacional se caracteriza por ser principalmente neurosensorial, afectando las células ciliadas del oído interno, casi siempre es bilateral y simétrica. Una vez que la exposición a ruido cesa, no se observa progresión adicional de la pérdida.

#### **EFFECTOS NO AUDITIVOS POR RUIDO:**

Además de los efectos auditivos inducidos por ruido, existen estudios que relacionan otros efectos no localizados en el órgano de la audición, que se denominan efectos no auditivos, como los que se exponen a continuación.

Se puede entender como “daño extra auditivo” los efectos sobre órganos y aparatos controlados por el sistema nervioso autónomo, en función tanto de la diversidad de potencias sonoras como de los diversos tipos de ruido. Estos representan un estímulo anormal al que el organismo responde con un mecanismo de defensa, el cual es de tipo inespecífico y que se denomina “síndrome de adaptación”, que es una respuesta a un estímulo estresante, la cual se transmite por las células nerviosas mediante la transformación en impulsos eléctricos hasta alcanzar el área acústica de la corteza del lóbulo temporal. En este trayecto, las fibras nerviosas establecen numerosas conexiones con los núcleos de los nervios craneanos y con los de la sustancia reticular activadora. Dicha sustancia se conecta con la corteza cerebral estimulándola y con los centros neurovegetativos, para predisponer al organismo a activar las respuestas al estímulo sonoro. Se produce entonces un estado de alerta y vigilancia, efectos mediados por la vía humoral, por el sistema hipotálamo-hipófisis-suprarrenal y por la vía nerviosa por

el sistema simpático. Entre las múltiples respuestas que se presentan podemos resaltar:

Efectos extrauditivos del ruido	
Sistema afectado	Efecto
Sistema nervioso central	Hiperreflexia (25) Alteraciones en el ECG Tendencia a las conductas agresivas Alteración en el patrón del sueño (26) Dificultad para la concentración Aumento del estrés
Sistema nervioso autónomo	Dilatación pupilar
Aparato cardiovascular	Alteraciones de la frecuencia cardíaca Aumento en la presión arterial (con niveles superiores a 85 dB) Alteraciones en el ritmo cardíaco Aumenta el riesgo coronario (angina – IAM) Vasoconstricción periférica ( se inicia con 70 dB y es proporcional al estímulo sonoro)
Aparato digestivo	Alteraciones de la secreción gastrointestinal Aumento en la motilidad intestinal Aumenta la incidencia de úlcera péptica (con niveles mayores a 90 dB aumenta la hipersecreción gástrica y la hipermotilidad)
Sistema endocrino	Aumento del cortisol(26) Aumento en la secreción de adrenalina Aumento en los niveles séricos de lípidos, glucosa y ácido úrico
Aparato respiratorio	Alteraciones del epitelio respiratorio (27)
Aparato reproductor - gestación	Alteraciones menstruales Alteraciones en la termodinámica útero-placentaria (favorece el desprendimiento de la placenta) Bajo peso al nacer Prematurez Riesgos auditivos en el feto Alteraciones en el sistema sensorial del feto
Órgano de la visión	Estrechamiento del campo visual Problemas de acomodación Disminución en el sentido de profundidad Deterioro de la visión nocturna
Aparato vestibular	Vértigo Nistagmos
Aparato fonatorio	Disfonías disfuncionales
Sistema inmune	Estados de inmunosupresión

Entre los efectos a corto plazo que presentan mayor relevancia por alterar la capacidad laboral de un trabajador se encuentran: (28)

- Dificultad para la comunicación hablada: Dentro de los efectos no auditivos del ruido, quizá el más inmediato sea la dificultad para la comunicación hablada que existe en los ambientes ruidosos. Los altos niveles de ruido generados por las máquinas y los procesos productivos obstaculizan en muchos casos la comprensión de los mensajes verbales en los puestos de trabajo.  
La presencia de ruido de fondo puede dificultar la comprensión de un mensaje oral, lo que repercute en la propia seguridad del trabajador y en el proceso productivo. Además, la presencia inesperada de un ruido de fuerte intensidad puede causar distracciones o movimientos bruscos que incrementan la inseguridad.
- Dificultad para concentrarse: La realización de trabajos que requiere un esfuerzo mental importante se ve más afectada por los entornos ruidosos que aquellos otros más sencillos y rutinarios. Los trabajos mentales complejos se desarrollan mejor cuanto más bajo sea el nivel de ruido ambiente.
- Molestias: La sensibilidad de las personas al ruido varía mucho de unas a otras, por lo que no es posible establecer niveles de ruido precisos a partir de los cuales pueden aparecer las molestias. No obstante, se puede afirmar que a niveles inferiores a 40 dB no es de esperar que haya trabajadores que las experimenten; a partir de 60 dB cada vez serán más las personas que consideren el ruido molesto y capaz de interferir con su trabajo; superados los 80 dB todos los trabajadores consideraran el ruido muy molesto. Se produce un estado de irritación y puede ser origen de fatiga y de disminuir la eficacia en el trabajo.
- Disminución del rendimiento: Las características físicas del ruido con más influencia sobre el rendimiento son su nivel y su frecuencia, pero quizás es mayor todavía el efecto del ritmo con el que se repiten los sonidos. La realización de trabajos sencillos y repetitivos tiende a acomodarse al ritmo del ruido del ambiente, esto puede llegar a ser un peligro para el propio trabajador cuando el ritmo no es adecuado a la tarea que se desarrolla.
- Aumento de los accidentes de trabajo: Si bien no hay estudios que permitan determinar una relación causa efecto entre el ruido y los accidentes de trabajo, parece claro que los efectos del ruido, hasta aquí expuestos, tiene una repercusión más o menos directa sobre la posibilidad de sufrir un accidente.

### **PRUEBAS DIAGNOSTICAS DE VALORACION AUDITIVA:**

Antes de iniciar las pruebas de función auditiva se debe recordar la importancia de realizar una historia clínica ocupacional completa con énfasis en la integralidad de la audición y en los factores de riesgo relacionados con las diferentes patologías auditivas que se pueden presentar, se debe iniciar con una anamnesis adecuada que incluya los posibles síntomas alusivos a compromiso auditivo temprano, los

antecedentes personales de exposiciones a ruido o factores de riesgo que aumenten su predisposición y la presencia de patologías auditivas previas; en el examen físico se debe explorar el pabellón auricular y realizar una adecuada otoscopia para la evaluación de conducto auditivo externo y la membrana timpánica, además se debe incluir la realización de pruebas clínicas como las usadas para el diagnóstico de vértigo, las pruebas de Weber y Rinne (descritas a continuación), entre otras.

Pruebas clínicas: Las pruebas clínicas se realizan mediante el uso de diapasones, se pueden hacer en el consultorio y son de tipo subjetivo ya que requieren de la colaboración del entrevistado, complementan en la actualidad la audiometría y sirven para determinar la localización del daño. Son ellas:

- *Prueba de Weber:* La prueba consiste en producir la estimulación simultánea de ambas cócleas por vía ósea colocando el diapasón en la línea media del cráneo (29), en los huesos propios nasales o incisivos superiores y se evalúa hacia qué lado escucha mejor, con audición normal y en la hipoacusia neurosensorial simétrica el sonido no se lateraliza; en las hipoacusias de conducción el sonido se lateraliza hacia el lado con patología, en la hipoacusia neurosensorial no simétrica la lateralización es hacia el oído más sano.
- *Prueba de Rinne:* Compara la vía aérea de un oído con la vía ósea, comprobando si el paciente oye mejor el diapasón delante del conducto auditivo (vía aérea) que en la zona mastoidea (vía ósea) (29). Se comienza colocando el diapasón en zona mastoidea advirtiéndole al individuo que haga una señal cuando deje de oírlo para colocarlo inmediatamente después frente al pabellón auricular, se considera RINNE positivo (+) cuando al dejar de oír en mastoides y pasarlo al frente del pabellón auricular se continúa escuchando el diapasón, esto ocurre en la audición normal y la hipoacusia neurosensorial simétrica; y se considera RINNE negativo (-) cuando al dejarlo de escuchar en la vía ósea y pasarlo a la vía aérea no se escucha nada, esto ocurre en las hipoacusias de conducción.
- Otra prueba realizada con los diapasones es la *prueba de Schwabach*, que consiste en comparar la capacidad de audición del paciente y la de un examinador con audición normal, por conducción ósea aplicando el diapasón en el vertex del paciente hasta que deja de oírlo y de forma inmediata el examinador se lo coloca en su vertex si el examinador oye, se habla de un schwabach corto y orienta a una sordera neurosensorial, en el caso contrario se describe como schwabach largo y orienta a una hipoacusia de tipo conductivo (30).
- También existe otra prueba llamada *Prueba de oclusión de Bing* la cual es muy sensible para el diagnóstico de hipoacusia de transmisión, mucho más que la prueba de Rinne. Para realizar esta prueba acumétrica se coloca el diapason en la mastoides e inmediatamente después ocluiremos el

conducto auditivo externo haciendo una presión en el trago, pudiendo ocurrir: Que perciba el diapasón más fuerte, siendo el caso de una audición normal o una hipoacusia neurosensorial, Que no perciba ningún cambio, lo cual ocurre en las hipoacusias de conducción (31).

#### Pruebas paraclínicas:

- *Audiometría:* Es la prueba estándar para evaluar y realizar seguimiento a los trabajadores. Existen varios tipos, pero la más usada tanto en Medicina general como en Laboral, es la audiometría tonal o de tonos puros, la cual consiste en una técnica de exploración que permite cuantificar la pérdida de la audición de una persona a diferentes frecuencias e intensidades. (20, 32) Es una prueba dependiente del examinado, sus respuestas serán muy confiable e indicativas de la verdadera capacidad auditiva, siempre y cuando no estén de por medio los errores en la realización de la prueba y el interés en manipular los resultados. (20)

Este procedimiento consiste en determinar el umbral auditivo que corresponde a cada frecuencia, enviando al oído de la persona explorada un tono puro, generado por medio de un audiómetro, cuya intensidad se puede variar a voluntad del explorador. Las audiometrías pueden llevarse a cabo por vía aérea o vía ósea. En la valoración de la vía aérea los sonidos generados llegan al oído de la persona examinada por medio de auriculares, estos sonidos hacen vibrar el tímpano a través de la cadena de huesecillos transmitiendo la vibración a la ventana oval y posteriormente al órgano de Corti, donde se encuentran las terminaciones nerviosas. Se recomienda en la vía aérea el registro de los umbrales a las frecuencias de 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 y 8.000 Hz. (20, 32). En la audiometría por vía ósea el sonido generado por el audiómetro llega a la persona a través de un vibrador que se coloca en el hueso temporal y se recomienda realizar el registro de los umbrales a las frecuencias de 250, 500, 1.000, 2.000, 3.000 y 4.000 Hz. (20, 32)

Debe ir precedida de la otoscopia, en la cual se verificará que la luz del conducto auditivo externo no se encuentre obstruida por la presencia de cerumen o elementos extraños. La presencia de una obstrucción mayor del 50% indica la extracción del tapón de cerumen antes de proceder a la toma de la audiometría. (20)

Para graficar las audiometrías se utiliza el Monigote de fowler el cual maneja las siguientes convenciones:



Figura numero 1. Monigote de fowler

Convenciones utilizadas en la audiometría		
	Via aerea	Via osea
Oido derecho (ROJO)	O	<
Oido izquierdo (AZUL)	X	>
	Linea continua	Linea punteada

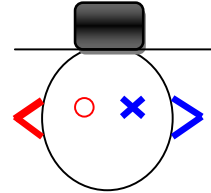


Figura numero 2. Audiometría normal.

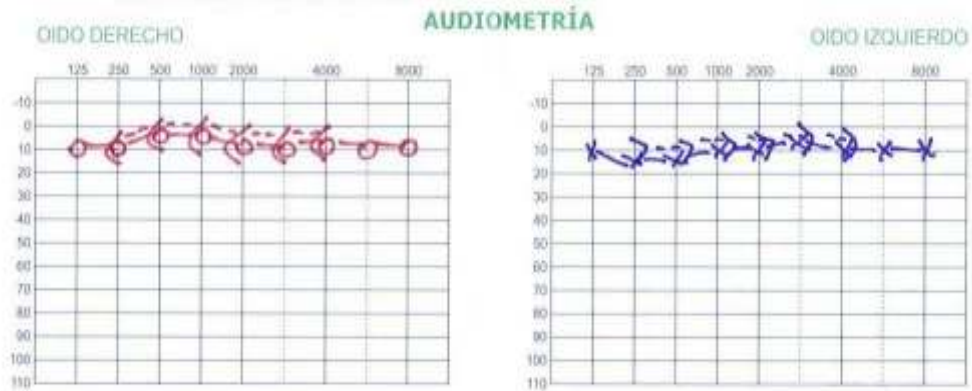
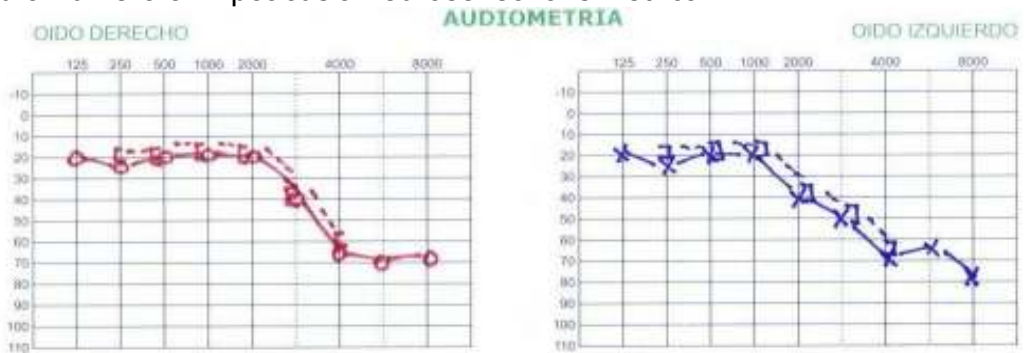


Figura numero 3. Hipoacusia neurosensorial simétrica



Se busca inicialmente el umbral auditivo que corresponde a la menor intensidad a la cual el oído escucha el 50% de las veces y debe estar entre 0-20 dB en personas sanas (33).

En medicina laboral es importante vigilar cualquier descenso mayor a 15 dB en cualquier frecuencia con respecto a la audiometría basal (audiometría de ingreso) , es de anotar que lo esperado en una audiometría normal es que todos los tonos están entre 0 y 20 dB's en todas las frecuencias, con curvas ósea y aérea superpuestas, se sospecha hipoacusia neurosensorial pura si hay un descenso superpuesto de la vía ósea y vía aérea con respecto al umbral y en especial, si dicho escotoma se encuentra en los 4000 Hz lo que es característico de un traumatismo sonoro.

Curva de evaluación audiometrica en exposición a ruido:

Desde un punto de vista conductual y para su mejor comprensión y adecuado seguimiento audiológico la Hipoacusia Inducida por Ruido (HIR) se puede dividir en cuatro fases o etapas basándonos en las clasificaciones de Azoy y Maduro (34):

- Fase I (de instalación de un déficit permanente): Antes de la instauración de una HIR irreversible se produce un incremento del umbral de aproximadamente 30-40 dB en la frecuencia 4 kHz. Esta fase tiene como característica que el cese de la exposición al ruido puede revertir el daño al cabo de los pocos días.
- Fase II (de latencia): Se produce después un periodo de latencia donde el déficit en los 4 kHz se mantiene estable, ampliándose a las frecuencias vecinas en menor intensidad e incrementándose el umbral entre 40-50 dB, sin comprometer aun la comprensión de la palabra pero ya no hay reversibilidad del daño auditivo. Su descubrimiento reviste importancia en lo concerniente a la profilaxis.
- Fase III (de latencia subtotal): Existe no solo afectación de la frecuencia 4 kHz sino también de las frecuencias vecinas, se produce un incremento del umbral entre 70-80 dB, acarreado por ende la incapacidad en la comprensión de la palabra.
- Fase IV (Terminal o hipoacusia manifiesta): Déficit auditivo vasto, que afecta todas las frecuencias agudas, con compromiso de frecuencias graves y un incremento del umbral a 80 dB o más.

La gráfica obtenida tras realizar una audiometría, permitirá:

- a. Valorar si la audición es normal o si existe una hipoacusia
- b. Conociendo el umbral de audición, valorar si la hipoacusia es leve, moderada o severa.
- c. Hacer un diagnóstico etiológico y topográfico de la causa de la hipoacusia
- d. Valoración evolutiva de la hipoacusia y orientación terapéutica
- e. Peritación de la hipoacusia desde el punto de vista de salud laboral (GATI-HNIR).

Existen pruebas realizadas dentro de la audiometría que son complementarias a la medición de los umbrales auditivos y que nos permiten orientar la etiología,

pudiendo sugerir si la pérdida neurosensorial presenta una afectación coclear o del nervio auditivo.

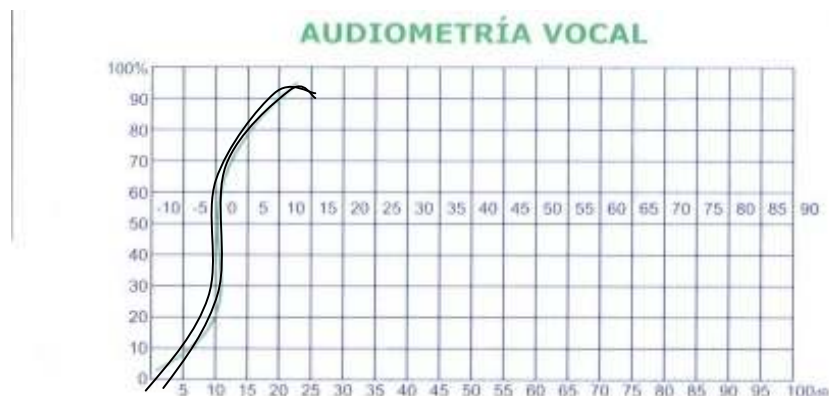
También es importante tener en cuenta el umbral de discomfort auditivo, que es el umbral al cual el oído empieza a percibir una sensación desagradable con un sonido intenso. Un oído que recluta tendrá un umbral de discomfort auditivo a menores intensidades sonoras, mientras que en una lesión neural este umbral puede incluso no existir

Paralelo a la audiometría se pueden realizar pruebas complementarias que incluyen:

A. Logo audiometría: En esta prueba, en lugar de utilizar tonos puros como estímulo se emplean determinadas palabras, elegidas por sus características fonéticas, que se ofrecen como estímulo a intensidades crecientes sobre el umbral de audición.

Los parámetros que son necesarios valorar en una logo-audiometría son cuatro: Umbral de detectabilidad de la voz (normalmente aparece alrededor de los 5 dB, capta solo murmullos), umbral de inteligibilidad (nivel sonoro en que se distingue el 50% de las palabras, esta en los 15 dB), umbral de discriminación máxima (nivel sonoro en el que se diferencia el máximo porcentaje de palabras emitidas) y porcentaje de discriminación máxima (corresponde al porcentaje de palabras correctamente detectadas de 25-40 dB por encima del umbral de inteligibilidad) (35).

Figura numero 4. Logo-audiometría normal

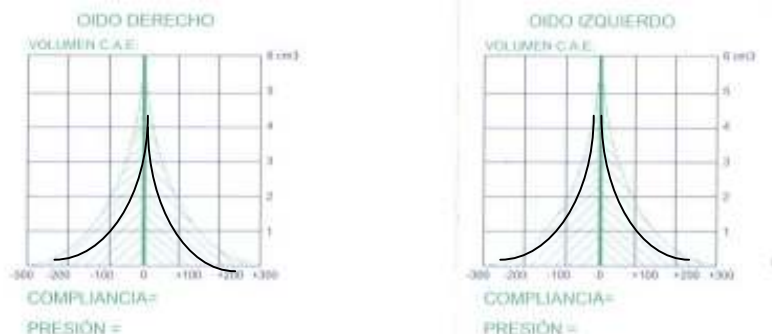


El trazo grueso a la izquierda de la gráfica el parámetro de normalidad y paralelo a su derecha los trazos de ambos oídos, siempre con círculos el oído derecho y con cruces el izquierdo. Como se ve las curvas de ambos oídos ascienden hasta alcanzar el 100% de audición. En las coordenadas en la abscisa x se encuentran los dB o intensidad del sonido medida en decibeles. En la ordenada se encuentra el porcentaje de palabras discriminadas por el paciente.

El audiograma obtenido al representar las logaudiometrías verbales de individuos con audición normal muestra una forma de «S» inclinada hacia la derecha; En las hipoacusias de transmisión se establece una curva de las mismas características, pero desplazada hacia la derecha según el umbral de audición que presente el paciente. Así, si el umbral de audición es de 20 dB, a los 25 dB capta sólo murmullos sin entender ninguna palabra [umbral de detectabilidad de la voz], a los 35 dB distingue un 50% de las palabras (umbral de inteligibilidad] y a los 45 dB oye el 100% de las palabras [umbral de máxima discriminación], también puede observarse un fenómeno llamado reclutamiento en el cual hay un aumento anómalo en la percepción del volumen o en la capacidad para oír sonidos intensos a pesar de la pérdida auditiva (34), en las hipoacusias neurosensoriales con reclutamiento, debido a este fenómeno, la curva es completamente diferente. Así, si el umbral de audición es de 40 dB el de detectabilidad está en 45 dB y el de inteligibilidad en 55 dB, es decir, hasta aquí igual que en los casos anteriores; sin embargo, si se sigue incrementando la intensidad puede comprobarse que a 70 dB oye un 70% de las palabras, a 85 dB sólo un 60 % y a 95dB únicamente un 40 %. Es decir, el reclutamiento hace que a partir de cierta intensidad el paciente vaya oyendo menos cantidad de palabras cuanto mayor sea la intensidad con que se emiten.

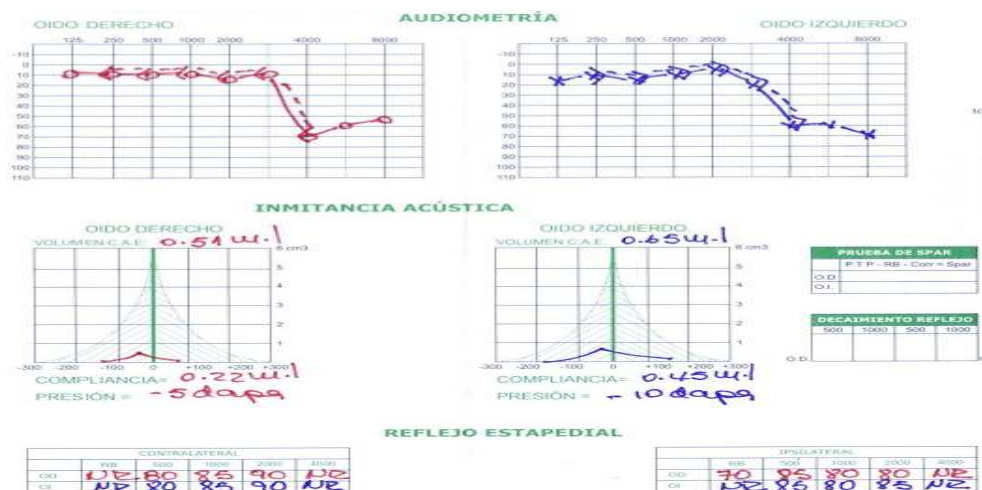
B. Impedanciometria y timpanometria: Es una prueba objetiva que mide la función del oído medio a través de la detección de la movilidad timpánica (membrana y cadena osicular) y el registro de las presiones diferenciales entre el oído medio y el oído externo. Estos datos son registrados en el timpanograma. Este examen se realiza con un aparato electrónico llamado impedanciómetro. Cuando un sonido llega al oído produce el movimiento del aire contenido en el conducto auditivo, membrana timpánica y cadena osicular, no toda la onda se transmite parte de ella se refleja y vuelve a la atmosfera y es captada por el equipo y graficada. Es así que llamamos impedancia a la resistencia que opone el sistema al paso de la onda sonora (36)

Figura numero 5. Impedanciometria normal



C. Reflejo estapedial (acústico): Otra prueba que permite realizar la Impedanciometría es el estudio del reflejo acústico, que consiste en el estudio del arco reflejo auditivo, que comienza en el oído, va a los núcleos centrales y vuelve al oído a través del nervio facial para contraer el músculo del estribo y por tanto de la cadena osicular aumentando su impedancia. Una de las formas de despertar el reflejo es mediante un estímulo acústico de alta intensidad. Este estímulo se puede enviar por el oído contrario al que tiene la sonda del impedanciómetro (estímulo contra-lateral) o por el mismo oído (estímulo ipsilateral). Aunque se está estimulando un oído el reflejo, en condiciones normales, se produce bilateralmente. Al contraerse los músculos intratimpánicos se produce un aumento de la impedancia el cual es detectado por el equipo. Para que la contracción de los músculos se a 80 dB sobre el umbral de audición de la persona examinada... También produzca, en personas normales, la intensidad del estímulo debe ser de 65 se puede objetivar la fatiga auditiva patológica por la fatiga del reflejo acústico. Consiste en provocar el reflejo manteniendo el estímulo durante 10 segundos. Si durante este lapso decrece la magnitud del reflejo en 50% o más en las frecuencias de 500 o 1000 Hz se considera un deterioro positivo del oído que recibe el estímulo. Esto traduce una lesión a nivel del nervio. Finalmente, el reflejo nos indica que el sistema tímpano osicular está móvil (37).

Figura numero 6. Audiometría- timpanometria y reflejo estapedial de un paciente con hipoacusia neurosensorial



Otras pruebas paraclínicas que se pueden realizar incluyen:

- *Otoemisiones acústicas*: Son sonidos generados en el oído interno por el movimiento de las células ciliadas externas como respuesta a un estímulo acústico previo. Su presencia indica que el mecanismo pre neural es capaz de responder al sonido en forma normal. La respuesta que es generada en la cóclea, requiere de un oído medio y externo sanos, capaces de transmitir el sonido emitido al micrófono (38).
- *Potenciales evocados auditivos*: Actividad eléctrica del nervio auditivo producida como respuesta a un estímulo de características específicas enviado a través de transductores, registrado por electrodos, amplificada, promediada y analizada por un computador.

Este examen permite medir mediante electrodos el potencial generado a nivel del tronco cerebral, por un estímulo auditivo, no requiriendo de la participación del paciente es fundamental en el diagnóstico de hipoacusia en pacientes que presentan alteración mental o simulan y no colaboran y como parte del estudio topográfico diagnóstico de hipoacusias neurosensorial.

Los electrodos miden los potenciales generados en los 10 mseg. siguientes al estímulo auditivo, y requiere de un equipo estimulador y de un computador que borra el registro de fondo del cerebro, promedia las respuestas de múltiples estímulos, y los grafica, después de aplicado el estímulo auditivo, se logra graficar alrededor de 5 ondas que corresponden cada una de ellas al estímulo de distintas partes de la vía auditiva. Cada onda tiene una latencia e intensidad propias, siendo la onda V la más importante.

- Onda I (originadas a nivel del nervio auditivo) y II (originadas en núcleos cocleares) reflejan la activación distal y proximal del nervio auditivo.
- Onda III (origen oliva superior) y IV (origen núcleo ventral del lemnisco lateral) reflejan la activación de los núcleos cocleares y el complejo olivar superior.
- Onda V (origen colículo inferior) es la onda más importante y clara del registro y se la atribuye a los potenciales de reacción del tubérculo cuadrigémino posterior o colículo inferior. Su latencia es aproximadamente 5,8 seg., es 5 veces más grande que la onda I.

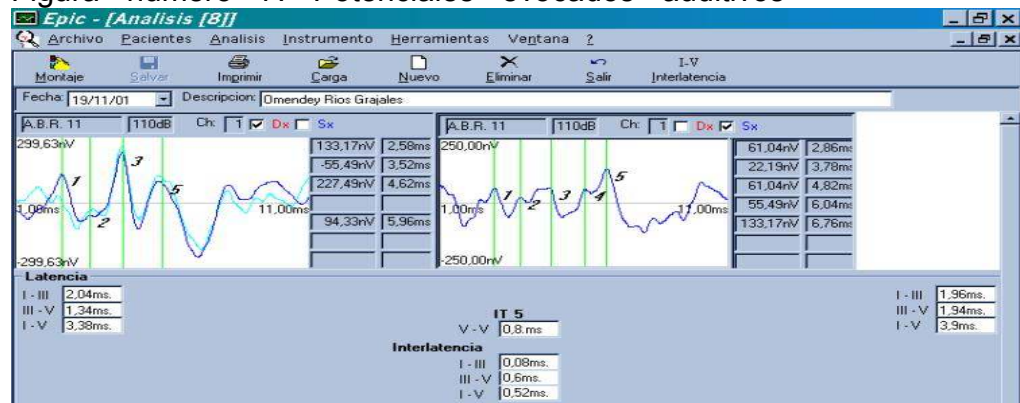
La latencia entre el estímulo y pico de la onda I es aproximadamente 1,6-1,8 mseg y se prolonga en hipoacusias de conducción, Con este examen se obtiene una aproximación del umbral auditivo, que corresponde al mínimo estímulo auditivo con que aparece la onda V. La correlación del umbral del potencial evocado auditivo es aproximadamente a 20 dBs sobre el umbral audiométrico.

El potencial evocado auditivo que muestra ausencia de ondas no implica ausencia de audición, ya que con este examen no se estudian frecuencias graves.

Las ondas VI y VII proceden de la actividad del cuerpo geniculado medial y de las radiaciones acústicas (tálamo corticales) respectivamente. (38)

El sonido provoca una respuesta biológica que es registrada como un potencial evocado.

Figura numero 7. Potenciales evocados auditivos



## CRITERIOS DIAGNÓSTICOS DE HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL POR RUIDO:

La hipoacusia inducida por ruido ocupacional se caracteriza por ser principalmente neurosensorial, afectando las células ciliadas del oído Interno. Casi siempre bilateral, simétrica y casi nunca produce una pérdida profunda. Una vez que la exposición a ruido es discontinuada no se observa progresión adicional por la exposición previa a ruido. La pérdida más temprana se observa en las frecuencias de 3000, 4000 y 6000Hz, siendo mayor usualmente en 4000Hz. Las frecuencias más altas y las bajas tardan mucho más tiempo en verse afectadas. Dadas unas condiciones estables de exposición, las pérdidas en 3000, 4000 y 6000Hz usualmente alcanzan su máximo nivel a los 10 a 15 años y decrece el riesgo de mayor pérdida en la medida en que los umbrales auditivos aumentan (GATI-HNIR). (20)

Se debe tener en cuenta el cuadro clínico con un cuidadoso estudio de toda la información disponible, desde la anamnesis y la exploración clínica y los datos obtenidos en mediciones audiométricas. La anamnesis, no sólo debe incluir información médica y física del sujeto sino también una cuidadosa investigación sobre exposición personal al ruido, uso de medicamentos, consumo de psicoactivos, antecedentes de enfermedades sistémicas, traumatismos craneales o alteraciones genéticas; también síntomas previos tanto auditivos como no auditivos. Se debe tener en cuenta que el examen otoscópico debe ser normal.

Establecer diagnósticos diferenciales con la otosclerosis laberintizada, ciertas hipoacusias hereditarias, la ototoxicidad o la pérdida de audición en las otitis crónicas, pueden tener audiogramas idénticos o bien sumar sus efectos si están presentes los individuos expuestos a ruido.

El diagnóstico de lesión auditiva por exposición a ruido se hará sólo cuando existan razones suficientes en la anamnesis y la exploración. Para establecer el origen laboral de la hipoacusia es necesario concretar, lo más exactamente posible, la exposición profesional actual y anterior, estudiar, el nivel de ruido en el puesto de trabajo.

Algunos de los elementos útiles para establecer la determinación de origen de los cambios de los umbrales auditivos producidos por la exposición a ambientes de ruido son:

- Descartar la presencia de otras alteraciones que expliquen con un alto grado de probabilidad los cambios de los umbrales auditivos presentados.
- Identificar la presencia de desempeño del trabajador en ambientes con ruido en, o por encima de los límites identificados como lesivos para el oído.
- Identificar en el audiograma curvas audiométricas consistentes con las descritas para las pérdidas auditivas inducidas por ruido.
- Haber encontrado una alta probabilidad de relación entre las características de la exposición y de las curvas audiométricas y su progresión, si la hubiere (GATI-HNIR). (20)

Existe otro tipo de hipoacusia relacionada con ruido la cual es reconocida como *Trauma acústico*: el cual se define como la lesión traumática de las estructuras del oído como consecuencia de una agresión acústica única.

### **DIAGNÓSTICOS DIFERENCIALES:**

Existen numerosas causas de hipoacusia, al igual que de hipoacusia neurosensorial diferentes a la inducida por ruido, por ello se hace necesario identificar diagnósticos diferenciales tales como:

- Hipoacusia conductiva: Es aquella causada por diferentes alteraciones en el oído externo o medio, que impiden la transmisión normal del sonido y puede ser producida por:
  - *Tapón de cerumen*.
  - *Exostosis*: Se define como la neoformación de hueso que ocurre en la porción medial del conducto auditivo externo como resultado de una estimulación del periostio.
  - *Otitis externas*.
  - *Otitis medias secretorias o serosas*.
- Hipoacusia neurosensorial: Puede observarse en otras patologías tales como:



- *Enfermedad de Menière*: Es una dilatación del espacio endolinfático coclear por un aumento de volumen de la endolinfa. Su etiología es desconocida.
- *Hipoacusia por ototóxicos*: Se produce por la acción nociva que tienen sobre el receptor sensorial coclear. Los más usados en la práctica clínica son los antibióticos como los aminoglucósidos, la polimixina B, la vancomicina, los macrólidos y las tetraciclinas; los diuréticos entre los que se destaca la furosemida; los salicilatos; los antimaláricos como la quinina, cloroquina y pirimetamina; antineoplásicos como el cisplatino, vincristina, ciclofosfamida y metotrexate; vacunas como la antitetánica y antirrábica; y los antimitóticos como la anfotericina B. Se han descrito casos en pacientes expuestos a disolventes orgánicos y a radiaciones ionizantes. (40, 41, 42). Se presenta mayor predisposición a esta patología en los pacientes con *enfermedades sistémicas* como la hipertensión, la diabetes, el hipotiroidismo y los síndromes urémicos.
- *Hipoacusias autoinmunes*: Se pueden producir por una afectación primaria del oído interno de forma aislada, o como una manifestación de una enfermedad sistémica.
- *Presbiacusia*: Es el envejecimiento de la función auditiva que conlleva a un deterioro en la discriminación de la palabra. Se han implicado múltiples factores en su patogénesis como la predisposición genética, la ocupación, la dieta, las enfermedades cardiovasculares, el tabaco, el alcohol y los traumatismos craneales.
- *Neurinoma del acústico*: Es un tumor benigno, de crecimiento lento, cuya sintomatología inicial es consecuencia de la afectación directa o por compresión del contenido nervioso del conducto auditivo interno, sobre todo el nervio cócleo-vestibular.
- Hipoacusia mixta: Se presenta compromiso tanto de la vía aérea como la ósea. Sus principales causas son:
  - *Otitis media crónica (OMC)* o sus secuelas las cuales pueden clasificarse como adhesivas o cicatriciales.
  - *Otosclerosis*: Se produce una maduración del hueso primitivo que forma la capa endcondral de la cápsula laberíntica. El hueso aumenta de tamaño y en su crecimiento puede englobar a la platina del estribo y fijarla (39).

### **TRATAMIENTO DE LA HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL INDUCIDA POR RUIDO:**

Podría decirse que el panorama en esta patología no es muy esperanzador cuando ya está instaurada, ya que los daños inducidos por el ruido son prácticamente irreversibles, hasta el momento no existe un tratamiento o cura comprobado para el daño ocasionado por el ruido, por esto el énfasis que se hace

Frente a las medidas de promoción y prevención, el detectar la hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en etapas tempranas o en grupos de riesgo, es muy importante para prevenir daños más graves.

El papel del personal involucrado en el manejo de los trabajadores:

- a. Primero identificar la causa y la extensión de la pérdida auditiva a través de estudios médicos y audiométricos periódicos;
- b. En segundo lugar debe actuar como educador acerca de los riesgos de la exposición al ruido y de las medidas preventivas para preservar la audición.
- c. Debe también tomar decisiones básicas acerca de la referencia del paciente al especialista para su rehabilitación
- d. Ser sensibles a los problemas laborales, sociales y emocionales que se relacionaran con el cambio en la condición de salud concientizando a la familia y a la sociedad toda de la importancia de cuidar la audición.

Se han realizado múltiples trabajos de tipo experimental cuyo objetivo ha sido retardar la aparición de pérdida auditiva entre ellos empleo de vitamina A, Vitamina B12 (cianocobalamina) el ácido nicotínico, N-L acetilcisteína el hidrocloreuro de papaverina, ácido ascórbico (43,44), el dextrán etc., otros estudios sugieren recuperación morfológica y funcional de las células ciliadas dañadas con oxigenación hiperbarica con o sin esteroides).

Algunos estudios sugieren los niveles bajos de magnesio incrementan los niveles de pérdida auditiva inducida por ruido, mientras que la existencia de niveles elevados proporcionan un significativo efecto biológico-protector coclear. (45-47,49)

Estudios con células madre en orejas de ratones evidencian que estas podrían conducir a reparar la sordera en seres humanos, se necesitan más investigaciones para probar que estas nuevas células ciliadas diferenciadas podrían reemplazar con eficacia a las dañadas en el oído interno de los humanos. Varias estrategias clínicas han sido propuestas como nuevas alternativas de tratamiento, entre las que se destacan la terapia génica y el implante de células embrionarias de tallo. (48,50)

#### Prótesis auditivas:

Las prótesis auditivas o audífonos son dispositivos electrónicos que permiten la amplificación del sonido. Existen 4 tipos de audífonos de conducción aérea: retro auricular, intraauricular (en la concha del pabellón auricular), intracanal (dentro del CAE) y CIC (completamente en el canal). La elección de uno u otro tipo depende de las necesidades de cada paciente, por tanto las indicaciones son individualizadas. En ancianos se utilizan más los retro auriculares, ya que tienen menor destreza manual y van a realizar mejor el mantenimiento, mientras que en personas jóvenes se utilizan más los intracanales y los CIC. Los audífonos han sufrido importantes avances en los últimos años con sistemas programables digitalmente, así como circuitos que reducen el ruido ambiental y mantienen los sonidos sin llegar a estar sobre amplificados.

Además, existen audífonos con conducción ósea, los cuales están indicados en casos de hipoacusia conductiva que no puede corregirse con un tratamiento médico o quirúrgico, y en los que no se pueda adaptar un audífono de conducción aérea, como aplasias del pabellón, agenesias de CAE, o bien, otorreas crónicas. En la actualidad también existen prótesis óseas de implantación mastoidea. El anclaje se realiza mediante una intervención quirúrgica, y permite un mejor rendimiento funcional (las prótesis de conducción ósea representan el 5% aproximadamente del total de las indicaciones de prótesis auditivas).

En cuanto a la intensidad de la hipoacusia, la indicación protésica se considera recomendable por encima de 50 dB, donde las limitaciones comienzan a notarse. Por debajo de 50 dB, se realizará amplificación sólo en aquellos casos en que por razones personales, profesionales o sociales, se necesite. En los casos de hipoacusia bilateral, es recomendable la amplificación binaural.

Ciertos pacientes, con 27 dB promedio de pérdida (tonos 500-1000 y 2000) pueden presentar una desventaja social, o laboral y pueden verse muy favorecidos con el equipamiento protésico, teniendo en cuenta, la correcta selección de la prótesis, una calibración y adaptación adecuadas, ofreciendo asesoramiento antes y después de comenzar su empleo. (51)

<b>Grado hipoacusia</b>	<b>Umbral. audiometrico</b>	<b>Repercusión funcional</b>	<b>Conducta</b>
Normoacusia	25 dB o Mejor	Capaz de oír la voz susurrada. No tiene problemas	
Hipoacusia leve	26-40 dB (en el mejor oído)	Dificultad para oír la voz baja o distante. Repite bien la palabra hablada con voz normal a 1 metro. Puede tener dificultades en ambientes ruidosos y en los entornos locativos.	Es posible que necesite prótesis auditiva e intervención.
Hipoacusia moderada	41-70 dB (en el mejor oído)	Con umbrales hasta 55 dB puede oír la voz conversacional a 1 metro de distancia. En ambiente laboral puede perder entre el 50 y el 100% del mensaje hablado. Muy buena respuesta con audífonos. Con umbrales mayores de 55 dB (hipoacusia moderada/grave) puede perder el 100% del mensaje en las conversaciones normales. Con audífono puede experimentar dificultades en los ambientes ruidosos o con varios interlocutores.	Audífonos necesarios.
Hipoacusia severa	71-90 dB (en el mejor oído)	Oye las voces altas a 30 cm. del oído.	Imprescindible la amplificación. Puede ser necesario enseñarle lectura de labios o lenguaje de signos.

Hipoacusia profunda	91 dB o mayor (en el mejor oído)	No entiende ni incluso a gritos. En la sordera total (Cofosis) no percibe sonido alguno. Sin amplificación depende de la vista para la comunicación.	Candidato para implante coclear.
---------------------	----------------------------------	--	----------------------------------

La indicación del tratamiento protésico de la hipoacusia debe ser realizado siempre por el otorrinolaringólogo, que tras una exploración clínica y audiológica hará el diagnóstico de la hipoacusia y la conveniencia del tratamiento protésico, cuando ya han sido descartados otros tratamientos, médico o quirúrgico. Una vez realizada la indicación protésica, el paciente será enviado al audioprotesista que será el encargado de indicar y adaptar el tipo de prótesis.

En los pacientes con hipoacusia neurosensorial profunda coclear es posible estimular directamente el nervio auditivo mediante la utilización del implante coclear (se basan en la transformación de la onda sonora en una señal eléctrica que es conducida a la cóclea o al tronco cerebral para su recepción e interpretación). Para que el implante coclear tenga éxito, no sólo es necesario una indicación y una técnica quirúrgica adecuadas, sino que el proceso de rehabilitación logopédica es fundamental. Están indicados en hipoacusias profundas.

Otra alternativa de tratamiento es el empleo de implantes cocleares, dispositivo electrónico destinado a proveer información auditiva y mejorar la comunicación a las personas que tienen una pérdida auditiva severa-profunda, que no logran comprender el lenguaje hablado con audífonos convencionales (52)

### **REHABILITACIÓN:**

La indicación de rehabilitación auditiva en un trabajador con hipoacusia inducida por ruido no difiere de las consideradas para hipoacusias neurosensoriales de otro origen. La rehabilitación de un paciente con pérdida auditiva requiere de un abordaje integral que incluye:

- Valoración funcional auditiva: Determinación de nivel de pérdida y limitación comunicativa, características anatómicas y alteraciones del conducto auditivo externo.
- Valoración de la actividad desempeñada: Determinar la exigencia comunicativa social y laboral, la continuidad del desempeño en ambientes de ruido y las características ambientales del sitio en el cual se desenvuelve.
- Evaluación de las condiciones psicológicas, socioculturales, socioeconómicas, físicas y familiares.

La rehabilitación auditiva no solo incluye la adaptación de audífonos y la enseñanza de su manejo y cuidado, sino también la completa instrucción al paciente y su familia para la prevención de pérdida auditiva adicional y para enfrentar de forma adecuada la pérdida presente. Cuando esta es severa, el

desarrollo de habilidades en lectura labio-facial puede mejorar el desempeño del paciente en su proceso de adaptación en la ayuda auditiva

### **MÉTODOS DE PREVENCIÓN:**

La aplicación de métodos de control administrativos y técnicos será esencial en la efectividad de los programas de prevención de la hipoacusia inducida por ruido. Estos métodos permitirán eliminar o reducir la exposición a ruido. Los controles de ingeniería (técnicos) se aplicarán previo análisis individual de las fuentes generadoras de ruido y su estudio deberá incorporar la factibilidad técnica y económica, cualquiera que sea el método a aplicar, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos: 1) El control de la exposición a ruido es un problema combinado entre la fuente, medio de transmisión y receptor. 2) El objetivo del control es disponer de un ambiente con un nivel de ruido aceptable (por debajo del umbral permisible) a un costo tan bajo como sea posible.

Además del costo de la solución, hay que considerar sus posibles efectos adversos en términos de las restricciones de funcionamiento del equipo (seguridad, accesibilidad). En el diseño e instalación de mecanismos de control de ruido se incluirán los aspectos ergonómicos (postura en el trabajo) y ambientales (calor, frío, humedad).

Los controles administrativos se refieren a decisiones que pueden tomarse desde la administración para reducir la exposición a ruido. En estos se incluirán medidas como:

- a. Disminuir el tiempo de exposición.
- b. Estimular los planes de rotación del personal.
- c. Operar equipos ruidosos durante turnos de trabajo que implique la presencia de un mínimo de trabajadores expuestos.
- d. Proporcionar áreas de trabajo de descanso alejado de líneas de producción que constituyan fuente de ruido. Estas áreas deben ser tratadas con material acústico, en caso necesario.
- e. Uso de señalización: El control de la exposición a ruido según la distancia (6 decibeles se reducen cada vez que la distancia a la fuente se duplica, en condiciones de campo libre y sin barreras, y entre 3 y 4 decibeles, en espacio reverberante) se logrará señalizando adecuadamente los límites cercanos a las fuentes que implican condición de riesgo y exigiendo el uso de la protección personal en estas áreas.

Como cualquier equipo de protección personal, los elementos de protección auditiva deben constituirse en el último recurso para el control de la exposición a ruido. Otros métodos técnicos y administrativos debe preferirse antes que el uso de estos elementos. Sin embargo, cuando por razones tecnológicas o económicas la reducción del ruido en el ambiente de trabajo no es posible o cuando el trabajador es expuesto a altos niveles de ruido por periodos cortos de tiempo y en

especial cuando la comunicación no es requerida, la protección personal auditiva debe ser una medida a considerar (GATI-HNIR)

Dentro de los programas de conservación auditiva se recomienda incluir estrategias educativas de entrenamiento y motivación que contemplen como mínimo los siguientes aspectos:

- Efectos físicos y psicológicos del ruido y de la pérdida auditiva.
- Selección, uso y mantenimiento de elementos de protección personal.
- Test audiométricos: En qué consisten, para qué sirven y cómo se interpretan sus resultados.
- Roles y responsabilidades de los empleadores y de los trabajadores.

#### Protección Auditiva Personal:

Debe basarse, ante todo, en los antecedentes laborales, la exploración otoscopia correcta y la medición del nivel de audición.

Características y criterios de selección: Hay que tener en cuenta que el uso de protección auditiva personal debe ser la última medida de seguridad a adoptar para la conservación la audición, antes se deben agotar todas las medidas de control del ruido desde la fuente de generación, modificaciones del proceso o instalación de sistemas de absorción del ruido que impidan la propagación del mismo a través de la colocación de elementos aislantes acústicos. Se debe además pensar en tomar el uso de la protección aditiva cuando es supremamente costoso el cambio de la tecnología generadora o cuando se está en cambio a nueva tecnología.

En el mercado existe gran variedad de tipos y modelos de protección auditiva. Básicamente se clasifican en:

- *Tapones o Insertores*: se que colocan en el conducto auditivo externo.
- *Cobertores u Orejeras*: encierran completamente el pabellón auditivo y la zona ósea que rodea la oreja.

A continuación se detallan algunos ejemplos en los que pueden verse diferentes tipos de materiales (53). Los más comunes son:

Tapones de PVC	El diseño de tres bandas permite que el tapón se adapte mejor al conducto auditivo. Son reutilizables y el mantenimiento del mismo pasa por el lavado diario con agua tibia y jabón neutro.
Tapones de espuma	Generalmente de poliuretano que es un material que permite el auto ajuste al conducto auditivo siendo muy anatómicos. Requieren ser enrollados para su colocación. Son descartables por lo que no deben lavarse ni usarse más de una semana.

Tapones con banda (diadema)	Es un producto muy higiénico. Constan de una banda plásticas que ejerce baja presión en los oídos; su estructura permite que cuando no se utiliza se pueda colocar en cualquier superficie, sin que los tapones entren en contacto con la misma, conservando su higiene. Están acompañados por un repuesto de tapones. Es una protección intermedia entre un tapón y una orejera. También requiere ser lavado.
Orejas multiposiciones	Deben ser cómodas y livianas. Tienen como desventaja que en épocas de calor son poco confortables. Son de alta durabilidad. Requieren ser limpiadas con un paño húmedo.
Orejas montables	Permiten adaptarse a cualquier tipo de casco. Sus demás características son similares a las anteriores.

Los equipos descritos deben cumplir con una serie de requisitos:

Atenuación adecuada, confort, facilidad de colocación, bajo costo inicial, durabilidad (en el caso de equipos más costosos), higiene.

La atenuación es uno de los principales requisitos anteriormente citados; se define como la cantidad de sonido que el protector impide que llegue a los oídos, se expresa en dB y varía en función de la frecuencia.

En general se cree que los protectores auditivos de copa u orejas dan una mayor protección que los insertores. Esto es un error dado que la atenuación de los mismos va a depender de la buena calidad del elemento y su correcta utilización y no del modelo.

Colocados adecuadamente los tapones o los auriculares pueden reducir el ruido, de acuerdo a las características de los mismos, entre 15 a 30 dB. El uso simultáneo de ambos agrega 10 a 15 dB más de protección. El uso combinado es aplicable cuando el ruido supera los 105 dB.

Cuando en un ambiente ruidoso se implementa el uso de un determinado protector auditivo, hay que determinar cuál es el nivel efectivo de ruido que el personal expuesto soporta utilizando los protectores. Para ello es necesario realizar una medición de ruido en bandas de octavas y contar con la atenuación del protector para cada una de las frecuencias medidas, proporcionada por el fabricante.

Muchos estudios han demostrado que los trabajadores que usan protectores auditivos reciben la mitad o menos de la reducción de decibeles que les ofrecería en teoría el mismo debido, principalmente, porque no se utilizan continuamente o porque no se colocan adecuadamente. De aquí surge la importancia de implementar un programa de conservación de la audición que pase fundamentalmente, por la selección del protector adecuado, la utilización continua del mismo y el entrenamiento del personal.

El protector ideal será aquel que tenga una buena atenuación y que garantice una total confortabilidad

Además hay que tener en cuenta que estudios realizados han demostrado que si un protector es usado durante un 50% del tiempo de exposición, su protección

efectiva disminuye a sólo 3 dB. Es así que si una persona está expuesta a un nivel sonoro de 100 dB de NSCE (Nivel Sonoro Continuo Equivalente), y usa un protector auditivo sólo el 50 % de exposición, el ruido que recibe es de 97 dB.

Surge entonces la necesidad de realizar un correcto entrenamiento al personal donde se fundamente la utilización continua de los equipos entregados, los procedimientos de mantenimiento y limpieza de los equipos y las formas de utilización y colocación correctas de los mismos. (54)

En cuanto al uso de protección auditiva, en las perforaciones crónicas con supuración activa o episodios recurrentes de supuración se contraindica el uso de protectores auditivos de inserción (GATI-HNIR). (20)

Se debe recordar que, como en cualquier equipo de protección personal, los elementos de protección auditiva deben constituirse como el último recurso para el control de la exposición a ruido y los otros métodos, como los administrativos y los técnicos deben preferirse antes del uso de estos elementos. Sin embargo, cuando dichos métodos no pueden implementarse o cuando el trabajador es expuesto a altos niveles de ruido por periodos cortos de tiempo y en especial cuando no se requiere la comunicación en la labor realizada, la protección personal auditiva debe ser una medida a considerar. (20)

Se presenta gran controversia sobre la efectividad de los protectores auditivos a partir de la información proporcionada por los fabricantes sobre la protección y prevención en el desarrollo de la hipoacusia neurosensorial inducida por ruido; la NIOSH a realizado varios estudios basados en conocer si la NRR (tasa de reducción de ruido, que es el número asignado a los protectores auditivos y representa la reducción global del ruido en decibeles que el protector lograra) corresponde en forma verdadera con la atenuación percibida por el trabajador y se concluye que, en el caso específico de los protectores tipo inserción, brindan menos de la mitad de la atenuación medida en el laboratorio, por lo que se han desarrollado varios métodos matemáticos basados en la NRR para estimar la protección real alcanzada; entre ellos se encuentran (20):

- La EPA sugiere restar la NRR al nivel de exposición y el resultado correspondería al nivel de ruido en decibeles percibido por el trabajador con el uso del protector. Por ejemplo: nivel de exposición 98 dBA y NRR 25 dB = 73 dBA)
- La OSHA recomienda aplicar un 50% a la diferencia entre la NRR y 7 dB. Por ejemplo: Para un nivel de exposición de 98 dBA y NRR 25 dB. Se resta 25 a 7 = 18 dB, a este resultado se le busca el 50% = 9, y ahora se resta el nivel de exposición al resultado anterior así:  $98 - 9 = 89$  dBA que corresponde al nivel de ruido percibido por el trabajador con el protector.
- NIOSH tiene en cuenta el tipo de protector usado, clasificándolo en tipo copa, de inserción moldeable y cualquier otro tipo de protector y le asigna una reducción de 25%, 50% y 70% respectivamente. Al obtener el porcentaje según el tipo de protector usado se usa la misma fórmula dada



por la OSHA para el cálculo de la protección, es decir se aplica el porcentaje obtenido a la diferencia entre NRR y 7.

Al usar este método se encuentra que, según NIOSH, para un mismo nivel de exposición, los protectores tipo copa protegen mejor que los de inserción.

### **VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA PARA TRABAJADORES EXPUESTOS A RUIDO.** (Basado en la Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo. GATI-HNIR) (20)

Un componente fundamental de la salud ocupacional consiste en el diseño e implementación de sistemas de vigilancia para los diferentes riesgos a los cuales se ven expuestos los trabajadores, con el fin de disponer de medidas sistemáticas de prevención y control tanto en el medio como en las personas, que garanticen el mantenimiento de la salud de los expuestos. La clave para desarrollar e implementar un programa eficaz de vigilancia epidemiológica ocupacional se fundamenta en un compromiso gerencial con la salud y la seguridad de la empresa, al igual que una participación activa de los trabajadores.

El sistema de vigilancia epidemiológica está basado en un adecuado diagnóstico ocupacional, el cual se obtiene con el reconocimiento de dos componentes: Las condiciones de salud y las condiciones de trabajo.

Para el control de los factores ambientales, específicamente hablando de la medición de ruido en la empresa, se recomienda realizar mediciones de la exposición cada 2 años, si los niveles ponderados de ruido (TWA) son iguales o superiores a 95 dBs y cada 5 años si los niveles ponderados de ruido (TWA) son inferiores a 95 dBs. Además, se deben realizar mediciones adicionales cuando se sospeche que los niveles de ruido han variado o cuando se hayan presentado cambios en los procesos de producción, adquisición de equipos o realización de mantenimiento.

La realización de estudios cuantitativos posteriores a las mediciones iniciales, permitirán un diagnóstico más exacto de los niveles de exposición y con ello la conformación de los grupos de exposición similar (GES) con los cuales se trabajará dependiendo del índice de riesgo (obtenido por las condiciones ambientales evidenciadas) y se determinará la periodicidad de las evaluaciones ambientales, los controles y seguimientos que deben realizarse para conservar la salud de los trabajadores.

La vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a ruido contempla dos componentes: Uno motivacional (de promoción de la salud y educación en la prevención de los riesgos) y otro componente basado en las evaluaciones médicas ocupacionales con sus respectivas pruebas clínicas y paraclínicas y, en caso de necesitarse, evaluaciones complementarias.

La historia clínica ocupacional para trabajadores con exposición a ruido hace énfasis en la integridad de la audición y en los factores de riesgo relacionados con patología auditiva.

En el interrogatorio se debe priorizar la siguiente información:

- Antecedentes familiares de patologías relacionadas con ruido.
- Antecedentes personales de patologías, traumatismos o uso de medicamentos que estén relacionados con alteraciones auditivas.
- Antecedentes laborales relacionados con exposición a ruido.
- Hábitos personales relacionados con exposición a ruido.

En el examen físico se debe explorar el pabellón auricular y realizar una adecuada otoscopia para la evaluación de conducto auditivo externo y la membrana timpánica, además se debe incluir la realización de Pruebas clínicas como las usadas para el diagnóstico de vértigo, las pruebas de Weber y Rinne, entre otras. Las evaluaciones ocupacionales de los expuestos se deben realizar en forma periódica y el tiempo estipulado entre ellas será definido según los hallazgos obtenidos en las pruebas realizadas. (Ver audiometría periódica)

Para realizar el seguimiento de los expuestos se utiliza la aplicación de encuestas que permitan sospechar factores de riesgo laborales y extra laborales, cambios en las condiciones de salud, antecedente de consumo de medicamentos, aparición de síntomas otológicos, la apreciación subjetiva de alteraciones en la audición o la presencia de enfermedades sistémicas que puedan aumentar la susceptibilidad al daño auditivo. (Ver audiometría periódica)

Los trabajadores deben ser estimulados a vincularse en las actividades de vigilancia, su participación ayudará a asegurar resultados más válidos, ya que ellos suelen tener la experiencia para identificar las fuentes de ruido, indicar los períodos en que la exposición puede variar, y reconocer si dichos niveles de ruido son típicos o atípicos. A sí mismo, solo con la participación activa en el autocuidado se pueden garantizar que programas de conservación auditiva basados en el uso de elementos de protección funcionen de la manera adecuada.

En un programa de vigilancia epidemiológica por ruido se debe usar tres tipos de evaluaciones audiométricas:

- Audiometría de ingreso o preocupacional: Se debe realizar a todos los trabajadores cuyos puestos de trabajo impliquen exposición a ruido mayor de 80 decibeles o en los que, al cambiar de actividad laboral dentro de la misma empresa, se presente un incremento de la dosis de ruido. Debe realizarse antes del ingreso o máximo en los 30 primeros días. Presenta las siguientes características: Es de tipo tonal, requiere reposo auditivo de 12 horas (no exposición a ambientes con ruido mayor a 85 dB tanto en ambiente laboral como extra laboral) y este no puede ser sustituido por el uso de protectores auditivos, se realiza en cabina sonooamortiguada, se toma en las frecuencias de 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 y

8.000 Hz con registro de la vía aérea y se le adiciona el registro de la vía ósea si las frecuencias de 500 – 3.000 Hz muestran caídas de 15 dB o más. Será tomada en cuenta como la audiometría de base del trabajador para futuras comparaciones. (20) NIOSH recomienda no realizar correcciones para la edad en las audiometrías, a diferencia de lo descrito por la OSHA, ya que esto no presenta suficiente soporte científico y puede retrasar las intervenciones preventivas a realizar (10)

- Audiometría periódica: Según el nivel de ruido al que estará expuesto el trabajador el departamento de salud ocupacional de la empresa debe programar las audiometrías periódicas o de control del trabajador es así como se propone en la GATI-HNRI en aquellos trabajadores expuestos a 100 dBs TWA o más, realizar audiometrías semestralmente; para los trabajadores expuestos a ambientes con niveles de ruido de 82-99 dBs TWA, anualmente y en trabajadores expuestos entre 80 - <82 dBs, cada 5 años. Características de esta audiometría: es de tipo tamiz, no requiere reposo auditivo, se lleva a cabo en horas avanzadas de la jornada laboral. Si en esta audiometría de control se encuentra un cambio mayor a 15 dB en cualquier frecuencia debe repetirse de forma inmediata, con el fin de confirmar la caída del umbral, de no encontrarse alteraciones se continúa con la vigilancia periódica dependiendo del grupo de exposición similar (GES) al cual pertenezca el trabajador; si el cambio persiste debe repetirse la audiometría en los próximos 30 días.
- Audiometría de confirmación: esta audiometría se realiza para verificar el descenso del umbral auditivo. Características: guarda los mismos parámetros de la audiometría preocupacional o de base, es decir, con reposo auditivo de 12 horas y es de tipo tonal.  
De no encontrarse los cambios observados en la audiometría periódica se considera que se presentó una caída del umbral auditivo temporal (CUAT), a partir de lo cual se debe reforzar el programa de conservación auditiva, la empresa debe realizar análisis de causas (reforzar capacitación, dotación de nuevos protectores auditivos, seguimiento para el uso adecuado de los mismos. En caso de persistir el cambio observado en la audiometría se considera que se ha presentado una caída del umbral auditivo permanente (CUAP), con lo cual se debe remitir al trabajador al especialista, realizar nuevas mediciones de ruido en la empresa, evaluar los sistemas de protección auditiva implementados en la empresa, reubicación laboral para ambientes menos ruidosos, y es de anotar que estos trabajadores deben volver a ser evaluados en los próximos 6 meses. Se presenta en anexo al final del capítulo el proceso de remisión a ORL de estos trabajadores.  
Debe tenerse en cuenta que la audiometría CUAP será la nueva audiometría de base para futuras comparaciones (anotando dicho registro ya se había modificado). Se recomienda realizar capacitación

individualizada en aquellos trabajadores en quienes se detectan cambios en los umbrales, ya sean permanentes o temporales

- Audiograma de retiro o post ocupacional: a los trabajadores que han estado expuestos a niveles de ruido peligrosos; esta evaluación debe ser realizada en las mismas condiciones en las que se realizó la audiometría de base. Si en la audiometría post ocupacional hay cambios en los umbrales auditivos en comparación con la audiometría pre ocupacional, se indicará evaluación por Medicina Laboral u Otorrinolaringología con el fin de determinar la indicación de estudios complementarios para establecer si los cambios presentados en los umbrales auditivos tienen relación o no con la actividad laboral.

Existen otras escalas para realizar la vigilancia en los trabajadores como son la escala SAL (Speech Average Loss o pérdida promedio conversacional) Y ELI (Early Loss Index o índice de pérdida temprana), LARSEN Y LARSEN MODIFICADO, las cuales, aunque no son recomendadas por las GATISO, son de gran utilidad e importancia por lo que se describirán en forma breve a continuación:

- Clasificación en la escala de ELI: Solo se tiene en cuenta la frecuencia de 4000Hz y el umbral de conducción aérea, requiere que se reste el factor de corrección por presbiacusia (FCP) según la edad y el sexo. El dato que obtenemos lo llevamos a la tabla , el resultado se expresa de la A a la E según el grado de compromiso, cada oído se clasifica individualmente:

<b>Tabla Escala de Valores ELI. Madrid España, 1973</b>		
GRADO	Pérdida en dB A 4KHz (-) Preb.	Significado
A	Menor de 8	Excelente
B	8 - 14	Bueno
C	15 - 22	Normal Límite
D	23 - 29	Sospecha de Trauma Acústico
E	Más de 30	Muy Sospechoso de Trauma Acústico

<b>Tabla Factor de corrección por presbiacusia a 4000 Hz, dB. JAMA</b>		
EDAD	MUJERES	HOMBRES
25	0	0
30	2	3
35	3	7
40	5	11
45	8	15
50	12	20
55	15	26
60	17	32
65	18	38

- Clasificación en la escala de SAL: Se obtiene calculando el promedio de los tres umbrales de conducción aérea en las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz para cada oído. El promedio del mejor oído se lleva a la tabla la cual da una clasificación de la A hasta la G. Se debe tener en cuenta que cuando los promedios de las tres frecuencias en uno de los oídos difieren en 25 dB o más con respecto al otro oído, se clasificara el caso en un grado peor al que correspondería al mejor oído.

<b>Tabla Escala SAL. Madrid España, 1973.</b>		
GRADO	Umbral promedio (dB)	Significado
A	16, peor oído	Normal
B	16 - 30 ambos oído	Casi normal
C	31 - 45 mejor oído	Sordera moderada
D	46 - 60 mejor oído	Sordera notable
E	61 - 90 mejor oído	Sordera severa
F	90 mejor oído	Sordera profunda
G	Ninguna percepción	Sordera total

- La clasificación en la escala de LARSEN ha estudiado audiométricamente lo que ocurre en los pacientes expuestos a impactos sonoros persistentes, por ejemplo los producidos en la industria, lo que denominó trauma acústico y se clasifica en tres grados:
  - Primer grado: al comienzo no se tiene ningún trastorno auditivo, se oye bien a palabra hablada, el audiograma muestra una caída entre 20 y 30 dB en el tono 4000 Hz, que levanta en el extremo tonal agudo.

- Segundo grado: el audiograma muestra descenso del umbral, la pérdida es de más de 40 dB y abarca dos octavas más cayendo en las frecuencias agudas.
- Tercer grado: la caída de la curva es acentuada, hay acúfenos y reclutamiento intenso, el umbral decrece hasta 60 dB o más abarcando gran extensión de la zona tonal media.

La escala anterior no se utiliza por la misma conceptualización del término Trauma Acústico, éste es más compatible por lesiones auditivas ocasionadas por exposiciones a explosión o traumáticas, sin embargo, en los grados de «trauma» se basaron los estudios de la Escuela Colombiana de Medicina y se les denominó Hipoacusia Ns Grado I, Grado II y Grado III, aplicando los descensos no sólo en la frecuencia. 4000 Hz sino también incluyendo descensos en las frecuencias 3000 y 6000 Hz, a los que se denominó Larsen modificado que esta a continuación:

<b>TABLA LARSEN MODIFICADO. Escuela Colombiana de Medicina, Bogotá, 1993</b>	
<b>GRADO</b>	<b>ALTERACIÓN</b>
Normal	Muesca en bandas 3, 4 y 6 KHz que no supera 20 dB
Hipoacusia Neurosensorial Grado I	Pérdida del umbral auditivo de 20 dB o más en una banda de frec alta en 3, 4, 6 u 8 Kh
Hipoacusia Neurosensorial Grado II	Pérdida del umbral auditivo > 20 d Ben 2 o más bandas de frec altas, sin compromiso de frec conversacionales
Hipoacusia Neurosensorial Grado III	Pérdida que además de afectar varias bandas altas se extiende a una o más bandas conversacionales.

## **ANEXO:**

### Criterios de remisión a otorrinolaringología:

- Si se han presentado síntomas oticos significativos en el último año (otalgia o vértigo) o se ha encontrado alguno de los siguientes hallazgos audiométricos:
  1. Umbrales auditivos de 25dB o más para las frecuencias 0.5, 1, 2 KHz.
  2. Asimetría en umbrales auditivos de 15 dB o más para las frecuencias 0.5, 1,2 KH. (La asimetría de umbrales se refiere a la diferencia entre los umbrales de oído derecho e izquierdo en la misma audiometría tonal, incluye también los cambios auditivos ocurridos de forma súbita en la audición).
  3. Asimetría en umbrales auditivos de 30 dB o más para las frecuencias 3, 4, 6 KHz.
  4. Diferencia con los umbrales de base de 15 dB o más para las frecuencias 0.5, 1, 2 KHz.
  5. Diferencia con los umbrales de base de 20 dB o más para las frecuencias 3, 4, 6 KHz.

Algunos de los criterios para sospechar una simulación o una exageración de pérdida auditiva que requiere de valoración adicional son:

1. El aplanamiento de la curva del audiograma
2. Respuestas de audiometría variables
3. Habilidades auditivas mejores a las reflejadas en la audiometría
4. Una perdida significativa de las frecuencias graves

## BIBLIOGRAFÍA:

1. Araujo-Álvarez JM, Trujillo-Ferrara J G. De morbis artificum diatraba, Salud Pública (Mex) 2002; 44:362-370.
2. Velasco Abásolo J. El ruido en la industria, FREMAP, 2004. Disponible en: [http://www.cofis.es/pdf/fys/fys11\\_12.pdf](http://www.cofis.es/pdf/fys/fys11_12.pdf). Consultado junio 18 de 2009.
3. Muñiz JF. Estudio de la correlación existente entre el efecto supresor contra lateral y la fatiga auditiva mediante otoemisiones acústicas transitorias [tesis doctoral]. Valencia: Servicio de publicaciones Universitat de valencia; 2004.
4. Ferran- Tolosa Cabaní D. Efectos del ruido sobre la salud. En traducción del discurso inaugural del Curso Académico 2003 en la Real Academia de Medicina de las Islas Baleares) gobierno vasco; 2003 .p. 1-14. Disponible en: [www.://ruidos.org/documentos/Efectos\\_ruido\\_salud.html](http://www.ruidos.org/documentos/Efectos_ruido_salud.html)
5. Hernández-Sánchez H, Gutiérrez-Carrera M. Hipoacusia inducida por ruido: estado actual. Rev Cub Med Mil [revista en Internet]. 2006 Dic [citado 2010 Mar 05]; 35(4): ISSN 0138-6557. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572006000400007&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572006000400007&lng=es).
6. Sánchez-Valenzuela MA, Albornoz-Villagra CE. Estrategia Frente a la Problemática del Ruido Ocupacional, Artículo Original, Ciencia & Trabajo [revista en Internet]. 2006; Abril-Junio [citado 2009 Abril 18]; 20(6). Disponible en: <http://www.cienciaytrabajo.cl/pdfs/20/pagina%2058.pdf>.
7. Mery R. Hacia una revisión de la conceptualización metodológica para calificar pérdidas auditivas por exposición al ruido ocupacional, Acta de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello, [revista en Internet]. 2002; Septiembre [citado 2009 Abril 18]; 30(3). Disponible en: <http://www.encolombia.com/medicina/otorrino/otorrino30302-haciaunarevision4.html>.
8. Grupo de trabajo de salud laboral de la comisión de salud pública del consejo interterritorial del sistema nacional de salud. 1ª ed. Madrid: Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones Paseo del Prado; 2000. Disponible en: <http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/ruido.pdf>.
9. Ministerio de la protección social. [sede Web]. Abril 25, 2010 abril 25, 2010. Colombia: disponible en: [www.minproteccionsocial.gov.co link de normatividad - riesgos profesionales](http://www.minproteccionsocial.gov.co/link_de_normatividad_-_riesgos_profesionales).
10. CDC NIOSH. [sede Web]. [Actualizado Junio 15 de 2009]; acceso junio 29 de 2009] Criteria for a Recommended Standard Occupational Noise Exposure. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/chap5.html>
11. Wikilibros. [sede Web]. [ actualizado 14 de junio de 2007; Acceso Mayo 23 de 2009] Física Acústica Onda Sonora. Disponible en:



[http://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/Ac%C3%BAstica/Onda\\_sonora](http://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/Ac%C3%BAstica/Onda_sonora)

12. Wikilibros. [sede Web]. [ actualizado 11 de Noviembre de 2009; Acceso diciembre 13 de 2009] Fisica Acustica Onda Sonora. Disponible en: <http://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/Ac%C3%BAstica/Sonido>.
13. Islas-Lazcano k. Señales acústicas su propagación y características [sede Web]. Monografias.com. Mexico [ publicado mayo 2004, acceso mayo28 de 2009] Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos15/acustica/acustica.shtml>
14. Convenio sobre el medio ambiente de trabajo (contaminación del aire, ruido y vibraciones), R156 de 20 junio de 1977 (núm. 148) literal b) del artículo 3.
15. Documento soporte norma de ruido ambiental Subdirección de estudios ambientales IDEAM, Bogotá febrero de 2006. disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/3126\\_1727\\_Documento\\_soporte\\_ruido\\_mayo\\_25.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/3126_1727_Documento_soporte_ruido_mayo_25.pdf).
16. Ambientes sonoros de los lugares de trabajo. En: Marti-Mercadal J, Desoille J. Medicina del trabajo. 2ª ed. Barcelona: Masson; 2002. P58.
17. Nivel sonoro y decibeles. En: Gimenez de Paz JC. Ruido: para los postgrados en higiene y seguridad industrial. 1ª ed. Buenos Aires: Novuko: 2007. P 30-40
18. Escjadillo JR, Oidos, nariz, garganta y cirugía de cabeza y cuello. Manual Moderno. 2ª ed. 2002.Mexico p. 23-30
19. Higiene teorica. Criterios de valoración del riesgo Higienico. En: cortes-Diaz JM. Técnicas de prevención de riesgos laborales seguridad e higiene en el trabajo. 9ª ed. Madrid: Tebar: 2007. P 393.
20. Ministerio de la protección Socialn Republica de Colombia. Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo (GATI-HNIR). Diciembre de 2006.
21. Hipoacusias. En: Morera-Perez C, Algarra JM. Lecciones de Otorrinolaringología apicada. 2ª ed. Barcelona: Glosa; 2006 p.379-389.
22. El sentido de la Audicion En: Guyton AC, Hall JE. Tratado de Fisiología medica. 11ª ed. España: Elsevier p. 651- 660.
23. Poch Broto J, Gil-lozaga P. Fisiología coclear. En: Vallejo Valdezate LA. Apuntes de otorrinolaringología. 1ª ed. Barcelona: MASSON; 2002 p. 1-9.
24. Soto E, Vega R, Chávez H, Ortega A. Fisiología de la audición: la cóclea. [ artículo en internet] Instituto de fisiología Universidad Autónoma de Puebla. México [ publicado 2003 accedido julio 2 de 2010] Disponible en: <http://www.fisio.buap.mx/online/DrSotoE/COCLEA%202003%20Formateado%20b.pdf>

25. Sing H. Kruppa B. Health effects caused by noise: evidence in the literatura from the past 25 years. Noise & Health. Mumbai jan 2004;6 5-8
26. Batmanabane G, Ramachandran A. Effect of acute exposure to loud occupational noise during daytime on the nocturnal sleep architecture, heart ate and cortisol secretion in healthy volunteers. J Occup Health 2003; 45: 146-152
27. Oliveine MJ, Pereine AS Ferreira DZ, Guimaryes L, Freitas D, Carvalho Hp et al. Arrest in ciliated cell exposition on the bronquial lining of adults rats caused by cronic exposure to industrial noise. Environ res 2005; 97 :282-6
28. Efectos del ruido. En: Mateo-Floria P. La prevención del ruido en la empresa. 1ª ed. Madrid: Fundación confemetal; 1999. p120-125.
29. Boillat MA. Organos sensoriales .Enciclopedia salud y seguridad en el trabajo, Organización internacional del trabajo OIT. 3ª ed. España. 2001.p 112-119 disponible en: <http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/region/ampro/cinterfor/sid/servicio/enciclop/tomo1/11.pdf>
30. Proupin-Vasquez N. Cribado de la presbiacusia en atención primaria. Jano. [sede Web]. 2008[actualizado mayo de 2008; Acceso febrero 26 de 2010]. Disponible en: <http://www.jano.es/ficheros/sumarios/1/0/1694/38/00380040-LR.pdf>
31. IV Congreso Nacional de Medicina del Mar, Gijón, 17-19 septiembre 1999. Asturias: Sociedad española de medicina Maritima; 1999: [consultado febrero 26 de 2010]. Disponible en: <http://www.semm.org/audtimp.html>
32. Audiometría tonal Liminar por via aérea. En: Mateo Floria, P. Gestion de la Higiene Industrial en la empresa. 7ª ed. Madrid: 2007. Fundacion CONFEMETAL; p. 356
33. Rodriguez-Villalba LF, Varon CL. En señales una propuesta lúdico-motora con adolescentes y adultos no oyentes. [Monografía en internet]. Pereira. Universidad tecnológica de Pereira ciencias de la salud ciencias del deporte y recreación; 2006 [consultado junio 10 de 2010].Disponible en: <http://www.utp.edu.co/~gruporecreacion/notes/proyecto.pdf>
34. Hernández-Sánchez H, Gutiérrez-Carrera M. Hipoacusia inducida por ruido: estado actual. Rev Cub Med Mil [revista en la Internet]. 2006 Dic [consultado 2010 mayo 20]; 35(4): Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572006000400007&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572006000400007&lng=es).
35. Merck Sharp & Dohme. Manual Merck de información. [sede Web]. Mexico; 1999. Disponible en: [http://www.msd.com.mx/assets/hcp/biblioteca/manual\\_merck/content\\_merck/MM\\_07\\_82.htm](http://www.msd.com.mx/assets/hcp/biblioteca/manual_merck/content_merck/MM_07_82.htm)

36. Díaz F. En: Med Mar: Exploración del estado del sistema del tímpano y los huesecillos: timpanometría. Aplicación a la patología subacuática [sede Web]. Medicina Marítima. 1997 Dic; (1) 5: 239-243. [consultado 2010 febrero 05]. Disponible en: <http://www.semm.org/timp.html>
37. Gil Hernandez F. tratado de medicina del trabajo 1ª ed. Barcelona. Masson; 2005. [consultado 2009 noviembre 20]. Disponible en: <http://books.google.com.co/books?id=n0bOvxbo1XYC&pg=PA598&dq=timpanograma+normal&cd=1#v=onepage&q=reflejo%20estapedial&f=false>
38. Escajadillo JR, Oídos, Nariz, garganta y Cirugía de Cabeza y Cuello. 2ª ed. Mexico: Manual Moderno; 2002. P.23-30
39. Fistera .com, hipoacusia [sede Web]. La coruña: Fistera.com:2003[acceso mayo 20 de 2010]. Disponible en: <http://www.fistera.com/guias2/hipoacusia.asp>
40. López- Rojas P, Jaramillo- Acosta B, Salinas-Tovar S, Marín-Cotoñieto I, Soto- Navarro O, Véle- Zamora N, Ototoxicidad en trabajadores expuestos a disolventes organicos/Ototoxicity in workers exposed to organic solvents: Rev. Med IMSS. 2000; 38(6):447-453.
41. Sánchez Escalante VC, Aguilar Madrid G, Juárez Pérez C Ototoxicidad por disolventes en trabajadores de una fábrica de pinturas, y, Institución: En: xi congreso interamericano de riesgos en el trabajo; 2010.
42. Hou F, Wang S, Zhai S, Hu Y, Yang W, He L. Effects of alpha-tocopherol on noise-induced hearing loss in guinea pigs. Hear Res. 2003;179(1-2): 1-8
43. [Derekoy FS, Koken T, Yilmaz D, Kahraman A, Altuntas A. Effects of ascorbic acid on oxidative system and transient evoked otoacoustic emissions in rabbits exposed to noise. Laryngoscope. 2004; 114\(10\):1775-9.](#)
44. [McFadden SL, Woo JM, Michalak N, Ding D. Dietary vitamin C supplementation reduces noise-induced hearing loss in guinea pigs. Hear Res. 2005; 202\(1-2\):200-8.](#)
45. [Scheibe F, Haupt H, Ising H. Preventive effect of magnesium supplement on noise-induced hearing loss in the guinea pig. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2000; 257\(1\):10-6.](#)
46. Attias J, Sapir S, Bresloff I, Reshef-Haran I, Ising H. Reduction in noise-induced temporary threshold shift in humans following oral magnesium intake. Clin Otolaryngol Allied Sci. 2004; 29(6):635-41.
47. Walden BE, Henselman LW, Morris ER. The role of magnesium in the susceptibility of soldiers to noise-induced hearing loss. J Acoust Soc Am. 2000; 108(1):453-6.
48. [Kuokkanen J, Aarnisalo AA, Ylikoski J. Efficiency of hyperbaric oxygen therapy in experimental acute acoustic trauma from firearms. Acta Otolaryngol. 2000; 543\(Suppl\):132-4.](#)

49. König O, Winter E, Fuchs J. Protective effect of magnesium and MK 801 on hypoxia-induced hair cell loss in new-born rat cochlea. *Magnes Res.* 2003; 16(2):98-105.
50. Duan ML, Ulfendahl M, Ahlberg A, Pyykko I, Borg E. [Future cure of hearing disorders: Gene therapy and stem cell implantation are possible new therapeutic alternatives]. *Lakartidningen.* 2000;97(10):1106-12
51. Hernández Sánchez Héctor, Gutiérrez Carrera Mabelys. Hipoacusia inducida por ruido: estado actual. *Rev Cub Med Mil* [revista en la Internet]. 2006 Dic [citado 2010 mayo 10]; 35(4). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572006000400007&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572006000400007&lng=es).
52. www.sld.cu. Cuba. Infomed. Otorrinolaringología. 2006[Consultado marzo 10 de 2010]. Disponible en: <http://www.sld.cu/sitios/otorrino/temas.php?idv=10809>
53. Estructplan.com. [sede Web]. Argentina. Estructplan. 2002. [Consultado marzo 10 de 2010]. Disponible en: <http://www.estructplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=136>
54. Infra.com. [sede Web]. Mexico. Grupo INFRA. 2008. [Consultado marzo 10 de 2010]. Disponible en: [http://www.infra.com.mx/servicio\\_atencion/conozcamas/proteccion\\_auditi va/proteccion\\_auditi va.html](http://www.infra.com.mx/servicio_atencion/conozcamas/proteccion_auditi va/proteccion_auditi va.html)

Figuras de la numero 2 a la 7 cortesía de La Dra Ana Ilse Corredor, Fonoaudiologa especialista en Audiología.