

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE HONDURAS**

**MAESTRIA EN MEDICINA DEL TRABAJO**



**TESIS:**

**PROTOCOLO PARA RECONOCIMIENTOS MÉDICOS  
PREVENTIVOS EN TRABAJADORES EXPUESTOS A  
RUIDO**

**SUSTENTADO POR:**

**DR. MARIO ROBERTO SABILLÓN TROCHEZ**

**PREVIO OPCION AL TITULO DE:**

**MAESTRIA EN MEDICINA DEL TRABAJO**

**ASESOR:**

**MSc. Dr. HECTOR RENE BONILLA**

**SAN PEDRO SULA, CORTES**

**HONDURAS**

**NOVIEMBRE 2007**

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE HONDURAS**

**RECTOR  
DR. RAUL ANTONIO SANTOS**

**SECRETARIO GENERAL  
ABOG. ADALID RODRIGUEZ**

**DIRECTORA DEL SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MASTER IRMA YOLANDA HERRERA DE HERNANDEZ**

**DIRECTOR REGIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DEL VALLE DE SULA  
LIC. CARLOS PINEDA**

**COORDINADOR GENERAL DE LA MAESTRIA  
LIC. CONSTANZA SANTOS**

## INDICE GENERAL

	Pagina
DEDICATORIA	5
I. Definicion Operacional de Terminos	6
II. Reconocimientos Medicos Preventivos	
2.1 Introduccion	7
2.2Reconocimiento medico previo a la asigancion o preempleo	13
2.3Reconocimientos medicos periodicos	15
2.4 Reconocimiento medico de reingreso o reincorporacion al trabajo	17
2.5 Justificación del problema	22
2.6 Objetivos:               General               Específicos	24
2.7 Hipótesis	25
III MATERIAL Y METODO	26
III PRESENTACION DEL PROTOCOLO COMO RESULTADO OBTENIDO	
INTRODUCCIÓN	28
1 CRITERIOS DE APLICACIÓN	34
2. Descripción del problema	
2.1. Definiciones y conceptos	36
2.2. Anatomía del Oído	41
2.3. Física del Sonido	48
2.4. Fisiología de la Audición	52
2.5. Fisiopatología de la audición	59
2.6. Fuentes de exposición y usos	63
2.7. Efectos sobre la salud	65
3. EVALUACIÓN DEL RIESGO	93
3.1. Medición de Ruido	97
3.2. Valores límites Permisibles (VLP)	101
3.3. Métodos de Medición	104
3.4. Medición de la audición Humana	107
4. PROTOCOLO DE VIGILANCIA SANITARIA ESPECÍFICA.	
4.1. Historial Clínica	111
4.2. Historia laboral	116
4.3. Exploración clínica específica	
4.3.1 Otoscopia	116
4.3.2 Acumetría	118
4.3.3 Audiometría	120
4.3.4 Aspectos Prácticos sobre la Exploración Audiométrica	125
4.4. Criterios de valoración	134

5. Conducta A Seguir Según Las Alteraciones Que Se Detecten	135
6. Derivación a especialista: otorrinolaringólogo	140
7. Tratamiento Epidemiológico y Evaluación de los Programas de Prevención	142
8. Legislación aplicable	146
9. Bibliografía	147
Anexo I: Criterios para derivación a consultas de ORL	156
Anexo II: Registro individual de monitorización audiométrica	157
Anexo III: Clasificación de Klockhoff	158
Anexo IV: Tablas para cálculo del índice Eli	159
Anexo V: Tabla y cálculo del porcentaje de pérdida global	161
Anexo VI: RD 1316/1989: Resumen «Ruido»	162
Anexo VII: Cuestionario-modelo de aplicación	163
Anexo VIII: Vigilancia medica	167
Anexo IX Principales tóxicos del nervio acústico	168

## **Dedicatoria**

Culminar este trabajo como tarea ultima para alcanzar mi meta en en el ambito profesional se lo debo primeramente al todo poderoso porque me ha dado siempre la fortaleza para hacerlo, confiado en la premisa de que con El todo se puede, mi dedicatoria a:

Mi adorada esposa quien en los años de vida profesional ha estado permanentemente apoyandome y haciendo todo el sacrificio requerido para superar cada uno de las metas que nos proponemos

A mis hijos que han soportaron largas horas de mi ausencia y de disfrutar momentos agradables y necesarios para estar juntos, pero que ha la postre ha sido en beneficio de todos.

Tambien a mi queridissima madre que ha estado siempre pendiente de mis bisisitudes para lograr el exito, apoyanome permanentemente.

A todas mis hernanas y hermanos, sobrinos, sobrinas, cuñadas y cuñados que de una manera u otra me han apoyado en mi vida.

A la empresa ZIP El Porvenir que brindo el apoyo economico y moral para superar esta meta.

A la Universidad Nacional Autonoma de Honduras en especial a las autoridades del CURN por creer y confiar en este proyecto.

A todos los maestros del Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores de Cuba, por brindarnos su apoyo y conocimiento,

y a mis compañeros de maestria por compartir su esfuerzo y sacrificio

A todos mi agradecimiento eterno.

## **I. DEFINICION OPERACIONAL DE TERMINOS**

**Aptitud para trabajar:** condición en que los trabajadores son física, fisiológica y psicológica/ mentalmente capaces de realizar las tareas asignadas a sus trabajos, dentro de los estándares requeridos de seguridad, asistencia, calidad, eficiencia y comportamiento; puede verse temporal o permanentemente, parcial o totalmente afectada por trastornos médicos, psicológicos, mentales, de comportamiento, o físicos, así como por problemas personales.

**Reconocimiento medico previo a la asignacion o preempleo:** Es la evaluacion de la salud que se realiza antes de la colocacion de los trabajadores o de su asignacion a una determinada tarea que pueda suponer un peligro para la su salud o la de otras personas. El objetivo es determinar si la persona se ajusta física y psicológicamente al puesto específico y asegurarse de que su colocacion no supondra un peligro para su salud o la de otros trabajadores.

**Reconocimientos medicos periodicos:** Son los que se realizan a intervalos periodicos durante los empleos que supongan una exposicion a peligros potenciales que no puedan eliminarse completamene mediante las acciones de control preventivo. Pueden realizarse de manera ordinaria, para comprobar la adaptacion al puesto o en casos especiales , o servira esencialmente para completar aquellos extremos que no quedaron claros en e reconocimiento de ingreso.

**Reconocimiento medico de reingreso o reincorporacion al trabajo:** Este tipo de evaluación de la salud es necesaria para autorizar la reanudación del trabajo tras una larga ausencia por motivos de salud y determina la adecuación del trabajador para el puesto, La misma recomienda acciones apropiadas para proteger de futuras exposiciones e identifica si existe alguna necesidad de reclasificación o de readaptación.

**Protocolo:** Es al documento mediante el cual se adaptan las guías de practica clínica a las condiciones locales en las cuales se implementaran.

## II. Reconocimientos Medicos Preventivos

### INTRODUCCIÓN

Desde 1950, la OIT y la OMS cuentan con una definición común de la medicina del trabajo, que fue adoptada por el Comité Mixto OIT/OMS de Salud en el Trabajo en su primera reunión (1950) y revisada en su duodécima reunión (1995) “La medicina del trabajo tiene como finalidad promover y mantener el más alto nivel de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las profesiones; prevenir todo daño causado a la salud de éstos por las condiciones de su trabajo; protegerlos en su empleo contra los riesgos resultantes de la existencia de agentes nocivos a su salud; **emplazar y mantener al trabajador en un empleo acorde con sus aptitudes fisiológicas y psicológicas y, en resumen, adaptar el trabajo al hombre y cada hombre a su tarea** “(1).

Partiendo de la base de que una de las principales finalidades de la Medicina del Trabajo es lograr una buena adaptación o ajuste entre el puesto de trabajo y el hombre, una tarea fundamental para el Médico del Trabajo será **valorar** si esa adaptación se da de forma espontánea en ese caso concreto, o si por el contrario será necesario realizar modificaciones para mejorar ese ajuste (2).

Una de las funciones más importantes de la salud ocupacional en general y de la medicina del trabajo en particular es la prevención de los riesgos laborales a todos los trabajadores, sea cual sea su sector de actividad, consideración jurídica o tamaño de la empresa. La prevención de los riesgos laborales incluye la realización de actividades de identificación, valoración y control de los factores de riesgo presentes en los centros de trabajo, así como la vigilancia y minimización de los efectos a la salud de los trabajadores derivados de la exposición a los citados factores de riesgo laboral, actividad que se realizan con equipos multidisciplinarios, con profesionales de distintas ramas de la medicina, la ingeniería o la psicología (3).

Las actividades básicas para la prevención de los riesgos laborales y que tiene un carácter eminentemente sanitario, es la realización de reconocimientos médicos preventivos en relación con los riesgos laborales a los que se expone y los que constituyen el primer contacto directo entre el médico y el trabajador (4).

En la literatura mundial los exámenes médicos preempleo se reconocen con otras acepciones como reconocimiento medico, evaluación preempleo, evaluación preocupacional, valoración de aptitud para trabajar (preemployment medical examination, fitness for work, fitness for duty, fitness to work, occupational fitness) en ingles.

El objetivo básico del reconocimiento medico en general es el de determinar la aptitud del operador para trabajar, debemos partir entonces por entender el concepto, El Diccionario de la Lengua Española define “aptitud” como la “suficiencia o idoneidad para obtener y ejercer un empleo o cargo” (5), en la literatura mundial se encuentran múltiples definiciones y términos que ido evolucionando y agradándose nuevos conceptos.

El primer concepto en aparecer es el de capacidad y el segundo el de peligro o riesgo; ambos persisten a lo largo del tiempo, aunque se ve una tendencia a dar más importancia a la seguridad en los artículos de los últimos años. Otros conceptos relacionados con el de capacidad serían eficacia, rendimiento, productividad, y también capacidad funcional o funciones esenciales, mientras que conceptos relacionados con el de seguridad / peligro / riesgo serían el de riesgo sustancial y el de “amenaza o peligro directo” (“direct threat” en inglés) (6).

Este reconocimiento es de suma importancia para ambos pues, la imagen que del médico se forme el trabajador durante el contacto inicial se mantendrá a lo largo de su vida, y dará paso a la confianza, El examen debe poseer un alto contenido técnico y humano, pues desde esta perspectiva lo valorará el trabajador (4).

El médico del trabajo, por su conocimiento especializado de la interacción entre el trabajo y la persona, es el profesional idóneo para determinar si un trabajo concreto requiere o no la evaluación de las capacidades psicofísicas del trabajador, así como para definir cuáles son concretamente aquellas capacidades sin las cuales el trabajador no podría llevar a cabo las funciones esenciales de ese trabajo y con qué criterios deben ser valoradas.

Un tercer concepto detectado es el de la interrelación hombre-trabajo. En los primeros artículos se trasluce que es el hombre el que ha de “ser apto” o



adaptarse para el trabajo, mientras que más adelante surge el concepto de proceso bi-direccional, emparejar, encaje o ajuste. Conceptos relacionados con este último serían los de modificaciones o adaptaciones razonables al trabajo, o re-diseño del puesto de trabajo.

Es decir, no se evalúa sólo al individuo sino la interacción entre dos variables, ambas con capacidad de modificarse. Así, el trabajador como individuo no sería “apto o no apto” para un trabajo concreto “inamovible”, sino que este debería modificarse, siempre que sea posible, para facilitar este ajuste, adaptando así el trabajo a la persona. (6,7)

Tomaremos la definición repetida con más frecuencia y simple la es **“Valorar la capacidad del individuo para realizar su trabajo sin riesgo para su salud y seguridad ni la de otros”**. Generalizando, se podría decir que casi todas las definiciones coinciden en que la salud y seguridad de terceros ha de estar asegurada, la mayoría incluyen también el riesgo para el propio trabajador, muchas incorporan el concepto de capacidad y algunas el de “eficacia/rendimiento”. (8)

Partiendo de la definición concluimos que cualquier reconocimiento debe realizarse en paralelo con la investigación del medio ambiente de trabajo, que proporciona información sobre exposición potencial en el lugar de trabajo. Una de las primeras necesidades del médico al tomar posesión del cargo, será realizar la evaluación de la situación de salud de la empresa, para conocer los puestos de trabajo y los riesgos que estos implican, las descripciones estandarizadas de los puestos de trabajo pueden ser excesivamente superficiales e incluso equivocadas, de tal forma que un adecuado diagnóstico permitirá determinar los efectos a la salud relacionados con el trabajo en sus primeras fases de desarrollo.

Ahora cabe la pregunta de cuáles serían los criterios para decidir la aptitud para trabajar?, siendo una de las partes más difíciles de definir por parte de los letrados en la materia, aunque Davies (9) es el único autor que hace una recapitulación explícita de los criterios que según él han de aplicarse al valorar la aptitud para trabajar, y determina 3 criterios básicos que hay que tener en cuenta: 1) rendimiento y absentismo previsible; 2) riesgo de salud y seguridad propia; y 3)

riesgo de salud y seguridad para otros. Sin embargo, de la lectura de la literatura queda claro que los médicos del trabajo tienen en cuenta más factores al tomar una decisión sobre aptitud para trabajar. Finalmente, se han clasificado los diferentes criterios en cinco grandes apartados: de capacidad, de riesgo de seguridad y salud, económicos, éticos y legales.

El criterio de capacidad para trabajar parece ser el más importante, junto con el de riesgo para la seguridad y salud. La capacidad puede ser de 3 tipos: física, mental (referido a la carga mental/intelectual que requiere un trabajo), y psicológica. La mayoría de los artículos tratan de la capacidad física. La capacidad física es especialmente importante en ocupaciones con una demanda física elevada y también cuando la seguridad es clave, sobre todo si está en juego la seguridad pública y/o se ha de responder a situaciones de emergencia.

Con respecto al criterio de riesgo de salud y seguridad, Se trata de la probabilidad de padecer un daño a la salud, referido tanto al propio trabajador afectado y/o sus compañeros como al público en general (muy relevante en servicios públicos, como el de los bomberos).

Según Davies, el médico no debe decidir por otros qué riesgos son aceptables: es el empresario el que ha de asumir esta responsabilidad, aunque precisa del consejo médico sobre la naturaleza y magnitud del riesgo para tomar decisiones informadas. La ADA(American with Disabilities Act 1992 USA)(10) determina que el riesgo ha de ser con alta probabilidad de daño sustancial, la simple posibilidad de daño no es suficiente(11) y la actitud paternalista está rechazada específicamente: ni el médico ni el empresario tienen derecho a excluir a un trabajador del trabajo a no ser que sean capaces de cuantificar el riesgo y establecer que puede resultar en daño sustancial (12).La cuestión está en determinar el nivel de riesgo a partir del cual se justifica un no apto, o lo que es lo mismo, qué nivel de riesgo se considera asumible para aceptar un trabajador como apto.

Al referirse a los Criterios económicos: Se han identificado aspectos que tienen una implicación económica evidente al decidir la valoración de la aptitud para trabajar. Entre ellos se encuentran el posible riesgo futuro de absentismo, pero

también el riesgo de jubilación anticipada, incapacidad permanente y accidentes o enfermedades profesionales, ya que en muchos casos el certificado de aptitud para trabajar es equivalente a la aceptación del candidato dentro del plan de pensiones o seguro médico privado de la compañía.

También, detectar enfermedades profesionales adquiridas en ocupaciones previas puede ser relevante económicamente ante una posible reclamación (11). Otro motivo identificado para valorar la aptitud es determinar la calidad, productividad, rendimiento y eficacia del trabajador en el desarrollo de sus tareas. Estos conceptos se han incluido dentro de los criterios económicos por su matiz competitivo, y se han diferenciado de conceptos más neutros como capacidad, habilidad o aptitud, recogidos en los criterios de capacidad y cuya diferencia fundamental radica en el concepto de funciones esenciales. Un tema polémico es si ha de ser el médico o la empresa en el proceso de selección quien ha de valorar esa eficacia, pero la mayoría de los artículos, sobre todo los más recientes opinan que no es responsabilidad del médico

Probablemente la complejidad de los aspectos éticos en la valoración de la aptitud para trabajar radica en gran medida en el hecho de que la relación no es la habitual relación asistencial médico paciente, sino que existe una relación triangular médico-paciente-empresario, en muchas ocasiones con conflictos de intereses. Los aspectos éticos identificados en esta revisión son:

- a) Derecho a la no discriminación
- b) Confidencialidad
- c) Derecho a la información
- d) Lealtad en la relación médico-paciente
- e) Equidad
- f) Obligación asistencial

Las decisiones que afectan al empleo de los trabajadores y sus posibilidades de ingresos económicos conllevan una gran responsabilidad legal y ética, y los empresarios suelen responder argumentos económicos y legales; La legislación más relevante en el ámbito de la valoración de la aptitud para trabajar es, como ya se había apuntado en criterios éticos, la que se ha desarrollado en varios

países relativa a evitar la discriminación de personas con minusvalías. Así, en nuestro país la ley de Derechos Humanos establece que todas las personas tienen derecho a la no discriminación en el empleo por motivos de género, edad o discapacidad, aunque no se considera discriminación si el empresario puede demostrar que el género, la edad o la discapacidad hacen imposible al trabajador realizar las tareas esenciales de un trabajo concreto (13).

## **2.2 RECONOCIMIENTOS MÉDICOS PREVIOS A LA ASIGNACIÓN.**

Denominado también examen médico pre-empleo o preocupacional, es muy importante para el trabajador pues de él depende la posibilidad de ocupar el puesto de trabajo al que aspira y su futuro laboral (4). Este tipo de evaluación se realiza antes de la colocación de los trabajadores o de su asignación a una determinada tarea que pueda suponer un peligro para su salud o la de otras personas. Sus objetivos son determinar si la persona se ajusta física y psicológicamente al puesto específico y asegurarse de que su colocación no supondrá un peligro para su salud o la de otros trabajadores, destacándose:

1. Investigar patologías personales o familiares que señalen predisposiciones, alergias o intolerancias.
2. Diagnosticar enfermedades transmisibles que puedan afectar a otros trabajadores.
3. Hacer un examen clínico sistemático y completo en busca de otras patologías.
4. Valorar la capacidad física y funcional del trabajador.
5. Indicar la aptitud para la labor específica que debe ejecutar.
6. Confeccionar una historia ocupacional detallada.
7. Controlar y actualizar las inmunizaciones recibidas.
8. Realizar las recomendaciones higiénicas, dietéticas, inmunológicas y terapéuticas pertinentes.

El proceso tiene peculiaridades específicas:

En primer lugar, el médico de empresa siempre debe presuponer que el aspirante es APTO para la tarea que ha sido propuesto, en su ánimo no debe prevalecer la idea de que hay que encontrar algo que signifique el ser NO APTO.

En segundo lugar, el médico debe tener en cuenta que su misión no es la selección del más APTO sino comprobar que el aspirante cumple las condiciones biosociales mínimas para ocupar el puesto de trabajo para el que aspire. El médico del trabajo debe velar por la salud de los trabajadores, no por su rendimiento, aunque indirectamente lo procure. La principal misión es valorar no solo la actitud actual, sino también la posibilidad de que esta se mantenga sin deteriorarse por el ejercicio mismo del trabajo, la visión de conjunto presente-futuro.

El médico procurará que el reconocimiento previo que va a iniciar sea “técnicamente perfecto, humanamente adecuado y esencialmente fructífero” (4)

El reconocimiento previo o examen médico pre-empleo debe realizarse antes del ingreso, antes del período de prueba, si es posible antes de que el trabajador inicie cualquier actividad laboral en la empresa. Y tiene las siguientes etapas:

1. Datos generales, incluyendo el puesto para el que esta propuesto.
2. Anamnesis Clínica y laboral: Antecedentes de oficios, empresas, razones de cambio de puesto de trabajo o empresa, motivos para aspirar al trabajo actual, etc.
3. Exploración física general, específicamente considerando los factores nocivos del puesto de trabajo que va a ocupar en la empresa.
4. Exploraciones complementarias, en relación con el sexo, la edad, anamnesis y puesto de trabajo que se va a ocupar.
5. Lectura y análisis de todos los datos que puedan aportar los departamentos de personal y de psicología.
6. Valoración de los resultados en conjunto valorando la adecuación del candidato al puesto de trabajo al que aspira.

El médico es el responsable de emitir la certificación, quien deberá en primer lugar, sea cual fuere el resultado de la valoración, comunicarlo al interesado de manera personal, con estricta confidencialidad y reserva profesional no podrá comunicarse o darse a conocer, salvo los siguientes casos:

- a) Cuando medie mandato judicial;

- b) Por autorización expresa, escrita y con firma autenticada del trabajador interesado, y
- c) Por solicitud de las entidades competentes de previsión y seguridad social.

La comunicación razonada del médico con el candidato, establecerá las circunstancias, y en caso de que un candidato sea No Apto debe considerarse la renuncia personal, ante los argumentos en pro de la salud. Es posible que el candidato sea no apto para un puesto, pero si lo es para otro, por lo que se deberá hablar con el jefe de personal tras la autorización del candidato y buscar en la empresa el puesto más idóneo en cada caso.

Al valorar una aptitud y capacidades del trabajador será asignado al puesto de trabajo que, no perjudica su salud, lo que redundara en poco ausentismo, disminución del envejecimiento prematuro, satisfacción en el de puesto de trabajo, adecuando el hombre al trabajo y el trabajo al hombre, contribuyendo a elevar los niveles de producción y el bienestar individual y familiar, de la empresa y la sociedad.

## **RECONOCIMIENTOS MEDICOS PERIODICOS**

El examen médico de ingreso o reconocimiento previo a la contratación será el primer eslabón de la cadena de contactos que el trabajador y el médico mantendrán durante la vida laboral de ambos en la empresa (4).

Los Reconocimientos Médicos Periódicos se realizan a intervalos determinados durante los empleos que supongan una exposición a peligros potenciales que no puedan eliminarse completamente mediante acciones de control preventivo (2). Pueden realizarse de manera ordinaria, para comprobar la adaptación al puesto o en casos especiales, permite completar los aspectos que no quedaron claros en el primer reconocimiento, requiere poco tiempo, con exploraciones complementarias mínimas, garantiza actualizar el estado de salud y valorar las consecuencias del trabajo en el trabajador, y se constituye en una fuente de información acerca de la empresa y el grado de integración de la persona al ambiente de trabajo (3).

El control de la salud del trabajador durante su empleo, permite verificar su ajuste al puesto y detectar a tiempo síntomas de falta de salud que pueda deberse al trabajo. Suelen complementarse con otros reconocimientos según el tipo de peligros detectados.

Entre los objetivos de los exámenes médicos periódicos están:

- Detectar a tiempo cualquier efecto adverso para la salud causado por prácticas de trabajo o exposición a peligros potenciales;
- Detectar la aparición de una enfermedad profesional;
- Verificar si la salud de algún trabajador especialmente vulnerable o enfermo crónico se está viendo adversamente afectado por el trabajo o el medio ambiente de trabajo;
- Controlar la exposición personal con la ayuda de controles biológicos;
- Comprobar la eficacia de las medidas preventivas y de control;
- Identificar posibles efectos sanitarios de los cambios en las prácticas de trabajo, las tecnologías o las sustancias utilizadas en la empresa.

Al realizar los exámenes médicos periódicos se deben lograr:

1. El diagnóstico precoz de las enfermedades e intoxicaciones profesionales.
2. El control médico de seguridad a trabajadores que laboran en puestos de riesgo.
3. Las recomendaciones de cambios del puesto de trabajo por razones de salud.
4. La prevención de enfermedades transmisibles.
5. El descubrimiento de afecciones crónicas latentes o de evolución insidiosa.
6. El descubrimiento de fatiga y extenuación.
7. La educación sanitaria sobre hábitos higiénicos, alimentación, hábitos tóxicos y protección personal.
8. La actualización de inmunizaciones.
9. El tratamiento si es necesario.

Estos objetivos a lograr determinarán la frecuencia, contenidos y métodos de los reconocimientos médicos periódicos, que podrán llegar a realizarse con una

frecuencia de meses o años, dependiendo de la naturaleza de la exposición, la reacción biológica esperada, las oportunidades de adoptar medidas preventivas y la viabilidad del método de reconocimiento.

En otros términos la vigilancia médica del personal ocupacionalmente expuesto, permite evaluar el estado de salud del trabajador y dictaminar desde el punto de vista médico, su aptitud para desempeñar su trabajo sin poner en peligro su salud o la de sus compañeros, así como, dejar constancia del estado de salud del trabajador a lo largo de exámenes sucesivos, a fin de disponer de elementos de referencia que permitan apreciar la importancia de cualquier modificación ulterior y que suministren información en caso de accidentes de trabajo o enfermedades profesionales.

## **RECONOCIMIENTOS MÉDICOS EN LA REINCORPORACIÓN AL TRABAJO**

Este tipo de evaluación de la salud es necesaria para autorizar la reanudación del trabajo tras una larga ausencia por motivos de salud y determina la adecuación del trabajador para el puesto, La misma recomienda acciones apropiadas para proteger de futuras exposiciones e identifica si existe alguna necesidad de reclasificación o de readaptación.

Si la ausencia a sido motivada por una afección o por maternidad, hay que tener en cuenta la posibilidad de que exista una secuela permanente o transitoria que modifique la capacidad funcional del individuo y por ende, su capacidad laboral , o que lo hagan mas vulnerable a los factores nocivos del trabajo.(4)

De modo similar, cuando un trabajador cambia de puesto, el médico del trabajo debe certificar que se adecua a las nuevas tareas. El objetivo del reconocimiento, su necesidad y el destino de los resultados determinarán el contenido, los métodos y el contexto de realización.

## **RECONOCIMIENTOS MÉDICOS AL TÉRMINO DEL SERVICIO**

Este tipo de evaluación de la salud se realiza al terminar una asignación que suponga peligros que puedan causar o contribuir a la aparición de daños para la salud. El objetivo es realizar una evaluación final de la salud del trabajador,



compararla con los reconocimientos médicos previos y evaluar cómo han afectado a la salud las asignaciones de puestos anteriores.

En relación a los instrumentos aplicados al trabajador se observa en la literatura una mención muy frecuente a las pruebas diagnósticas, más que a la anamnesis y exploración física y muy por encima de la historia laboral.

El tipo de pruebas diagnósticas dependen lógicamente de la patología concreta y del tipo de ocupación a que se refieran. Algunas son muy básicas y de uso común, y otras muy sofisticadas de uso exclusivo en laboratorios de investigación; algunas se utilizan para determinar la capacidad física, o la capacidad psicológica/mental, y otras se usan para valorar el riesgo.

Las más utilizadas son la audiometría, pruebas de visión, pruebas de laboratorio (sistemático de sangre, bioquímica, orina, coprocultivos -para manipuladores de alimentos-, etc.), exploraciones radiológicas, espirometría, electrocardiograma, pruebas de esfuerzo, determinación del consumo de oxígeno máximo (sólo en caso de esfuerzo físico extenuante o emergencias, por ejemplo bomberos y equipos de rescate, Holter de frecuencia cardiaca (para la determinación de requisitos cardiopulmonares de mineros, pruebas de fuerza isométricas en casos de alta demanda de fuerza física, y pruebas psicológicas. La prueba diagnóstica más curiosa identificada para valorar la aptitud para trabajar es el polígrafo, muy utilizada en la década de los 80s (200 a 500.000 pruebas al año en Estados Unidos), al parecer sobre todo para proteger los derechos de propiedad de las empresas.(2)

A pesar de la amplia utilización de pruebas diagnósticas, otros instrumentos son quizá más relevantes en la valoración de la aptitud para trabajar. Así, según Robbins la historia médica y laboral contienen la información más significativa, tanto en volumen como en relevancia para la valoración de la aptitud para trabajar. El mismo autor, refiere que el mejor instrumento demográfico de predicción es la historia laboral previa del individuo. (14)

Es bien reconocido desde hace décadas que no basta con evaluar la salud del individuo. El conocimiento por parte del médico de los requisitos de un trabajo concreto es uno de los aspectos más importantes en la valoración de la aptitud para trabajar (7).

En algunos artículos se pone de manifiesto que la información disponible sobre las características del puesto de trabajo es a menudo escasa e inespecífica cuando no inexistente y en ocasiones proviene exclusivamente del propio trabajador. Se hace énfasis sobre la importancia de tener información precisa suministrada por el empresario, así como la utilidad de visitar los lugares de trabajo para obtener información de primera mano.

El primer paso debe ser siempre el análisis del trabajo (job analysis) para cuantificar las demandas físicas del trabajo, de manera que cualquier evaluación ha de estar hecha a medida de los riesgos y requisitos funcionales del trabajo propuesto. Es esencial tener información objetiva sobre las demandas físicas del trabajo para poder evaluar la capacidad funcional del individuo: esto es, la habilidad para desempeñar las tareas esenciales que conforman un trabajo concreto. Sólo se puede justificar una decisión una vez que se tiene este conocimiento (15).

Según varios autores, es imprescindible examinar cada trabajo para determinar sus funciones esenciales, siendo esta una función del empresario. Otros argumentan que es el ergónomo y/o el médico del trabajo quienes deben determinar cuales son las funciones esenciales.

Las evaluaciones de la aptitud para trabajar deberían incluir información sobre los requisitos del trabajo que ha sido ofrecido al trabajador, una historia médica y ocupacional dirigida, una exploración física guiada por los hallazgos previos y un uso selectivo de pruebas de diagnóstico.

El uso de estas pruebas de diagnóstico debería estar limitado a casos en los que sea obligatorio por normativa (buceadores profesionales, conductores comerciales, etc.), exista la posibilidad de disminuir el riesgo de seguridad y salud

para el trabajador o el público (por ejemplo, el estado inmunológico en trabajadores sanitarios o coprocultivos en manipuladores de alimentos), esté determinado por los hallazgos en la historia médica o exploración física, o como información de base para futuro control biológico (11). McGregor (8) propone un programa para la valoración de inicio de la aptitud para trabajar teniendo en cuenta el coste/efectividad del proceso mediante la racionalización de recursos.

Al final y como resultado de la valoración, la mayoría de los artículos coinciden en clasificarlos en tres grandes grupos: apto, no apto y apto con condiciones temporales o permanentes (7). Sobre esta estructura básica muchos autores introducen variaciones y matizaciones. Este certificado de aptitud no implica ningún tipo de garantía de que el trabajador no se lesionará o enfermará en el futuro”.

En qué momento exacto al principio se realice esta valoración de la aptitud para trabajar es de primordial importancia, y por eso al recoger los datos se diferencié entre previo (en inglés preemployment), cuando se realiza antes de una oferta de trabajo, o de inicio (en inglés pre-placement), cuando se realiza después de una oferta de trabajo pero antes de comenzar en el puesto. Se observa que en el período 1984-1992, el 60% de los artículos mencionan el reconocimiento previo, y sólo el 40% al inicio, mientras que el período 1993-2005 los porcentajes se invierten: el 25% mencionan previo frente a un 69% que mencionan de inicio.

Casi la mitad (44%) mencionan la evaluación de la aptitud para trabajar a la reincorporación tras una ausencia prolongada por motivos de salud (Gerkin 1995 sugiere 90 días)(16) que puede haber modificado las condiciones de salud del trabajador.

En cuanto a la valoración periódica de la aptitud para trabajar, se harán con un enfoque ocupacional, haciendo referencia a ocupaciones donde la seguridad es clave y la realización de valoración periódica de aptitud es obligatoria (bomberos, militares, conductores profesionales, trabajadores de residuos tóxicos). Otros coinciden en que la valoración periódica está justificada sólo en determinadas circunstancias, por ejemplo en ocupaciones donde la seguridad es primordial o cuando está marcado por legislación específica, y que en el resto de

circunstancias el énfasis ha de ponerse en la responsabilidad de los trabajadores de declarar cualquier problema de salud o uso de medicación que pueda afectar a la seguridad. Lo ideal es reevaluar tan pronto como se detecten dificultades. Otros momentos mencionados en la literatura son ante el cambio de puesto de trabajo, modificación de las condiciones de trabajo, aparición de problemas de salud, o su realización a demanda: a petición del trabajador, del empresario o del supervisor o bien de organismos oficiales.

La mayoría de los países se basan en la recomendación No 171 del convenio No 161 de la organización internacional del trabajo (OIT), donde se establecen las evaluaciones a considerar para proteger la salud de los trabajadores, entre las que pueden encontrarse:

- Evaluación de la salud de los trabajadores antes de que se les asignen tareas específicas que puedan entrañar peligros para su salud o para la de los demás;
- Evaluaciones de la salud a intervalos periódicos durante todo empleo que implique una exposición a riesgos particulares para la salud;
- Evaluación de la salud de los trabajadores que reanudan el trabajo tras una ausencia prolongada por motivos de salud, con la finalidad de descubrir sus eventuales orígenes profesionales, recomendar una acción apropiada para proteger a los trabajadores y la adaptabilidad de los trabajadores a sus tareas y la necesidad de una reclasificación y de una readaptación;
- Evaluaciones de la salud al terminar y después de terminar asignaciones a puestos de trabajo que entrañen riesgos susceptibles de provocar juicios ulteriores para su salud o de contribuir a tales perjuicios.

Aunque la legislación en Honduras contempla la obligación de los empleadores de implementar la práctica de los exámenes médicos preventivos, pero de manera

incongruente y adaptada más a necesidades de tipo económico y político que técnico y aunque son de obligatorio cumplimiento estos no se realizan.

El desarrollo industrial del país en la última década, ha generado un incremento de las empresas, contribuyendo a la generación y a la exposición de múltiples y diversos factores de riesgo para la salud de los trabajadores, esto enfatiza la necesidad de aplicar medidas desde el ingreso del personal al medio laboral, haciéndose imprescindible la reglamentación y normalización de los reconocimientos médicos preventivos en el país.

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Uno de los problemas mas importantes que se presentan a la hora de desarrollar las actividades medico preventivas para los trabajadores es la falta de protocolos estandarizados y actualizados para la determinación de los efectos sobre la salud de los trabajadores que se derivan de la mayoría de riesgos de origen laboral. (2)

En Honduras el Código de Salud (Decreto numero 65-91, Emitido el 28/05/1991 y publicado en la Gaceta N° 26509 del 06/08/1991) estipula literalmente en el Artículo 0112-“Todo trabajador previamente a su contratación deberá presentar el resultado de un examen medico pre-ocupacional; asimismo todo trabajador esta obligado a someterse a exámenes médicos periódicos. (17)

Por su parte el Reglamento General de Medidas Preventivas de Accidentes y Enfermedades Profesionales, literalmente estipula en el Capitulo V de las obligaciones de los trabajadores en el articulo 10 letra i) en el cual el trabajador debe someterse a reconocimiento medico como requisito indispensable de ingreso al trabajo y durante este a solicitud del empleador o por orden de la secretaria de trabajo y seguridad social, pero en ningún momento establece como obligación del patrono practicarlos y en el Capitulo IX de los programas de Seguridad y Salud en el Trabajo, en el articulo 46 numeral 2 letra A el que literalmente dice a) Realizar exámenes médicos para selección de personal, rotación de puestos de trabajo, trabajos temporales, periódicos y reingreso de acuerdo a los factores de riesgo presente en el ambiente de trabajo”, Por lo que debe ser obligación de los empleadores implementar la práctica de los reconocimientos médicos preventivos. (18)

Sin embargo en la actualidad el examen médico pre-empleo o preocupacional que se practica en algunas empresas es muy superficial y no cumple las expectativas y los requerimientos necesarios para la evaluación y vigilancia médica del personal, las funciones de promoción y protección de la salud de los trabajadores desde su ingreso.

La necesidad de establecer protocolos para los exámenes o reconocimientos médicos previos y sucesivos, de acuerdo al factor de riesgo mas frecuente, el

ruido y en todos los puestos de trabajo donde se genere ruido se debe cambiar radicalmente la practica de los reconocimientos médicos que se realizan, por ser exámenes médicos inespecíficos, sin carácter preventivo general, a protocolos que garanticen la periodicidad y especificidad frente a los riesgos derivados del trabajo, permitiendo una selección objetiva para mantener el equilibrio salud-trabajo procurando trabajadores productivos y con alto desempeño.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un protocolo para los exámenes o reconocimientos médicos preventivos de los trabajadores expuestos a ruido.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Establecer las características de los exámenes o reconocimientos médicos preventivos de los trabajadores expuestos a ruido.
2. Estandarizar la periodicidad de los reconocimientos médicos preventivos de los expuestos a ruido.
3. Definir los exámenes complementarios y sus características a ser realizados en los exámenes o reconocimientos preventivos de los expuestos a ruido.

## **HIPOTESIS**

La aplicación de un protocolo para la realización de los exámenes o reconocimientos preventivos en los trabajadores expuestos al ruido es una necesidad actual en las empresas del país, para garantizar el mantenimiento de la salud de los trabajadores.



## **II MATERIAL Y MÉTODO**

La metodología utilizada fue la siguiente:

- A. Revisión bibliográfica exhaustiva de la literatura internacional sobre protocolo para exámenes o reconocimientos preventivos y protocolos para el estudio de ruido.
- B. Búsqueda, revisión, clasificación y valoración de literatura mundial relacionada a ruido, sus efectos y estudio del riesgo.
- C. Análisis en empresas con ruido considerando la población expuesta e implementación de programas de conservación auditiva.
- D. Diseño de protocolo para el reconocimiento medico preventivo para el riesgo ruido normalizando la periodicidad y las pruebas complementarias.
- E. Establecer las bases de los protocolos para los otros riesgos presentes en la empresa.

La estructura del protocolo es el siguiente:

### **1 CRITERIOS DE APLICACIÓN**

### **2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

- 2.1. Definiciones y conceptos
- 2.2. Anatomía del Oído
- 2.3. Física del Sonido
- 2.4. Fisiología de la Audición
- 2.5. Fisiopatología de la audición
- 2.6. Fuentes de exposición y usos
- 2.7. Efectos sobre la salud

### **3. EVALUACIÓN DEL RIESGO**

- 3.1. Medición de Ruido
- 3.2. Valores límites Permisibles (VLP)
- 3.3. Métodos de Medición
- 3.4. Medición de la audición Humana

### **4. PROTOCOLO DE VIGILANCIA SANITARIA ESPECÍFICA.**

- 4.1. Historial Clínica
- 4.2. Historia laboral
- 4.3. Exploración clínica específica
  - 4.3.1 Otoscopia
  - 4.3.2 Acumetría
  - 4.3.3 Audiometría
  - 4.3.4 Aspectos Prácticos sobre la Exploración Audiométrica
- 4.4. Criterios de valoración

### **5. CONDUCTA A SEGUIR SEGÚN LAS ALTERACIONES QUE SE DETECTEN**

6. DERIVACIÓN A ESPECIALISTA: OTORRINOLARINGÓLOGO

7. TRATAMIENTO EPIDEMIOLÓGICO Y EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE PREVENCIÓN

8. LEGISLACIÓN APLICABLE

9. BIBLIOGRAFÍA

Anexo I: Criterios para derivación a consultas de ORL

Anexo II: Registro individual de monitorización audiométrica

Anexo III: Clasificación de Klockhoff

Anexo IV: Tablas para cálculo del índice Eli

Anexo V: Tabla y cálculo del porcentaje de pérdida global

Anexo VI: RD 1316/1989: Resumen «Ruido»

Anexo VII: Cuestionario-modelo de aplicación

Anexo VIII: Vigilancia medica

Anexo IX Principales tóxicos del nervio acústico

## **IV PRESENTACION DEL PROTOCOLO COMO RESULTADO**

### **1. INTRODUCCIÓN**

La vida en sociedad obliga a vivir en un entorno, donde el ruido es parte consustancial y forma parte de los elementos cotidianos que nos envuelven, Desde mediados del siglo XIX y de manera progresiva la sociedad evoluciona hacia un modelo donde la presencia de ruido en el medio crece de manera paralela al bienestar (19). No obstante el ruido se puede volver y de hecho, así ocurre con mucha frecuencia, agresivo para el hombre, de manera que se puede considerar al ruido como un importante contaminante en la actualidad, dando lugar a una entidad nosológica específica, la Hipoacusia.

Desde hace ya más de 2.500 años el ruido ha sido reconocido como perjudicial para el hombre. Así los Sibaris, en el Golfo de Taranto en Calabria (Grecia), en el año 600 a.C., prohibieron a los trabajadores del metal el golpeteo continuo con los martillos sobre los materiales de hierro y bronce dentro de los límites de la ciudad. En el siglo primero de nuestra era, Plinio el Viejo en *"La Historia Natural"*, mencionaba ya que la gente que vivía cerca de las cataratas del Nilo, acababa quedándose sorda, lo que constituye la primera referencia escrita de los efectos del ruido sobre la audición.

Otra referencia destacada a este respecto, es la del inglés Lord Francis Bacon quien, en 1.627, describe varios de los efectos que acontecen tras una exposición prolongada a una intensa fuente sonora. Así textualmente comenta: *"Yo mismo, estando cerca de un ruido estridente, (similar al usado para llamar a un halcón) tuve, de repente, una sensación como si algo se hubiese roto o dislocado en mi oído, e inmediatamente después un zumbido intenso,... Yo temí alguna sordera. Pero, tras aproximadamente un cuarto de hora, desapareció..."*

Tratando de las consecuencias irreversibles de la exposición al ruido Bacon dice: *"Un ruido intenso y próximo es la semilla de muchas sorderas"*.

Fue este mismo autor quien describió el fenómeno de enmascaramiento: *"Los sonidos se alteran y distorsionan unos a otros. A veces son ahogados por otros"*

*ruidos haciéndolos inaudibles; a veces chirrían entre sí llevando a la confusión al oyente y, en ocasiones, se acoplan mutuamente constituyendo una armonía" (20).* C.H. Parry, en 1.825, describe casos de pérdida parcial o total de la audición de forma temporal o permanente ocasionados por el ruido.

Es conocida también la descripción del caso del almirante Rodney, quién quedó casi completamente sordo durante 40 días tras la descarga de los 80 cañones de su navío "*Formidable*". La historia habla de un oficial que resultó con una sordera total y permanente debido a los repetidos disparos de un cañón a su mando durante la batalla de Copenhague, en 1.782. Existen, pues, pocas o ninguna duda de que antes de la Era Industrial eran perfectamente conocidas los efectos traumáticos del ruido. La primera cita de sordera, en concepto de enfermedad laboral, se encuentra en la obra clásica sobre enfermedades profesionales de Ramazzine, en el año 1.700.

A partir del siglo XIX, con la revolución industrial, la culminación de la industria pesada, el incremento de los medios de transporte, la utilización del ruido en las actividades lúdicas y el aumento de la densidad de la población, han hecho que los niveles sonoros hayan ido creciendo, convirtiéndose en un importante problema medioambiental.

Aparentemente, la pérdida progresiva de la audición, asociada a la exposición repetida a ruidos no demasiado intensos, no es reconocida hasta la llegada de la Era Industrial de la que hablamos, que es cuando comienza a ser considerada como una enfermedad ocupacional. No obstante, hasta comienzos de 1.900, el trauma acústico producido por exposición al ruido no es calificado como una lesión por la cual el trabajador tuviera derecho a indemnización.(21)

Es fundamentalmente a partir de los últimos 25 años cuando la preocupación por el ruido se ha hecho más patente. Así, en 1.977, la O.M.S. crea un grupo de trabajo que expone en Bruselas los Criterios de Salud Ambiental aplicables al ruido. (1.983). La C.E.E. declara a 1.987 como Año Europeo del Medio Ambiente y se crean una serie de normas para la prevención y medios de protección del

mismo, incluyéndose un apartado que hace relación al ruido como uno de los agentes contaminantes medioambientales de mayor importancia (21).

El estudio del ruido reviste gran importancia para la Higiene y la Medicina del Trabajo por sus efectos sobre el organismo humano por ser variados y por la extensa población expuesta en el medio laboral y comunitario en general. Es en la industria y lugares de trabajo donde se producen las más severas condiciones de contaminación acústica, actualmente es el riesgo laboral de mayor prevalencia.

Se calcula que es, directa o indirectamente, el responsable del 11 % de los accidentes laborales, y que la hipoacusia que desencadena ocupa el tercer lugar en lo que a enfermedades profesionales se refiere. Esto se debe a que las conexiones indirectas entre el sistema auditivo y los sistemas nerviosos central y neuroendocrino, desencadenan una cascada de fenómenos que justifican la gran variedad de afecciones que hemos reseñado y que no se limitan exclusivamente a la alteración auditiva (21).

El ruido es un riesgo que acompaña al hombre en el medio laboral, se encuentra en cualquier actividad humana, actualmente es el riesgo laboral de mayor prevalencia (20).

Entre los factores o agentes considerados como riesgo ocupacional, el ruido ocupa un lugar predominante, está universalmente distribuido y expone a un elevado número de trabajadores. De acuerdo a la OSHA(Organization Safety and Health Occupational) cerca de 5.2.millones de trabajadores están expuestos diariamente a niveles promedio de 85dBA, 1.5 millones están expuestos a niveles entre 90 y 95dBA1 millón a niveles entre 95 y 100dBA y 425,000 a niveles arriba de 100Dba (22).

En las poblaciones industriales que laboran en ambientes ruidosos este riesgo físico es un codeterminante principal de las posibles pérdidas auditivas.

En nuestro medio, según reporte de Control de Riesgos Empresariales, empresa nacional ubicada en la ciudad de San Pedro Sula, dedicada a la prestación de

servicios en salud Ocupacional encontramos que en una población expuesta promedio de 15000 trabajadores de 21 empresas a las que se les han practicado mediciones ambientales de ruido ( Sonometría Ambiental) consistente en 486 puntos en igual numero de grupos homogéneos o similares de exposición(GHE), encontramos que el 25%(119puntos) resultaron por encima del limite de exposición de 85dBA; 43%(211puntos) resultaron en el limite de riesgo de 80 a 85dBA y solamente el 32% (152puntos) resultaron por debajo del limite de exposición. Al practicarles la medición personal (78 Dosimetrías) encontramos que el 73% de los estudios resultaron con niveles de exposición por arriba del 100% de la dosis esperada para un TWA (Tiempo Promedio de Exposición) de 8 horas de exposición.

Fisiológicamente se considera que el ruido es cualquier sonido desagradable o molesto; desde el punto de vista físico se define, como una superposición de sonidos de frecuencias e intensidades diferentes, sin una correlación de base.

El ruido desde el punto de vista ocupacional puede definirse como el sonido que por sus características especiales es indeseado o que puede desencadenar daños a la salud (22).

Desde el punto de vista físico el sonido es un movimiento ondulatorio con una intensidad y frecuencia determinada que se trasmite en un medio elástico (aire, agua o gas), generando una vibración acústica capaz de producir una sensación auditiva . La intensidad del sonido se debe a la amplitud de la vibración acústica, la cual es medida en decibeles (dB). La frecuencia indica el número de ciclos por unidad de tiempo que tiene una onda (c.p.s ó Hertzios – Hz)(23)

El rango de frecuencia de los sonidos audibles en personas jóvenes y sanas es de 20 a 20000 Hz, siendo los ruidos de alta frecuencia los más dañinos para el oído humano. En los programas de vigilancia médica del ruido en trabajadores, es posible detectar sus efectos iniciales en las frecuencias de 4000-6000 Hz como una señal de alerta. (22)

El valor de presión sonora que puede detectar el oído humano (20 millones de micro Pascales) tiene un rango tan amplio que se requiere de la utilización de una escala logarítmica para la medición del sonido, el decibelio (21).

Las industrias con más severas condiciones de contaminación acústica son: la Industria Textil, la sidero metalúrgica, la azucarera, aunque es un factor de riesgo presente en prácticamente todas las actividades económicas.

Hay también fuentes de ruido extralaborales que producen lo que a veces se llama "socioacusias" y cuyos efectos sobre la audición son imposibles de diferenciar de aquellos otros. Tan sólo cabe establecer suposiciones al momento de examinar a un determinado trabajador, realizándole un detallado interrogatorio acerca de las actividades recreativas y otras actividades ruidosas desarrolladas por la persona o que se realizan en su entorno domiciliario. Como ejemplos de fuentes socioacústicas cabrían citar: las motocicletas sin silenciador, la música a gran volumen, labores de reparación de carrocerías de vehículos y las armas de fuego. Disparar frecuentemente con armas de gran calibre, sin protección auditiva puede contribuir de manera significativa a la pérdida auditiva inducida por ruido, mientras que cazar ocasionalmente con armas de menor calibre tiene menos probabilidades de causar daños.

La exposición a ruidos no laborales y la socioacusia resultante tienen importancia porque esta pérdida auditiva se suma a la que puede sufrirse por la exposición a fuentes de ruido de carácter laboral.

De esto se reportan estudios como en un concierto ofrecido por un grupo de música "pop", a una distancia de tres metros de los altavoces, se alcanzó un nivel sonoro de 125 dB, 118 dB en la primera fila y 110 dB en las últimas filas. Estos datos fueron utilizados por Axelsson de la Universidad de Gotemburgo (1987) para explicar por qué, de 160 músicos de grupos modernos, el 30 % mostraban pérdidas auditivas típicas de traumatismo sonoro con repercusiones sobre la inteligibilidad de la palabra. Datos semejantes se desprenden de un estudio realizado por Ellotorp (1.973), en el que de un total de 70 "discjockey" de discoteca, la tercera parte padecía una pérdida significativa de la audición para los sonidos

de altas frecuencias, mientras que en un grupo control de la misma edad sólo el 1 % padecía alteraciones similares (21).

En beneficio de la salud auditiva general de los trabajadores, sería conveniente aconsejar el uso de protectores auditivos adecuados si desarrollan actividades extralaborales ruidosas.

Hay aspectos negativos para el control adecuado del ruido, tales como:

- Desconocimiento y divulgación de sus consecuencias.
- Necesidad de recursos humanos y materiales para su evaluación.
- Falta de percepción del riesgo para los trabajadores y ciudadanos en general.

El establecimiento de programas de control del ruido es una tarea compleja debido a que requiere el conocimiento de la tecnología y de los equipos de medición empleados y del personal calificado para tales funciones.

Los efectos nocivos del ruido sobre la audición se conocen desde hace siglos, considerando que la contaminación acústica no es causa directa de males inmediatos severos, salvo en casos extremos como explosiones o ruidos de gran potencia (23). Sin embargo el deterioro de la salud mental de la población y el progresivo aumento de enfermedades de tipo nervioso, convierten al ruido en un foco principal responsable de la contaminación ambiental. El ruido altera la concentración, la productividad laboral e intelectual, el descanso, y en altas dosis, produce lesiones auditivas irreparables.

Es conveniente estudiar el ruido y sus manifestaciones en dos tipos de ambiente: el ambiente laboral y el ambiente extra laboral, en el ambiente laboral, las personas expuestas a altos niveles de ruido son susceptibles de sufrir pérdida auditiva parcial o total, lo que los hace más susceptibles a ruidos fuera del ambiente laboral (23).

En el ambiente extra laboral, las manifestaciones de ruido surgen indudablemente en las ciudades, lugares donde se concentran la mayor cantidad de actividades y de población, y por lo tanto mayor número de personas afectadas, se sabe que el



70% del ruido presente en las ciudades es responsabilidad del tránsito vehicular, lo que lo hace ser el contaminante más común.

La estrategia del enfoque de riesgo, consiste en la identificación de las personas con alto riesgo, expuestas a intensidades de ruido por encima de los 85 dB(A) durante la jornada laboral, usen o no medios de protección auditiva y garantizándole el acceso a la atención y al seguimiento especializado.

Resulta evidente que el conocer el universo de personas expuestas al riesgo, permite poner en práctica un grupo de medidas, pueden incluir la protección o modificación de las fuentes emisoras de ruido, el medio ambiente, la fuente y al trabajador, mediante la separación de las fuentes emisoras o de la dotación de medios de protección adecuados. El grado de riesgo al que se encuentran sometidos los trabajadores o un trabajador en específico, va a estar condicionado por el tipo de ruido, por el tiempo y tipo de exposición, los antecedentes patológicos personales, el uso de medios de protección auditiva, las actividades sociales circundantes en su medio domiciliario, las actividades productivas que el mismo realice fuera de su horario laboral entre otros factores.

## **2. CRITERIOS DE APLICACIÓN**

En Honduras como en la mayoría de países de Latinoamérica no existe una política de protección auditiva, consecuentemente, es inexistente una legislación que contemple los problemas ambientales acordes al cambio tecnológico y al crecimiento acelerado de la industria y las ciudades; este aumento de las actividades se manifiesta en mayores índices de contaminación por ruido, como resultado del incremento en el desarrollo comercial e industrial sin una debida planificación y control estatal que la regule.

La legislación sobre ruido en el país, está contemplada en reglamentos sobre la contaminación acústica, pero de una forma parcial, inconexa y descontextualizada. Es necesario que se establezca una política ambiental acústica basada en criterios modernos, tomando como punto de partida la realidad de la contaminación acústica del país, en concordancia con la disponibilidad tecnológica y la protección requerida de la comunidad expuesta.

La planificación de una regulación de contaminación acústica, deberá estar enmarcada en la reglamentación del Ministerio del Medio Ambiente, que sirva de soporte a otras Normas legales que la adecuen a las características específicas de las ciudades y empresas hondureñas. Esta Normativa debe establecer criterios de calificación (cualitativa y cuantitativa) para las fuentes de ruidos específicos como, fuentes móviles y fijas, aeropuertos, autopistas, vías de alto tránsito vehicular y construcción de obras civiles de gran envergadura.

La problemática ambiental, requiere de una evaluación y control específico, que impulse al sector regulador a establecer una reglamentación dinámica que pueda enfrentar los retos de la contaminación por ruido en la actualidad y en un futuro inmediato.

En un intento de establecer una normativa para controlar y minimizar el ruido industrial en el capítulo XXIII, sección III referente a ruido y vibraciones, del Reglamento de Medidas Preventivas de Accidentes y Enfermedades Profesionales en los artículos 351 al 360, establece en manera superficial e inespecífica, los valores límite a partir de las cuales las personas expuestas al

ruido en su puesto de trabajo deben ser sometidas a reconocimiento médico específico, de igual manera se establece la realización de controles audiométricos cada 5 años si las personas están expuestas a niveles entre 80 y 85 dBA, y cada año si este nivel es mayor de 85 dBA durante la jornada de 8 horas (18).

Lo dispuesto en esta norma debería ser de aplicación a todas las personas que trabajen por cuenta ajena, cualquiera que sea la modalidad de duración de su contrato.

La evaluación de la exposición al ruido se realizará en base a la medición del mismo. Las mediciones del ruido deberán ser representativas de las condiciones de exposición y deben permitir determinar el nivel diario equivalente y el nivel Pico. Quedan exceptuados de evaluar la medición los casos en los que se aprecie directamente que en un puesto de trabajo el nivel diario equivalente o nivel Pico, respectivamente, son manifiestamente inferiores a 80 dBA y 140 dBA.

Muchas empresas antes de la vigencia de el reglamento de medidas preventivas han tomado como parámetros de referencia, las de la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) la cual regula la exposición de ruido durante o por mas de 8 horas de tiempo efectivo promedio (TEP) a 90dBA (25). En estudios retrospectivos, los 85 dBA representan el umbral biológico aproximado por encima del cual son posibles las lesiones permanentes en el sistema auditivo (26).

El presente protocolo pretende poner al alcance de los profesionales interesados una guía de actuación en el ámbito de la vigilancia de salud de los trabajadores, de carácter orientativo, y establecer criterios y técnicas para la realización correcta de la exploración audiométrica, contribuyendo con ello a la elevación del estado de salud de la población trabajadora.

## **2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.1. DEFINICIONES Y CONCEPTOS**

**Hipoacusia** (CIE-10: H919). Es la disminución de la capacidad auditiva por encima de los niveles definidos de normalidad. Se ha graduado el nivel de pérdida auditiva con base al promedio de respuestas en decibeles. Esta se usa desde el punto de vista clínico promediando las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz. Para salud ocupacional se recomienda la inclusión de 3000 Hz en la promediación. para el abordaje del paciente con pérdida auditiva inducida por ruido es de vital importancia la descripción frecuencial de los niveles de respuesta desde 500 hasta 8000Hz. Esto con el fin de precisar la severidad de la hipoacusia para las frecuencias agudas, que son las primeras comprometidas.

- <25 dB Audición normal
- 26-40 dB Hipoacusia Marginal
- 41-55 dB Hipoacusia Leve
- 56-70 dB Hipoacusia moderada
- 71-90 dB Hipoacusia severa
- >90 dB Hipoacusia profunda

En ANSI 96 se define la existencia de audición dentro de límites normales de 0 a 10dB, la hipoacusia mínima de 11 a 20dB, la hipoacusia leve de 21 a 40dB y los demás niveles de pérdida se mantienen iguales. Esta clasificación aplica primordialmente para pacientes pediátricos en los cuales los cambios mínimos pueden alterar el proceso de desarrollo normal del lenguaje y de aprendizaje. Para la población adulta y en particular en la expuesta a ruido la clasificación empleada define la pérdida desde 25dB. (NIOSH 1998) Sin embargo, desde el punto de vista preventivo la meta que debe plantearse dentro de los programas de conservación auditiva es mantener la audición dentro de los límites de normalidad plantados por la ANSI.

**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)

**Hipoacusia conductiva** (CIE-10: H90.0, H90.1, H90.2). Disminución de la capacidad auditiva por alteración a nivel del oído externo o del oído medio que impide la normal conducción del sonido al oído interno.

**Hipoacusia neurosensorial** (CIE-10: H90.3-H90.4, H90.5). Disminución de la capacidad auditiva por alteración a nivel del oído interno, del octavo par craneal o de las vías auditivas centrales. Las alteraciones más frecuentes se relacionan con las modificaciones en la sensibilidad coclear.

**Hipoacusia mixta** (CIE-10: H90.6-H90.7, H90.8). Disminución de la capacidad auditiva por una mezcla de alteraciones de tipo conductivo y neurosensorial en el mismo oído.

**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. Aunque su compromiso es predominantemente sensorial por lesión de las células ciliadas externas, también se han encontrado alteraciones en mucha menor proporción a nivel de las células ciliadas internas y en las fibras del nervio auditivo.

**Trauma acústico** (CIE-10: H83.3). Es la disminución auditiva producida por la exposición a un ruido único o de impacto de alta intensidad (mayor a 120 dB).

**Cambio del Umbral Auditivo Temporal (CUAT)** (CIE-10: H83.3). Es el descenso encontrado en los umbrales auditivos, relacionado con la exposición reciente a ruido, que desaparece en las horas o días siguientes a la exposición, para retornar a los umbrales de base.

**Cambio del Umbral Auditivo Permanente (CUAP)** (CIE-10: H83.3). Es el descenso encontrado en los umbrales auditivos, relacionado con la exposición a ruido, que se mantiene en el tiempo sin retornar a los umbrales de base.

**Audiometría tonal:** Es la medición de la sensibilidad auditiva de un individuo mediante el registro del umbral de percepción de tonos puros calibrados.

**Audiometría de base:** Es la audiometría tonal contra la cual se comparan las audiometrías de seguimiento. Será en principio la preocupacional o de ingreso, pero podrá ser cambiada si se confirma un cambio permanente en los umbrales auditivos.

**Audiometría de confirmación:** Es la audiometría tonal realizada bajo las mismas condiciones físicas que la de base, que se realiza para confirmar un descenso de los umbrales auditivos encontrado en una audiometría de seguimiento.

**Decibeles (dB).** Unidad adimensional utilizada en física que es igual a 10 veces el logaritmo en base 10 de la relación de dos valores  $dB = 10 \cdot \log_{10} (\text{valor } 1 / \text{valor } 2)$

**Decibel ponderado A (dBA).** Unidad que representa el nivel sonoro, medido con un sonómetro que incorpora un filtro de ponderación A.

**Dosis diaria de ruido (D).** Indicador de la exposición a ruido, en porcentaje, expresado por la siguiente relación:  $D = [C1/T1 + C2/T2 + \dots + Cn/Tn] \times 100$

Donde:

$C_n$  = Tiempo total de exposición a un nivel de ruido especificado

$T_n$  = Tiempo total permitido al nivel de ruido especificado

Ejemplo:

Para un trabajador expuesto a 91 dB durante 8 horas/día, la dosis sería

$C_n = 8$   $T_n = 2$  (Aplicando la tasa de intercambio de 3 dB)

$D = C_n/T_n = 8/2 \cdot 100$   $D = 400\%$

**Nivel de presión sonora (SPL).** Se define como 20 veces el logaritmo (en base 10) de una presión sonora determinada con respecto a la presión sonora de referencia de 20 micropascales. Se expresa en decibeles.

$$\text{SPL} = 20 \cdot \log_{10}(P/P_0)$$

Donde:

P = Presión sonora determinada, pascales;

P<sub>0</sub> = Presión sonora de referencia, pascales.

**Nivel TWA.** Nivel de ruido ponderado en el tiempo, expresado en dB, representativo de la exposición ocupacional. Esta dado por la siguiente expresión matemática, para una tasa de intercambio de 3 dBA.

$$\text{TWA} = 85 + 10 \log D/100$$

Donde

D es el porcentaje de la dosis de exposición

**Ponderación A y C.** Escala que se incorpora a los equipos de medición de ruido en forma de filtros que asemejan el comportamiento del oído humano a la sensación sonora. La ponderación A esta indicada para bajos niveles de ruido y la ponderación C para altos niveles de ruido.

**Protector auditivo.** Elemento de uso individual que disminuye la cantidad de ruido que ingresa por el conducto auditivo externo.

**Ruido estable.** Es el ruido que presenta variaciones de presión sonora como una función del tiempo iguales o menores de 2 decibeles A.

**Ruido impulsivo o impacto.** Ruido caracterizado por una caída rápida del nivel sonoro y que tiene una duración de menos de un segundo. La duración entre impulsos o impactos debe ser superior a un segundo, de lo contrario se considerara ruido estable.

**Ruido intermitente.** Es el ruido que presenta variaciones de presión sonora como una función del tiempo mayores de 2 decibeles A.

**Tasa de cambio.** Un incremento en decibeles que requiere que el tiempo de exposición sea reducido a la mitad. También, la disminución en decibeles que requiere que el tiempo de exposición pueda ser duplicada. Por ejemplo, una tasa de cambio de 3 decibeles requiere que el tiempo de exposición sea reducido a la mitad por cada 3 decibeles que se incrementa el nivel de ruido.

**Tasa de reducción de ruido (NRR - por sus siglas en ingles: Noise Reduction Rating.** Numero asignado a los protectores auditivos y que representa la reducción global media del ruido con ponderación A, en decibeles que un protector auditivo lograra. (27,28)



## 2.2 ANATOMIA DEL OIDO

### **Oído Humano:**

Desde el punto de vista social, el oído es nuestro órgano de los sentidos más importante. Gracias a él somos capaces de interpretar o descifrar el lenguaje oral, como medio de comunicación específicamente humano, o de percibir la música o cualquier onda sonora que se encuentre dentro de nuestro espectro de captación acústica.

Pero son precisamente las características de sensibilidad de nuestro sistema auditivo y la complejidad del mismo, las que lo convierten en órgano diana ante las frecuentes agresiones sonoras que acontecen en nuestra sociedad (21).

El órgano auditivo está hecho para recibir vibraciones mecánicas, conducirlas a las células receptoras primarias y convertir esta energía mecánica en eléctrica codificada, de tal forma que sea posible su transporte al sistema nervioso central, donde es analizada. Los procesos de recepción, conducción y conversión o transformación son determinados por las características especiales de nuestro aparato receptor (21).

Atendiendo a estas funciones y concordando con ellas, el oído se puede dividir en tres regiones claramente delimitadas, con sus características estructurales y funcionales propias (21).

a) **oído externo**, comprende 2 secciones o porciones una mas externa con el pabellón auricular y otra mas interna que es continuación de la anterior el conducto auditivo, En animales de órdenes inferiores, el pabellón de la oreja desempeña un papel fundamental en la audición, con un gran desarrollo que del mismo. En el hombre, la importancia ha disminuido considerablemente y su misión ha quedado relegada a dirigir la onda sonora hacia el conducto auditivo externo y de allí hacia el tímpano, en cuya superficie se reflejan y ayuda a determinar la localización del sonido, mide mas o menos una pulgada de largo y un tercio o un cuarto de pulgada de diámetros, aunque varia de tamaño y forma de persona a persona; su parte externa esta formada por cartílago y la parte

interna por hueso, el proceso mastoideo cubierto de piel que tiene glándulas que producen el cerumen, el cual puede producirse en exceso e impactarse en el canal produciendo una pérdida temporal de la audición y causar discomfort, en ocasiones es necesario removerlo(21,22 )

b) **oído medio**, cavidad o caja del tímpano, Podemos resumir la descripción del oído medio señalando que se trata de una cavidad neumatizada, revestida de una capa mucosa y que representa la continuidad de la membrana timpánica y el laberinto óseo, Se ha comparado la caja timpánica con una lente bicóncava o con un tambor, cuyas bases estuviesen muy aproximadas y deprimidas hacia el centro.

Su eje presenta una triple oblicuidad, con una inclinación de dentro a fuera, de arriba abajo y de atrás a delante. Respecto a sus dimensiones, tanto su diámetro antero posterior como el vertical miden aproximadamente 15 mm.

Desde el punto de vista descriptivo se distinguen: La pared externa o timpánica, formada en la mayor extensión por la membrana timpánica, que presenta un diámetro variable entre los 9,5-10,5 mm. Suele tener un diámetro vertical ligeramente mayor que el horizontal y su espesor es de 0,1mm.

Presenta una inclinación, función de la edad, pasando desde mayor inclinación en la etapa embrionaria, aproximándose paulatinamente a la verticalidad, aunque sin llegar a ella, en el adulto. Su forma, regularmente circular, no es plana, sino que, por el contrario, se encuentra abombada hacia dentro, adquiriendo una disposición a modo de cono o embudo muy abierto, que mira hacia el fondo del conducto auditivo externo. Se encuentra anclada al annulus del hueso timpanal, que le sirve de marco y, en su borde interno, presenta un surco muy marcado, el sulcus timpanicus.

A la otoscopia presenta una coloración gris perla. En el segmento inferior, puede observarse un reflejo luminoso triangular, con vértice en el ombligo, conocido como cono luminoso de Wilde o triángulo luminoso de Politzer, que es debido a un efecto óptico, consecuencia de la inclinación de la membrana del tímpano y sobre todo de su curvatura.

La cavidad timpánica es una pequeña cavidad que mide cerca de uno y medio pulgadas de largo por un medio o un cuarto de pulgada de ancho, que contiene una cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo) que son sostenidos por músculos y ligamentos y que juntos son conocidos como la *cadena ossicular* siendo el puente entre el oído externo y el oído interno, su función es la de transmitir las vibraciones de la membrana del tímpano a la ventana oval del oído interno, Se encuentra sometida a la acción de dos músculos que son el músculo del martillo y el músculo del estribo(21)..

El primero tira hacia dentro de la extremidad superior del mango del martillo, haciendo que su cabeza gire hacia afuera. Este movimiento desencadena que el cuerpo del yunque, gracias a su unión, gire alrededor de su rama horizontal, mientras que su rama vertical se inclina hacia dentro, empujando el estribo que se hunde contra la ventana oval, comprimiendo de esta manera el líquido vestibular y aumentando de este modo la presión intralaberíntica. Su contracción también produce una distensión de la membrana timpánica (21).

El músculo del estribo, por su parte, dirige hacia atrás la cabeza del estribo en la que se inserta desencadenando un movimiento de báscula del a platina que agranda la cavidad vestibular, disminuyendo la presión del líquido intralaberíntico. Por otra parte, consecuencia de su unión al resto de huesecillos, se produce un movimiento que se origina en el mango del martillo y se dirige hacia afuera, aliviando de esta forma la tensión de la membrana timpánica. Se considera que ambos músculos tienen acciones antagónicas (21).

Es importante recordar de una estructura localizada en esta cavidad que es la trompa de Eustaquio que comunica el oído medio con la nasofaringe, y que sirve para mantener la presión barométrica del aire en cada lado del membrana timpánica (21,22)

c) *Oído interno* es el **Laberinto Óseo**

El laberinto óseo aloja los órganos de los sentidos de la audición y el equilibrio y se encuentra en el peñasco del temporal. Consta de varias partes: el caracol con el órgano de Corti, el vestíbulo que contiene el sáculo y el utrículo, los tres conductos semicirculares y los acueductos vestibular y el coclear.

El vestíbulo es una cavidad de morfología ovoidea irregular, de unos 4 mm de diámetro. Está situada medialmente a la cavidad timpánica, con la que se comunica a través de la ventana redonda y de la ventana oval.

En su trayecto, el caracol describe dos vueltas y media alrededor de un eje central conocido como modiollo o columela. A través de él discurren los vasos cocleares y la división coclear del octavo par craneal (21).

La lámina espiral ósea divide el conducto coclear en dos rampas, la timpánica y la vestibular. Esta lámina espiral asciende formando una hélice en torno al modiollo. Ambos compartimentos se comunican en el vértice del caracol a través del helicotrema.

La irrigación del laberinto procede fundamentalmente de la arteria auditiva interna, que puede ser rama del tronco basilar, de la arteria cerebelosa antero inferior o, a veces, de la vertebral. La arteria auditiva interna se divide a su vez en las arterias vestibular anterior y coclear primitiva. De esta segunda saldrán otras dos ramificaciones: La arteria vestíbulo - coclear, que irriga entre la mitad y dos tercios de la primera vuelta del caracol, la mayor parte del sáculo, el cuerpo del utrículo, el conducto semicircular posterior y parte de los conductos semicirculares lateral y superior, y la arteria coclear principal, que irriga el resto del caracol. A veces, la arteria coclear principal puede faltar, siendo reemplazada por la rama coclear de la arteria vestíbulo - coclear.

Las membranas basilar y de Reissner dividen el laberinto coclear en tres conductos: El conducto central, rampa media, ocupado por endolinfa y las rampas vestibular y timpánica que contienen perilinfa (21).

Los receptores sensoriales y los elementos de sostén que responden a la energía acústica se localizan en la membrana basilar. Estas estructuras conforman el órgano de Corti. La membrana basilar ha sido dividida en dos secciones: Una zona arqueada, que va desde el reborde timpánico de la lámina espiral ósea hasta la base del pilar externo, y la zona pectínea, que va desde éste hasta el ligamento espiral.

Medialmente al túnel de Corti existe una hilera única de células ciliadas internas, mientras que lateralmente a él se encuentran tres hileras de células ciliadas externas. Este patrón se mantiene a lo largo de toda la extensión del órgano de Corti, aunque cerca del vértice este número puede aumentar, pudiendo incluso hallarse hasta una cuarta o una quinta hilera de células ciliadas externas (21)

.

En la superficie de cada célula ciliada, lateralmente a los estereocilios, hay una región no cuticular en la que se localiza el cuerpo basal del quinocilio. Tras diferentes estudios con microscopía electrónica de barrido de las células ciliadas, se ha observado que bajo esta zona no cuticular existe una alta concentración de aparatos de Golgi y mitocondrias, lo que sugiere que esta región metabólicamente tan activa tenga un importante papel en la transducción de la energía mecánica en estímulo eléctrico.

La estructura submicroscópica del órgano de Corti sugiere que las células ciliadas actúan como transductores biológicos. Las células sensoriales están sujetas rígidamente a la membrana basilar por las de sostén. Por otra parte, la membrana tectoria en la cual están embutidos los estereocilios de las células ciliadas externas, se adhiere laxamente a la membrana basilar por medio del limbo espiral. A causa de esta disposición, el movimiento tangencial entre la membrana tectoria y las láminas cuticulares de las células ciliadas, hace que los estereocilios de las células ciliadas externas se doblen y se inicie la respuesta de transducción de estos receptores sensoriales.

De modo similar, el movimiento diferencial de la membrana tectoria respecto de la lámina reticular produce el movimiento del líquido contenido en este espacio, que afecta a los estereocilios libres de las células ciliadas internas. Estos se doblan y

comienza la transducción. Este ordenamiento podría explicar la sensibilidad diferencial de las células ciliadas internas y externas, siendo estas últimas alrededor de 30 dB más sensibles que las internas. Quizás también explique la mayor sensibilidad de las células ciliadas externas a los traumatismos acústicos.

La irrigación del órgano de Corti y las restantes estructuras del conducto coclear está a cargo de los vasos de la estría vascular, los vasos espirales subyacentes a la membrana basilar y los vasos del limbo espiral.

La arteria coclear principal ingresa a través del modiolo acompañando a las fibras del octavo par. Las arteriolas se bifurcan a nivel de la lámina espiral (21).

Un grupo de ellas avanza hasta situarse por debajo de la membrana basilar, mientras que el segundo sistema arteriolar corre dentro del revestimiento perióstico a través de la pared de la rampa vestibular hasta alcanzar la región del ligamento espiral. En este sitio las arteriolas terminan formando tres redes capilares a lo largo de la pared lateral del laberinto perióstico.

El primer grupo de vasos irriga la región del ligamento espiral justo por encima de la inervación de la membrana de Reissner. El segundo grupo forma el lecho capilar anastomosado a la estría vascular. El tercer conjunto de capilares da origen al vaso de la prominencia espiral. Una proporción importante de las arteriolas de la pared lateral forma vasos que saltan estos tres sistemas capilares y se conectan directamente con las vénulas colectoras de la rampa timpánica.

Los vasos de la pared lateral y los vasos espirales subyacentes a la membrana basilar drenan en vénulas que forman las venas espirales apical y basal del modiolo. Estas forman la vena común del modiolo en la primera vuelta del caracol, la que finalmente desemboca en la vena del acueducto coclear (21).

Cabe notar que ni las estructuras del órgano de Corti ni los espacios cortilinfáticos poseen vasos sanguíneos. El neuroepitelio del órgano de Corti, por lo tanto, debe recibir oxígeno y nutrientes en forma indirecta, bien sea por medio de los vasos espirales subyacentes a la membrana basilar o de otros vasos cercanos, como los

del limbo espiral. El aporte de cada uno de estos sistemas a la oxigenación del órgano de Corti aún no se ha resuelto (21).

### **Nervio Estatoacústico.**

Por la escasa repercusión para este trabajo de la vía vestibular, trataremos solamente de la vía coclear. Podemos considerar dos vías fundamentales:

a) Vía auditiva ascendente, denominada sistema clásico o de proyección o vía acústica aferente, es la que transmite los impulsos desde el órgano de Corti hasta la corteza auditiva. Las células receptoras son las células ciliadas que se ubican en toda la longitud del órgano de Corti en el conducto coclear. Las vías auditivas ascendentes efectúan numerosas conexiones con los núcleos en todo el sistema nervioso como parte de un sistema reflejo auditivo complejo.

b) Vías auditivas descendentes. Además de las vías auditivas aferentes consciente y refleja, existen también vías auditivas eferentes descendentes. Estas tienen un efecto inhibitorio y proporcionan autorregulación al sistema auditivo (21).

Debajo y delante del vestíbulo se encuentra el caracol óseo, con morfología similar a un cono aplanado de 9 mm de base y 5 mm de altura. una compleja estructura llamada laberinto, que aloja el órgano del equilibrio con los canales semicirculares y el aparato auditivo, formado por el caracol o cóclea, donde se hallan las células auditivas ciliadas del órgano de Corti que son las mas vulnerables al daño cuando se exponen a excesos de ruido y las que generan los impulsos transmitidos al cerebro por el nervio vestíbulo coclear u octavo par (23).

## 2.3 Física del sonido

Los términos ruido y sonido se han utilizado indistintamente y la diferencia entre ellos no es de naturaleza física, sino más bien cultural y subjetiva, llamando ruido al sonido que no agrada.

El término ruido se usa habitualmente para designar un sonido no deseado, incómodo o molesto, cuya intensidad y consecuencias son objetivables. La naturaleza de dicha definición presupone una amplia gama de reacciones por parte de las distintas personas de un grupo ante el mismo sonido, pero si el sonido es suficientemente molesto o duradero, o ambas cosas a la vez, o si posee alguna determinada peculiaridad en su calidad o ritmo, será considerado como desagradable por la mayoría de los oyentes. El criterio es, desde luego, subjetivo a la hora de calificar un sonido como ruido. Ya decía Napoleón que la música era el menos desagradable de los ruidos, aunque ruido al fin (21).

**Sonido:** (lat. *sonitus*) Sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos.//(Fís.) Efecto de la propagación de las ondas producidas por cambios de densidad y presión en los medios materiales, y en especial el que es audible.

**Ruido:** (lat. *rugitus*) Sonido inarticulado y confuso más o menos fuerte. Calificado por quien lo recibe como algo molesto, inoportuno o desagradable.

**Ruido inestable:** Sonido cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de nivel de presión acústica ponderada A (LpA) sea superior o igual a 2 dB y varíe aleatoriamente a lo largo del tiempo.

**Ruido estable:** Sonido cuyo nivel de presión acústica ponderada A (LpA) permanece esencialmente constante (esto es, cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo sea inferior a 2 dB).



**Ruido de impacto:** Sonido de una duración menor a un segundo y cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente en el tiempo, es decir aumento brusco y de corta duración.

**Sonido complejo:** Sonido compuesto por tonos de diferentes frecuencias y amplitudes.

**Sonido puro o simple:** Sonido de oscilación sinusoidal al que corresponde una sola frecuencia, un sonido puro es más peligroso para el oído. (29)

#### **Las Cualidades del sonido son:**

**Intensidad:** Nivel de energía de la onda sonora. Definición física es: valor promedio en el tiempo del producto de la presión (fuerza aplicada a la unidad de superficie) por la velocidad lineal de vibración (velocidad de desplazamiento de las partículas dada por la presión sonora); el nivel de intensidad del sonido se ha adaptado a las propiedades del oído, es decir, la unidad audiométrica es el decibelio, décima parte del belio. Podemos recordar que: 1 pascal=10 bares=10 dinas/centímetro cuadrado=decibelios absolutos.

Fue en 1965 cuando se definió el valor de la presión acústica correspondiente al cero decibelio absoluto. Su unidad es ergios por segundo a través de un centímetro cuadrado normal a la dirección de propagación, también en W/m<sup>2</sup>, o pascales (Pa)

Si la cuantificación de la presión acústica se realiza en W/m<sup>2</sup>..La escala utilizada recorrería desde 1 hasta 10<sup>14</sup>, la escala en pascales recorrería otra de 200,000.000 de unidades; y por ello —dada su poca operatividad— se utiliza corrientemente el decibelio o decibel (db).

El decibelio es una medida física y no una unidad de intensidad sonora o una referencia de la magnitud subjetiva del sonido. Es un valor numérico que representa la proporción del gasto de la potencia de salida a un valor arbitrario de referencia (21).

El decibel (dB) no es una unidad de medida absoluta, sino una unidad adimensional que expresa la diferencia entre dos niveles de intensidad y que es igual a 10 veces el logaritmo decimal de la relación entre una cantidad dada y otra que se toma como referencia [ $L = 10 \log_{10} (I : I_0)$ ]; Normalmente esa referencia es la correspondiente al umbral de audición de 1.000 Hz con una presión de 20  $\mu\text{Pa}$  (o  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ ), que es la menor presión acústica audible para el oído de una persona adulta joven y sano, siendo así su valor en la escala logarítmica 0 dB (22).

La intensidad puede medirse de manera directa y objetiva mediante aparatos, la intensidad sonora es un fenómeno subjetivo cuya unidad de percepción es el Fon, que se define como la intensidad de sonido que uno percibe de un sonido emitido a 1.000 Hz y 40 dB. Ambos están controlados por las situaciones y el observador (21,29).

**Tabla I.** Niveles de presión acústica y su equivalencia en decibelios (A) Bilson AB (Modificada)

Rango	Intensidad sonora en $10^{-12} \text{ W/m}^2$	Nivel sonoro en dBA	Fuente sonora
Nocivo	100,000,000,000,000	140	Motor a reacción
	10,000,000,000,000	130	Fuegos artificiales
Umbral doloroso	1,000,000,000,000	120	Sala de máquinas en navíos
	100,000,000,000	110	Banda de rock
	10,000,000,000	100	Martillo neumático, telar
	1,000,000,000	90	Vehículo pesado, pulido de piezas
Crítico	100,000,000	80	Calle con mucho tráfico
	10,000,000	70	Automóvil particular
	1,000,000	60	Oficina
	100,000	50	
	10,000	40	
	1,000	30	Conversación normal
	100	20	Vivienda tranquila
	10	10	Murmullo de hojas
	1	0	Umbral de audición

Para poder establecer el riesgo de lesión auditiva con la mayor precisión posible, es necesario que el sonómetro que registre el ruido lo haga de una manera similar a como lo hace el oído humano, y, para ello, se pueden utilizar filtros diferentes, siendo el filtro de tipo «A» el que logra un registro casi idéntico al que percibe el

oído humano, atenuando de forma importante los sonidos de frecuencias bajas (<500 Hz), respetando la frecuencia de 1.000 Hz, aumentando algo entre 2.000 y 4.000 Hz, y volviendo a atenuar las frecuencias altas (>8.000 Hz); la medida registrada por los sonómetros equipados con ese filtro se expresa en dBA.(29)

**Frecuencia:** Número de vibraciones que tienen lugar en un segundo o mas exactamente el numero de oscilaciones completas en un segundo; Un número alto de ciclos por segundo dará lugar a un tono agudo y un número bajo a un tono grave.

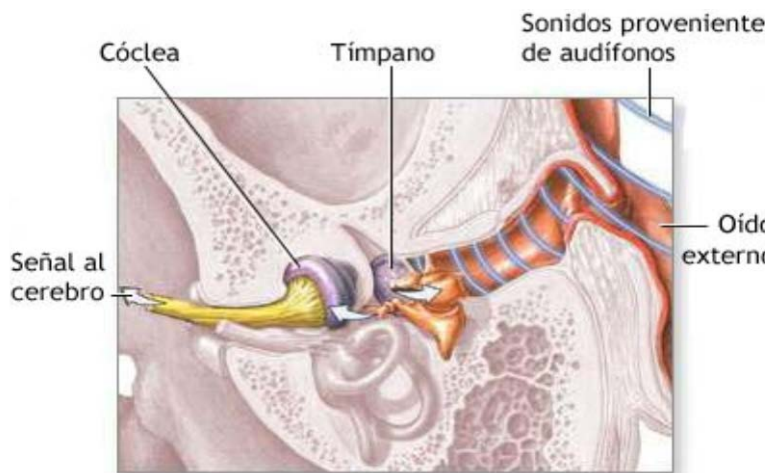
La frecuencia en términos audiológicos se expresó inicialmente en ciclos por segundo (c/s), hasta que, en 1.965, se adoptó la nomenclatura actual, en la que la unidad de medición es el Hertz (Hz) (21).

Existe una relación entre la frecuencia y otra de las cualidades del sonido, el tono. La frecuencia es una entidad exclusivamente física; el tono requiere la observación humana, es un fenómeno psicofísico cuya unidad de medida es el Mel. Se define como la frecuencia que se percibe de un sonido emitido a 1.000 Hz y 60 dB (21).

Se estima que el campo de la audición humana esta comprendida entre 20 y 20.000 hertzios (Hz) o vibraciones por segundo o ciclos por segundo (cps); Existe una mayor capacidad de discriminación de altas que de bajas frecuencias. El tono se discrimina en función del punto de la membrana basilar con mayor oscilación. Un Mel se correspondería aproximadamente a 12 neuronas de la membrana basilar. (Hood, 1.991)(22). Por encima y por debajo de estas frecuencias están los ultrasonidos y los infrasonidos, respectivamente (30). Los sonidos más peligrosos son los de alta frecuencia (superior a 1.000 Hz).

En la práctica los sonidos suelen ser la combinación de varias frecuencias, en base a ello, se clasifican como de banda ancha (con amplia escala de frecuencias), o de banda estrecha. Se escoge la octava como unidad audiométrica ya que objetiviza los crecimientos de sensación de altura del oído humano. Sin embargo una buena audición en el rango de 300hz a 4000hz es más importante para el adecuado entendimiento de la conversación (22).

## 2.4 Fisiología de la audición



ADAM

Nuestro sistema auditivo es el encargado de la percepción de las ondas sonoras y, a través de diferentes pasos, convertir los estímulos mecánicos en impulsos eléctricos que llegarán al sistema nervioso central, donde serán procesados e interpretados como una sensación sonora.

Las ondas sonoras se propagan en el espacio, a nuestro alrededor, originan unos cambios de presiones que, tras ser percibidos por el pabellón auditivo y conducidas a través del conducto auditivo externo, llegan hasta la membrana timpánica, produciendo la vibración de la misma. Esta vibración da lugar a un movimiento de la cadena osicular, que hace que la onda sonora inicial pase de producir un cambio de presiones en un medio aéreo, a un cambio de presiones en un medio líquido.

La secuencia se continúa con un movimiento de los estereocilios, produciendo el estímulo efectivo que inicia la transducción de la vibración mecánica a flujo de corriente eléctrica que, gracias a los cambios en los potenciales de membrana neuronales y las modificaciones bioquímicas que acontecen en los espacios intersinápticos entre neuronas, acaban por hacer llegar la información hasta el sistema nervioso central (31).

El papel que desempeña el oído externo en la fisiología de la audición es pasivo. En el humano, la cabeza actúa como un obstáculo en el campo sonoro, reflejando algunas ondas sonoras o incluso creando difracción de algunas de ellas. Sin embargo, un determinado número de ondas del campo sonoro, llega hasta nuestro oído externo, el cual, junto con el conducto auditivo, actúan a modo de resonadores acústicos que, consecuentemente, aumentan la presión sonora que llega a la membrana del tímpano.

Aquí ocurre el primer paso de la transformación de la energía sonora, teniendo el pabellón una misión de condensación de dicha energía. Según comprobó, se produciría una alteración en la presión sonora, que se mediría en la membrana timpánica.(32.33.34)

Esta presión sonora sería reflejada por el trago y la concha hacia el interior del conducto auditivo externo, reflejándose en las acodaduras del mismo. Este, por sus características anatómicas cumple su misión de mejorar las condiciones acústicas, actuando como cámara de resonancia, con lo que se potencia la convergencia sonora, aumentando la presión sonora (34). Esto da como resultado que la energía sonora al llegar a la membrana timpánica, ha aumentado hasta tres veces su valor a una frecuencia alrededor de los 3.000 Hz.

La función del oído medio es esencialmente la de ser un igualador de la impedancia entre el aire exterior y la perilinfa del oído interno. (26).

La membrana timpánica es la encargada del segundo paso del mecanismo de transformación. Al recibir, sufre pequeños desplazamientos en torno a su posición de equilibrio, con el eje de rotación pasando por el centro de gravedad del sistema incudo maleolar. (35).

Los desplazamientos de la membrana timpánica han sido ampliamente estudiados y han sido el objeto de intensos trabajos de investigación, comprobándose que se producen según un mecanismo más complejo de lo que en principio pudiera deducirse.

La membrana timpánica tiene dos patrones de vibración: uno que se produce por encima de la frecuencia de 2.400 c/s, y otro que sería el producido por debajo de dicha frecuencia.

Cuando la frecuencia es superior a los 2.400 Hz., en la membrana timpánica se pueden distinguir tres porciones que se comportan de forma diferente:

- Una porción central que se mueve con la misma amplitud y fase que la parte del martillo anclada a ella. Es una zona que corresponde a la porción circular que se encuentra alrededor del martillo, con un radio aproximado de 1,2-1,5 mm.
- Una porción periférica, limitada exteriormente por el annulus timpánico y que tiene de 2-3 mm de ancho,
- Y una porción intermedia que se encuentra entre las anteriores y mide aproximadamente de 0,7 - 2 mm de ancho. Estas tres regiones de la membrana timpánica son independientes en cuanto a la vibración(32).

Según todos los estudios, la zona central se mueve como un pistón hacia delante y atrás; la zona periférica realiza un movimiento de bisagra, con una deflexión angular a nivel de su unión con el annulus, mientras que la porción intermedia realiza un movimiento de vaivén como el de cualquier membrana libremente móvil (36).

Por debajo de la frecuencia de 2.400 Hz, la membrana timpánica se comporta como un todo rígido. Hay que destacar que a medida que la frecuencia va aumentando, el patrón de vibración va cambiando en cada una de ellas.

Las vibraciones de la membrana timpánica, son transmitidas a la cóclea por medio de la cadena de huesecillos. Esta cadena no se halla fija a la caja timpánica en ningún punto, con lo que su movilización puede realizarse según un número infinito de ejes, de los que sólo dos parecen tener importancia en el mecanismo de transmisión: el eje de rotación y el eje de gravedad.

El primero sería el que pasa por la extremidad del proceso largo del martillo y el proceso corto del yunque. Este eje permitiría los movimientos de la platina en un plano horizontal, siendo el que actúa ante sonidos graves.

El segundo, el eje de gravedad, va desde la apófisis anterior del martillo al proceso lenticular del yunque y al tendón del estribo. Este permitiría el movimiento de la platina en el plano vertical y sería el que aseguraría la transmisión de los sonidos agudos.

Se ha comprobado que el eje de rotación y el centro de masa de todo el sistema coinciden, convirtiéndose de esta manera en un sistema mecánico muy efectivo, al disminuir el momento de inercia.

El mecanismo transformador del oído medio, se realiza aquí mediante una simple relación hidráulica, por la diferencia de superficie entre la membrana timpánica y la ventana oval.

Existen además una serie de modificaciones en la transmisión de la onda sonora a través del oído medio y que dependen de dos músculos intratimpánicos: el músculo del martillo o músculo tensor del tímpano, que se aloja en el compartimiento superior de la trompa de Eustaquio, insertándose en la cara interna tubárica, y cuya contracción lleva hacia adentro el mango del martillo, con lo que se produce un aumento de la tensión de la membrana timpánica, aumentando su impedancia, pero también aumenta la compliancia estática al aumentar el volumen del conducto auditivo externo.

El desplazamiento hacia adentro de la membrana timpánica, también produce una disminución en la amplitud de la vibración. El músculo del estribo, produce al contraerse un hundimiento de la parte posterior de la platina en el vestíbulo, y debido a la rotación exterioriza la articulación incudomaleolar, con hundimiento del martillo (36)

El movimiento de la membrana del tímpano se comunica a través de la cadena de huesecillos del oído medio (martillo, yunque y estribo) convirtiendo la energía aérea en energía mecánica, los cuales amplifican el sonido 20 veces como promedio y lo trasmite a la ventana oval; a través de dicha ventana y debido a los movimientos del estribo se acciona el fluido del oído interno, convirtiendo el

sonido en energía hidráulica, esta causa que los fluidos del conducto vestibular vibre y pase rápidamente a través de la coclea de regreso al conducto timpánico. En cuestión de segundos la onda sonora alcanza la membrana redonda donde se refleja, si la onda no desaparece, la onda impregna las paredes del conducto coclear actuando sobre el órgano de Corti. La presión de desplazamiento es transferida a las células ciliadas de la membrana basilar, en este punto es convertida de energía hidráulica a energía eléctrica (neural), estos mandan el impulso eléctrico al cerebro vía nervio auditivo. La sobre estimulación repetitiva sobre los cilios causan destrucción y pérdida de la audición. (35).

La vibración de la membrana basilar y la deformación de los estereocilios desencadenan un potencial eléctrico que, gracias a las sinapsis químicas, se transmite a través de la terminal de la neurona aferente mediante un mecanismo de potenciales de acción todo-nada ( 37).

Para explicar como se produce la transferencia de la vibración a las células ciliadas, se han postulado muchas teorías, de ellas, la más aceptada es la de Békésy, según la cual el movimiento de cizalla de los estereocilios, en una dirección radial, desde el modiolo hacia la cara externa de la cóclea, constituye la base efectiva del estímulo para la excitación de la célula ciliada. La membrana tectoria se une con las puntas de los estereocilios de las células ciliadas externas, y se mueve en fase, hacia arriba y abajo, con los movimientos de la membrana basilar durante la estimulación. Ambos están conectados a la lamina espiral y ambos se mueven a modo de una bisagra. Los diferentes puntos de unión acaban desencadenando una fuerza de cizallamiento de los estereocilios en sentido radial.

Por otro lado, las células internas, cuyos cilios no se encuentran dentro de la membrana tectoria, al producirse un movimiento de líquido en el espacio que las rodea, desencadena una fuerza indirecta de arrastre sobre los estereocilios. Lo que hace suponer que estos tipos celulares diferentes tengan un tipo diferente de respuesta.



Cada fibra nerviosa responde ante la presencia de un sonido, con un aumento en la tasa de descarga de potenciales de acción, para lo cual es determinante tanto el nivel como la frecuencia del estímulo. Cada fibra nerviosa posee una frecuencia determinada para la cual posee una mayor sensibilidad, a ella se llama frecuencia característica o mejor frecuencia, y corresponde a una localización determinada dentro de la partición coclear.

Esta localización tonotópica se mantiene a través del tronco nervioso. El nervio auditivo presenta en su estructura un pequeño porcentaje de fibras eferentes, cuyos cuerpos celulares se localizan en el complejo olivar superior, y ellas hacen sinapsis con las células ciliadas de la cóclea. La mayoría de las neuronas que sinaptan con las células ciliadas externas tienen sus cuerpos localizados en el hemisferio cerebral contralateral, y forman las cintillas cruzadas olivo - cocleares en la base del cuarto ventrículo. Varias de las fibras eferentes con terminaciones cerca de las células ciliadas internas no sinaptan directamente con ellas sino con fibras aferentes de las mismas, la mayoría de estas neuronas se encuentran en el mismo hemisferio, formando la cintilla olivo - coclear no cruzada. Estas neuronas eferentes responden a los estímulos sonoros.

Existen recientes estudios en los que se atribuye a la actividad eferente un importante papel en la disminución de los efectos de adaptación y en las pérdidas del umbral temporales causadas por una estimulación intensa. Las células de la vía auditiva, incluyendo la corteza auditiva, responden ante el sonido con unas propiedades dinámicas, en la que toman parte múltiples factores que pueden ser tan variados como la atención que prestemos al mismo, o incluso el medio ambiente que nos rodea.

En otras palabras, En el oído interno, el órgano de corti, situado en la membrana basilar contiene las ciliadas que sinapsan con las terminaciones nerviosas del nervio auditivo (VIII par), a través de cuyas fibras se transmite la información hacia el sistema nervioso central para su inmediata identificación e interpretación, la onda sonora se transmite a través de la peri linfa y va a impresionar a la membrana basilar en un lugar específico de la cóclea en relación a la frecuencia del sonido(22).

La sensibilización a distintas frecuencias del sonido se localiza en diferentes puntos de la cóclea; las bajas frecuencias son detectadas en la parte más interior de la cóclea, próxima al helicotrema; las altas frecuencias, por el contrario, se captan en la zona exterior de ésta, es decir, junto a la ventana oval.

La razón por la que las personas expuestas pierden primero la audición a tonos altos es porque el mecanismo de conducción es más eficiente, por lo tanto el oído es más sensible a estas frecuencias causando la destrucción más rápidamente.  
(22)

Las lesiones auditivas producidas por ruido se localizan a nivel de la membrana basilar del oído interno. Hay una lesión degenerativa de las células ciliadas externas de la superficie vestibular y de las de sostén de Deiters. Es por consiguiente una afección coclear, que se traducirá (a la larga) por hipoacusia neurosensorial con reclutamiento positivo.

El ruido produce lesiones (trauma sonoro) en principio sólo detectables en registro audiométrico, y si la intensidad y/o tiempo son suficientes provocará hipoacusia. Esta disminución de la agudeza auditiva comienza de forma silente y no es percibida por la persona hasta que no se alcanzan las frecuencias conversacionales.

## 2.5. FISIOPATOLOGÍA DE LA AUDICION

La percepción del ruido depende de la conducción de la energía mecánica del sonido a través del tímpano y los huesecillos del oído medio, hacia un medio hidráulico como es la cóclea. La energía mecánica es transformada en una aferencia neurológica por las células ciliadas del órgano de Corti dentro de la estructura espiral de la cóclea. Esta función depende de la integridad estructural de estas células, del ambiente que las rodea y de las estructuras vasculares locales (38).

Al analizar animales de experimentación expuestos a niveles de ruido nocivos, se pueden observar desde pequeños cambios anatómicos en los cilios tanto de células ciliadas internas como externas, hasta la ausencia completa del órgano de Corti con rotura de la membrana de Reissner. Generalmente, no existen alteraciones en los vasos sanguíneos, el ligamento espiral o el limbo. Un hallazgo habitual luego de la exposición al ruido es el edema de la estría vascular, el que puede persistir por varios días (39).

El daño dentro de la cóclea tiende a ocurrir inicialmente y en mayor proporción en el segmento que detecta sonidos en el rango de los 3.000 a 4.000 Hz. Este daño progresaría linealmente dentro de la primera década de exposición al ruido para luego alcanzar un plateau. Subsecuentemente, el siguiente segmento en verse afectado se ubica dentro de los 6.000 Hz seguido por los segmentos que detectan las frecuencias de 8.000 y 2.000 Hz, aunque en estos segmentos el daño progresa en forma más lenta.

En la mayoría de los casos esto causará en el trabajador expuesto un déficit auditivo sensorineural bilateral y simétrico (40). En teoría, el daño debiera progresar de manera predecible; lamentablemente la mayoría de las veces el trabajador experimenta una pérdida auditiva importante durante los primeros años de la exposición, la que no es una relación lineal con respecto a la exposición. La respuesta inmediata al daño auditivo es un abombamiento transitorio de la sensación auditiva, la que cambia el umbral del sujeto desde un ruido apenas audible hacia un nivel más alto de ruido por un período de horas.

Estos episodios de escurrimiento transitorio del umbral indican exposición a niveles de ruido dañinos. Exposiciones repetidas al ruido dentro de estos rangos de intensidad eventualmente llevarán a un escurrimiento permanente del umbral.

Anatómicamente se puede observar que las células ciliadas externas son más susceptibles al daño por ruido que las células ciliadas internas. Los escurrimientos transitorios del umbral se correlacionan en mejor forma con un enlentecimiento en la función de los estereocilios de las células ciliadas externas, lo que podría traducirse en una escasa respuesta al estímulo sonoro. Los escurrimientos permanentes del umbral se asocian con la fusión y pérdida de cilios adyacentes. Con una exposición más prolongada el daño puede ir desde la pérdida de las células de soporte hasta la disrupción completa del órgano de Corti.

Histopatológicamente el primer sitio de daño parecen ser las bandas de colágeno que mantienen los cilios unidos a la membrana celular de las células ciliadas; al perderse los cilios, las células ciliadas mueren. La pérdida de estas células sensitivas puede llevar a una degeneración Walleriana progresiva con pérdida de las fibras nerviosas auditivas primaria (39).

Existen factores que van a determinar independientemente la aparición de la hipoacusia por exposición crónica al ruido. De este modo, la intensidad del ruido no es el único condicionante del daño observado, sino que también influye el tiempo diario y la cantidad de años totales durante los cuales se estuvo expuesto, en conjunto con las características del agente, ya sea éste constante o intermitente. Además de lo anterior, se ha postulado en la literatura la posibilidad de que exista cierta susceptibilidad individual a presentar daño, lo cual no ha podido ser estudiado sistemáticamente por el momento.

La pérdida auditiva debida a una exposición mantenida a ruido se debe diferenciar del trauma acústico. Este último se refiere al daño provocado por la exposición única al estímulo sonoro que generalmente excede los 140 dB por un tiempo menor a los 0,2 segundos. En el trauma acústico la hipoacusia es del tipo sensorineural o mixta, pudiendo presentarse en forma uní o bilateral.

En el daño auditivo inducido por ruido la hipoacusia es del tipo sensorineural, nunca mixta, generada por la exposición continua al ruido. Se presenta en forma gradual, bilateral, simétrica y recuperable sólo en su inicio (40).

Otros autores refieren mecanismos favorecedores del daño por ruido y mecanismos protectores:

**Teoría del microtrauma:** 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. (41)

**Teoría bioquímica.** Postula que la hipoacusia se origina por las alteraciones bioquímicas que el ruido desencadena, y conlleva a un agotamiento de metabolitos y en definitiva a la lisis celular. Estos cambios bioquímicos son: disminución de la presión de  $O_2$  en el conducto coclear; disminución de los ácidos nucleicos de las células; disminución del glucógeno, ATP; aumento de elementos oxígeno reactivos (ROS), como los superóxidos, peróxidos, y radicales de hidroxilo, que favorecen el estrés oxidativo inducido por ruido; disminución de los niveles de enzimas que participan en el intercambio iónico activo ( $Na^+$ ),  $K^+$ )-ATPasa y  $Ca^{2+}$ )-ATPasa).(41.42)

**Teoría de la conducción del calcio intracelular.** Se sabe que el ruido es capaz de despolarizar neuronas en ausencia de cualquier otro estímulo. Estudios recientes al respecto han demostrado 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. Los niveles bajos de calcio en las células ciliadas internas, parece intervenir en la prevención de la HIR (42)

**Mecanismo mediado por macrotrauma.** La onda expansiva producida por un ruido discontinuo intenso es transmitida a través del aire generando una fuerza capaz de destruir estructuras como el tímpano y la cadena de huesecillos.(41)

### **Mecanismos protectores del daño por ruido**

**Mecanismo neural.** Estudios en cobayos confirman la hipótesis que el sistema eferente coclear está involucrado en los mecanismos que subyacen en el "efecto

de endurecimiento" a las altas frecuencias. Este efecto se define como una reducción progresiva del umbral cuando exposiciones repetidas a un mismo ruido son aplicadas. La neurectomía vestibular realizada a través de la fosa posterior, asegurando la interrupción de las fibras olivococleares cruzadas y no cruzadas en un solo oído, antes de su entrada en el canal auditivo, origina hipoacusia por exposición a ruido, comparado con el oído contralateral no operado.(44)

**Mecanismo antioxidativo:** La ausencia de sustancias antioxidantes como las superóxido dismutasas (CuZn-SOD) y glutatión potencian el daño inducido por ruido. Estas ejercen un mecanismo protector sobre la cóclea. (45, 46)

**Mecanismo de acondicionamiento del sonido.** Se continúan acumulando evidencias que demuestran la importancia de la reducción de los efectos deletéreos del trauma acústico por acondicionamiento del sonido, este es un proceso de exposición a niveles bajos de ruido no dañino, para crear efectos protectores a largo plazo en detrimento de las formas perjudiciales subsecuentes de trauma acústico. Diferentes paradigmas de sonido condicionado han sido probados con éxito para prevenir los cambios patológicos del sistema auditivo. (46)

## 2.6. FUENTES DE EXPOSICIÓN Y USOS

Existen dos importantes grupos de fuentes productoras de ruido:

**-Fuentes naturales:** el viento, el sonido del mar, el sonido del agua.

**-Fuentes antropogénicas:** ruidos que aparecen en el medio causados por la actividad humana:

- Circulación de tráfico vehicular
- Motores de los aviones, ya sean en las pistas, mientras vuelan o en los talleres de comprobación y reparación de motores de reacción
- Ferrocarril
- ocasionadas por la industria, principalmente la metalúrgica y la textil
- Actividades de las imprentas
- En oficinas, por los ordenadores y impresoras, el público, los sistemas de ventilación, los  
Teléfonos, las fotocopiadoras y otros equipos.
- Obras públicas (martillo neumático)
- Discotecas, bares y locales de ocio
- Actividades como la minería, la explotación de pedreras, marmolerías
- Micro motores usados en joyería
- Máquinas de los lavaderos
- Motores de fresar en odontología
- Fábricas embotelladoras, Entre otras.

También se deben considerar ruidos originados durante actividades de ocio como el producido por escopetas de caza (20).

La mayor mecanización de la industria ha dado como resultado mayores niveles de ruido, existe una amplia gama de fuentes de ruido que van desde la maquinaria de producción hasta las herramientas manuales, pasando por los equipos, productos en proceso, el proceso mismo de producción, medios de comunicación, etc. (20)

Las actividades laborales que conllevan un riesgo particularmente alto de pérdida de audición son: minería, construcción de túneles, explotación de canteras, ingeniería pesada, trabajos con máquinas que funcionan con potentes motores de

combustión, utilización de máquinas textiles y comprobación de reactores de aviones, seguido de un largo grupo de procesos industriales de todo tipo. (24)

Además de ser un contaminante habitual de los procesos productivos, al ruido se le ha dado un uso racional generalizado como señal de aviso, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (29)

Se utiliza también una parte del espectro no audible —en particular la banda de los ultrasonidos— en otras actividades, como:

- Soldadura;
- Ciencia médica (para diagnóstico y tratamiento);
- Mecanizado de piezas;
- Emulsionado y homogeneizado de pinturas;
- Ensayos no destructivos de materiales (métodos eco gráficos);
- 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.(29)



## **2.7 EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD**

La pérdida de la audición relacionada con el trabajo sigue siendo un asunto importante de la salud y seguridad ocupacional. El Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés) y Asociación de higienistas comunitarios (ACGIH) de los Estados Unidos citaron la pérdida de la audición como uno de los 21 temas prioritarios de investigación de este siglo. La pérdida del oído por el ruido es completamente evitable, pero una vez que se presenta, es permanente e irreversible.

El ruido aparenta ser el más inofensivo de los agentes contaminantes, puesto que como se mencionó anteriormente, es percibido por un solo sentido, el oído, y en presencia de grandes niveles de presión sonora, por el tacto como percepción de vibraciones, en cambio el resto de contaminantes son captados por varios sentidos con similar nivel de molestia., además la percepción y daño de los demás contaminantes es instantáneo, a diferencia del ruido cuyos efectos son mediatos y acumulativos.

Los principales efectos del ruido se han considerado como auditivos y extra auditivos; Los efectos auditivos están en relacionados con la pérdida de la capacidad auditiva de las personas expuestas, el daño auditivo no sólo depende de su nivel, sino de su duración, se acepta que un medio ambiente sonoro por debajo de 75 dB no es dañino para la salud auditiva y los no auditivos son los que pueden generar estrés por perturbar el sueño, por ser trastornadores de las actividades humanas cotidianas o por efectos en el comportamiento humano.(20)

A fin de evaluar los efectos, resulta conveniente clasificarlos según los elementos que regulan o modifican su percepción, y los efectos propiamente dichos, como se presentan en la tabla I:

TABLA I: CAUSA, MODERACION Y EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA PERSONA

Factores que determinan la generación de efectos	Elementos moderadores	Efectos sobre los sujetos
<b>OBJETIVOS.</b> *características físicas del sonido *condiciones ambientales *condiciones Situacionales y circunstanciales	Opinión sobre la fuente  Grados de control(métodos)	<b>FISIOLOGICOS</b>
<b>SUBJETIVOS</b>	Tipos de actividad a realizar	<b>PSICOLOGICOS</b>

### EFECTOS FISIOLOGICOS

El ruido, como vimos en la introducción, ha sido considerado dañino para el hombre desde hace más de 2.500 años, produciendo efectos sobre la audición, el sueño, el entendimiento o comprensión, etc.

Una vez recogido el impulso sonoro por nuestro sistema auditivo, y tras producirse la transformación de energía mecánica en eléctrica, lo que permite que este impulso se desplace por el nervio auditivo; las ondas sonoras, que son ahora impulsos nerviosos, viajan hacia los núcleos auditivos centrales en la médula, algunas fibras ascienden vía el lemnisco lateral del mismo lado mientras que la mayoría lo hacen por el contralateral, hasta alcanzar el colículo inferior, el cuerpo geniculado medial y finalmente el área auditiva en el lóbulo temporal donde se interpretará el sonido. En este trayecto, es probable que después de alcanzar los núcleos auditivos centrales, los impulsos nerviosos viajen a través de la formación reticular y lleguen a los núcleos hipotalámicos.

De los núcleos hipotalámicos los productos de dicha estimulación llegan hasta la pituitaria, que se encuentra justo debajo de ellos, la cual produce entonces unos efectos endocrinos y completa la vía auditorio - hipotalámica - pituitaria - endocrina.

El hipotálamo no es la única parte que dirige la actividad autonómica de nuestro cerebro, sino que se produce interacciones de la parte anterior del cerebro, el tálamo, y el córtex cerebral, lo que condicionará diferentes ajustes del organismo para adaptar el medio ambiente corporal interno con el externo.

Han sido muchos los autores que han avalado muchos cambios, obtenidos tanto del estudio de animales como en humanos, y que en conclusión apoyan la teoría de que el ruido puede ser considerado como un agente causante del síndrome de adaptación.

### **Síndrome de adaptación.**

Ya en 1956, Selye (47) describe el síndrome de adaptación general. De acuerdo a este concepto, un individuo sometido a estrés, como el frío, mucho calor, quemaduras, intervenciones quirúrgicas, ruido, etc., responde con varias reacciones fisiológicas como son la estimulación de hipotálamo, el cual estimula la parte anterior de la pituitaria y libera acetilcolina, ésta a su vez activa el córtex adrenal, con liberación de cortisol, quien favorece que el organismo pueda defenderse del anabolismo sistémico de los tejidos. Selye piensa que esta adaptación ocurre en tres fases:

Estadio de alarma:

Los agentes estresantes provocan un shock y contra shock. Si el primero no lleva a la muerte del organismo, el contrashock comienza con la liberación de acetilcolina que se sigue de un aumento de los niveles de cortisol.

Estadio de resistencia:

Cuando los ajustes iniciados por el contra shock llevan al organismo a un estado de relativa normalidad, excepto por la elevación del umbral para otros agentes estresantes. A esto Selye le llama estado de adaptación.

Exhausto:

A este estadio se llega cuando la adaptación no puede seguir siendo mantenida y los síntomas del shock vuelven a aparecer.

La estimulación del córtex adrenal que ha tenido lugar por el aumento de liberación de acetilcolina conlleva un aumento de los niveles de adrenocorticoides, los cuales tienen los siguientes efectos:

Metabolismo de los hidratos de carbono: Interferencia con la utilización periférica de la glucosa y promoción de la gluconeogénesis.

Metabolismo proteico: Hay un anabolismo proteico a niveles normales pero se produce a largo plazo un catabolismo proteico, lo que da como resultado un balance nitrogenado negativo.

Metabolismo de la grasa: Ocasiona una movilización de las grasas.

Metabolismo hidroelectrolítico: Regulación de la distribución electrolítica, retención de sodio y agua, Incremento de la excreción de potasio, y en algunos casos se favorece la excreción de agua y sodio.

Tejido linfoide: El aumento de los glucocorticoides ocasiona una linfocitopenia y una disolución del tejido linfoide.

Elementos de la sangre: Reducción del número de eosinófilos.

Infección: Disminuye la resistencia frente a las infecciones.

Tejido conectivo: Disminución de la cantidad y actividad de los fibroblastos, con disminución de la síntesis de las fibras de colágeno.

Acción antiinflamatoria: Los corticoides son unos potentes inhibidores de la respuesta defensiva del organismo frente a los agentes externos dañinos.

Cardiocirculatorio: Aumenta el gasto cardíaco.

Otros: Los esteroides son capaces también de producir otros efectos como la disminución de una elevada temperatura corporal, aumentar la excitabilidad del sistema nervioso central, incrementar la secreción de ácido clorhídrico y pepsinógeno por parte de la mucosa gástrica, etc.

De ellos destacamos los de Friedman (48), quien estudiando 102 conejos expuestos a niveles de ruido de 102 dB durante 10 semanas observó como

aumentaban sus niveles de colesterolemia, y arteriosclerosis, en relación con otros conejos con la misma alimentación pero sin ser sometidos al estímulo acústico.

Henkin expuso ratas a un ruido de 220 Hz de frecuencia con una intensidad de 130 dB, durante 48 horas, realizando durante las mismas mediciones de los niveles en sangre de la secreción adrenal de corticosterona. Apreció como estos aumentaban al doble en los primeros 30 minutos, y que se triplicaban en la primera hora. Estos parámetros se estabilizaban posteriormente durante unas 12 horas para posteriormente descender hasta o por debajo de la normalidad. (49).

Jensen y Rasmunssen expusieron ratones a un ruido con intensidad de 120 dB, durante tres horas diarias. Los resultados mostraron que se producía una leucopenia mientras duró la exposición, la cual se siguió de una leucocitosis al acabar ésta, también apreciaron como aumentaba la facilidad para adquirir infecciones. (50).

Bukley y Smookler objetivaron algunas de las alteraciones que se producían en ratas tras ser sometidas a una combinación de estímulos audiogénicos, visuales y motores. Encontraron entre otros datos, unos niveles altos de tensión arterial y una elevación de los valores de corticosteroides en sangre, los cuales aumentaron durante las primeras cuatro semanas de exposición, cayendo rápidamente tras el estímulo. Otros datos fueron una hipertrofia ventricular izquierda y también de la zona fasciculada del córtex adrenal. (51).

Andriukin estudió los efectos del ruido sobre la presión arterial en trabajadores. Objetivo que los que se encontraban sometidos a un ambiente ruidoso tenían una mayor incidencia de hipertensión que aquellos que desarrollando su trabajo en la misma empresa se desenvolvían en un ambiente menos ruidoso. (52). Estos datos son corroborados por Rahe (1.971), quien encuentra en sus estudios que los trabajadores de las empresas en las que hay altos niveles de ruido presentan una inusual alta incidencia de alteraciones circulatorias, digestivas, metabólicas, neurológicas y psiquiátricas.

Cantrell estudió a 20 sujetos voluntarios normales, con una edad media de 20 años. Los puso en igualdad de condiciones de vivienda, alimentación, sonoras, etc. Los puso en unas habitaciones durante 15 días en donde no había ruido. Del día 16 al 26 se les impuso un ruido de 4.000 Hz a 80 dB, pulsado, con una duración de 0.66 segundos, cada 22 segundos durante 24 horas al día. Después de los cuales se aumentó la intensidad a en 5 dB, y tras otros diez días con estos valores e volvió a aumentar en otros 5 dB, con lo que la intensidad ya era de 90 dB. A los 10 días se detuvieron los estímulos sonoros y estuvieron así 10 días más. En este estudio se apreció que no hubo cambios mentales ni motores.

Psicológicamente todos estaban bien, la mayoría ignoraron el ruido, aunque si notaron dolores de cabeza, dificultad para entender al hablar por teléfono o disminución de la capacidad de concentración. El ruido no afectó el tiempo de alcanzar la fase I del sueño. El estímulo causó una elevación de la frecuencia cardíaca y la respuesta electroencefalográfica, lo que demuestra que nuestro sistema auditivo permanece activo incluso cuando dormimos.

Los valores más llamativos los encontraron en la bioquímica sanguínea. El cortisol en plasma cambió significativamente aumentando durante la exposición y descendiendo posteriormente. De igual manera se comportaron los niveles de colesterol.

Todos estos trabajos han sido puestos en tela de juicio por aquellos que consideran que el ruido no es tan dañino para todo el mundo como estos estudios reflejan, incluso nos hacen recapacitar y reseñarnos que no todas las personas son afectadas por igual ante el mismo ruido. Que hay personas que se afectan más ante determinados ruidos que otras o, incluso, que no todas las personas que están bajo un ambiente ruidoso lo están a la vez unas que otras. Todo esto dificulta la investigación acerca de los efectos del ruido, pero lo que tenemos que tener presente es que a pesar de esta dificultad el ruido es un factor agresivo, presente en nuestro medio y cuyos efectos fisiológicos y psicológicos son más serios de lo que en un principio podíamos pensar.

## **Daño auditivo inducido por Ruido**

El daño auditivo inducido por ruidos puede ser causado de forma instantánea, por un único ruido impulsivo o explosivo, de gran intensidad, o bien de forma crónica por un nivel base de ruido elevado.

La dificultad de este estudio ha radicado siempre en que si bien el ideal sería obtener el conocimiento de las características histológicas y bioquímicas de los daños en nuestro sistema auditivo ocasionados por los ruidos, extraídos de los estudios sobre huesos temporales humanos, sólo en contadas ocasiones, o nunca, se pueden encontrar un hueso temporal de una persona que exclusivamente haya estado sometida, como factor lesivo, al ruido; así que debemos tener en cuenta que pueden haber alteraciones enmascaradas por otras causas como la presbiacusia, la ototoxicidad por fármacos, las infecciones repetidas del oído, los efectos degenerativos derivados de otras enfermedades, etc. A esto tenemos que sumar el desconocimiento de los niveles auditivos de aquellos sujetos de estudio en el momento de su muerte, ya que estos datos sólo podemos conocerlos en animales de estudio de laboratorio, a los que se ha puesto en unas determinadas condiciones, y es de las investigaciones realizadas sobre ellos de las que más se ha podido extraer datos para detallar la patogenia del daño auditivo por ruido.

La Asociación Americana de Medicina del Trabajo define la hipoacusia inducida por ruido laboral como: la pérdida progresiva de audición que se desarrolla a lo largo del tiempo (varios años), y que es resultado de la exposición en el ambiente del trabajo a ruidos continuos o intermitentes de alta intensidad. Diferenciándolo del trauma acústico, el cual consiste en un cambio repentino del umbral de audición y que es consecuencia de una exposición a un único estallido de sonido de gran nivel de intensidad. (ACOM, 1.989).

En los traumas acústicos por ruido intenso y breve, inmediatamente después de producirse éste, se han descrito diferentes alteraciones anatómicas que van desde una redistribución moderada de las estereocilios de las células ciliadas internas y externas hasta la completa ausencia del órgano de Corti y la ruptura de la membrana de Reissner.

En general no se observan cambios óseos, nerviosos, de vasos sanguíneos, de la estría vascular, del ligamento espiral o del limbo. (53), si bien es cierto que la endolinfa puede contener residuos de células ciliadas y otras estructuras destruidas después de la exposición. En estos casos a los pocos minutos tiene lugar una marcada tumefacción de diferentes estructuras (54) seguida inmediatamente de un edema de la estría vascular que puede durar varios días.

En general el cuadro observado refleja que el órgano de Corti ha vibrado con una amplitud excesiva, y ha dado como resultado una lesión tisular que se relaciona con ese grado de intensidad y la duración del estímulo.

Bhone especuló con la posibilidad de que gran parte de esa tumefacción observada fuera causada por un incremento del contenido de potasio de la perilinfa, debido a la invasión de endolinfa hacia el espacio perilinfático cuando se produce la ruptura de las estructuras que los separan. (55).

Eldredge(56) y otros autores han desarrollado una escala para determinar el grado de lesión debida a ruidos.

Los valores 1 y 2 representan el nivel "dentro de la normalidad".

El 3 y 4 se utilizan para indicar una tumefacción moderada y una picnosis de las células ciliadas y cierta redistribución de sus estereocilios, junto con un leve desplazamiento de los núcleos de las células ciliadas, formación de vacuolas en las células de sostén, (C. de Deiter, Hensen y Claudius), y cierto desplazamiento de las células mesoteliales, una fina capa de células en la superficie basal (escala del tímpano) de la membrana basilar, dando a todos estos cambios un carácter de posible reversibilidad.

Los niveles 5 y 6 denotan una marcada tumefacción, desintegración, picnosis con cariorrexis de las células ciliadas externas que puede existir o no, marcado desplazamiento y fractura de los estereocilios o su fusión con cilios de gran tamaño, gigantes, la formación de grandes vacuolas en las células de sostén y la separación parcial de estas células y la desaparición de gran parte de las células mesoteliales. La tumefacción extrema y la vacuolización de las células de sostén, en ocasiones causan tanta presión sobre las células ciliadas internas que aparentemente son expulsadas del órgano de Corti, dejando orificios en la lámina reticular que en pocas horas son reemplazados por cicatrices falángicas (57).



En el nivel 7 algunas células ciliadas están totalmente ausentes, las células de Deiter están separadas de la membrana basilar y no se observan células mesoteliales.

El nivel 8 indica mayor pérdida de células ciliadas, incluso las más internas, y una ruptura de la membrana de Reissner.

En un nivel 9 todas las células ciliadas están destruidas y el órgano de Corti está totalmente colapsado, separado de la membrana basilar o ausente.

Pueden citarse dos ejemplos de acción de "válvula de seguridad" en la protección de las células ciliadas ante niveles sonoros extremadamente elevados. Así, Yoshii, en 1.909 refiere que si una exposición determinada a un ruido o una explosión ha roto la membrana timpánica, la lesión auditiva será menor que si el tímpano se halla intacto. En este caso la ruptura ha resultado en la transmisión de menos energía a la cóclea.

En consecuencia, el trauma acústico representa, en esencia, la destrucción de las células ciliadas que es causada por agentes físicos que exceden de lo que se denomina el límite elástico del mecanismo auditivo periférico, de manera que se produce daño tisular mecánico directo ya sea a las células ciliadas o quizás primero a las estructuras de sostén, por lo que las células ciliadas degeneran luego como consecuencia de la falta de dicho sostén.

Cuando el daño auditivo está asociado a una prolongada exposición a ruidos moderados, la situación no está tan definida. En este caso existen dos puntos de vista opuestos en parte, el micromecánico y el bioquímico.

Gravendeel y Plomp sugirieron que el daño auditivo inducido por ruidos a largo plazo representa una acumulación gradual de microtraumatismos por ruido. (58).

El ruido se caracteriza por su irregularidad, por lo que en un ruido el nivel promedio moderado, un pico de decibelios mucho mayor ocurre en ocasiones y estos picos infrecuentes pueden lesionar de manera irreversible una célula ciliada.

Aún con los ruidos más continuos la exposición de los oídos varía de un momento a otro a medida que el organismo se mueve en el campo sonoro. Una célula

ciliada puede perderse hoy, otra dentro de unos días y así progresivamente, por lo que si bien no puede medirse el efecto de la exposición de un sólo día, después de varios años la pérdida acumulada de células ciliadas por estos microtraumatismos pasa a ser significativa.

Un punto de vista alternativo es que, el daño auditivo inducido por ruidos a largo plazo, es el resultado de la pérdida lentamente acumulada de metabolitos a nivel citoquímico o enzimático que no incluye destrucción tisular importante de una manera directa. En este caso el concepto hace referencia a que la exposición habitual al ruido induce cambios bioquímicos graduales capaces de producir una amplia destrucción de células ciliadas sólo de manera indirecta o, en esencia que la fatiga auditiva es precursora de daño auditivo inducido por ruidos.

Estas dos teorías, en vez de considerarse antagonistas han de ser vistas como complementarias. No hay duda de que la exposición constante a una intensidad sonora moderada produce cambios mensurables en la histoquímica subyacente de la partición coclear. Más aún, la exposición de perros a cinco horas diarias durante dos años a niveles de sonido moderadamente elevados (105-110 dB SPL) produce una secuencia de cambios histológicos casi indistinguibles de los que se observan después de cortas exposiciones aisladas a niveles cada vez mayores: primero una pérdida de células ciliadas externas, luego de células ciliadas internas y de células de sostén, seguida de degeneración de fibras nerviosas y del ganglio espiral (59).

En los últimos 40 años se han estudiado intensamente los cambios bioquímicos asociados a la estimulación sostenida. Los primeros experimentos se centraron en la cuestión del metabolismo del oxígeno, el cual se relaciona con el mantenimiento de la partición coclear, ya que se considera que la anoxia puede producir un daño irreversible en las células ciliadas.

Los estudios iniciales demostraron que la estimulación por ruidos produce una disminución de la tensión de oxígeno en el conducto coclear. Dado que el ruido también produce vasoconstricción de las extremidades, era razonable pensar que en el caso en estudio podía incluirse un efecto similar. Sin embargo, Perlman y

Kimura (60), no encontraron vasoconstricción ni vasodilatación por observación directa del flujo sanguíneo de la cóclea, hasta que el nivel sonoro alcanzó los 120 dB SPL, a partir de los cuales el flujo aumentó en forma casi inmediata. Esto implica que la disminución de la tensión de oxígeno asociada a la exposición moderada sólo indica un incremento del consumo de oxígeno y no necesariamente una disminución de su suministro.

Un hecho objetivable es que bien sea por sobreestimulación mecánica o por interferencia de los procesos metabólicos, el daño auditivo se produce primeramente en las células ciliadas de la zona de la membrana basilar en la cual la actividad es mayor. Un tono puro de alta intensidad da origen a ondas que viajan desde la ventana oval hacia el ápice de la cóclea, aumentando gradualmente en amplitud a medida que avanzan en dirección apical hasta alcanzar un máximo, a partir del cual la amplitud desciende de manera estrepitosa; en consecuencia, la distribución espacial de la amplitud del movimiento es asimétrica. (61).

El sitio de máxima amplitud depende de la frecuencia: el máximo de las frecuencias altas ocurre hacia el extremo basal; el de las frecuencias bajas ocurre hacia el ápice. En consecuencia no sorprende que aún los estudios iniciales demostraran que en general los sonidos de alta frecuencia producen mayor daño cerca de la ventana oval, mientras que los sonidos de baja frecuencia afectan las porciones más apicales, más aún, debido a la asimetría de la distribución de las amplitudes, la dispersión del daño por la exposición continua tiende a ser mayor en dirección basal.

Primero y más importante, el canal auditivo actúa como caja de resonancia y amplifica frecuencias entre 2-5 KHz por 10 dB o más. Este efecto de resonancia tiene un máximo cerca de los 2.500 Hz. En consecuencia los tonos puros, y por supuesto los componentes del ruido, en la región de frecuencias desde 2-3 KHz llegan al oído interno a una intensidad mayor que los tonos de frecuencias mayores o menores; y estos tonos de 2-3 KHz producen su efecto máximo en el área a 10 mm. Una segunda consideración tiene en cuenta que el oído medio, por

su construcción, también transmite algunas frecuencias a la cóclea con mayor facilidad que otras.

Por último, la membrana basilar está muy cerca de la lámina ósea de la parte inferior del primer giro, por lo que quizás la amplitud de movimiento del órgano de Corti está limitada desde la ventana oval hasta un punto cercano al área citada. La simetría del movimiento de la membrana basilar, la restricción del movimiento del extremo basal y la atenuación selectiva o falta de amplificación del sonido que ingresa por encima de 4.000 Hz y por debajo de 1.000 Hz conspiran en conjunto para producir la mayor amplitud de movimiento del órgano de Corti en este punto, por lo que no llama la atención que el mayor daño que ocasionan estos tipos de ruidos ocurra allí.

En consecuencia, el resultado más notorio de la sobre estimulación del órgano de Corti es la destrucción de las células ciliadas en la región de amplitud máxima de movimiento de la membrana basilar; las células ciliadas externas son las primeras en sucumbir, haciéndolo más tarde las ciliadas internas o como consecuencia de una exposición más intensa. Esto es seguido de una degeneración de las fibras nerviosas y las células ganglionares en áreas de las cuales han sido eliminadas todas las células ciliadas, pero no de las zonas donde el daño a las células ciliadas sólo ha sido parcial.

Por tanto, el dato básico del daño auditivo inducido por ruidos ha sido tradicionalmente el estado de las células ciliadas.

En consecuencia cabe esperar que el ruido tenga distintos efectos sobre el órgano de la audición, que en orden de importancia serían:

- **Enmascaramiento de la audición:** Efecto fisiológico por el cual se disminuye la capacidad perceptiva de un sonido a causa de la presencia simultánea de otro sonido o de ruido.

Normalmente el espectro de frecuencias del sonido de la voz humana se sitúa entre 200 y 6000 Hz con una intensidad variable entre 30 y 70 dB. Esta

competencia entre el sonido deseado y el que no lo es, siempre tiene resultados perjudiciales. En el ámbito laboral esto representa:

- Disminuir la seguridad laboral, el trabajador recibe con dificultad el aviso de un posible peligro.
- Disminuir las oportunidades de formación del trabajador, la comunicación oral queda parcialmente afectada.
- Obligar al trabajador inmerso en este ambiente a utilizar una intensidad vocal alta, realizando un sobre esfuerzo vocal que le puede hacer desarrollar una disfonía disfuncional.

El constante enmascaramiento de la información o señales auditivas en el proceso de trabajo, puede conducir a un esfuerzo mental mantenido y a la irritación emocional del operador, lo que ocasiona fatiga y le genera molestias como cefalea, nerviosismo y otros. (62)

• **FATIGA AUDITIVA:** Se produce por una elevación del Umbral de excitación auditiva que se traduce como disminución transitoria de la capacidad auditiva (63). No hay lesión, y se recupera la capacidad con el descanso sonoro, en 16 horas promedio, dependiendo de la intensidad y duración de la exposición. **Consiste en un desplazamiento temporal del umbral auditivo y es un proceso fisiológico y reversible.** Se mide a los dos minutos y la mayor parte se recupera en las dos primeras horas, ya que sigue una proporción logarítmica con relación al tiempo siempre que no se repita la exposición al mismo. De hecho sería la respuesta fisiológica de protección del oído hacia sonidos de intensidad elevada, más de 90dB, que se manifestaría en una elevación temporal del umbral de audición persistente después de haber cesado la emisión del ruido (**TTS, Temporary Thershold Shift**), generalmente se produce durante la primera hora de exposición al ruido (64).

Cuanto más largo sea el tiempo de exposición más amplio será el espectro de frecuencias afectadas. El cansancio auditivo afecta a las frecuencias próximas a las del ruido expuesto y puede afectar principalmente a las frecuencias altas más raramente que a las más bajas.

La recuperación del umbral de audición puede tardar unas horas y dependerá de:

\*la intensidad del ruido percibido. Cuanto más intenso, más grande es el desplazamiento del umbral de audición y, por lo tanto, más lenta es la recuperación.

\*el tiempo de exposición. Cuanto más larga sea la duración de la exposición, más lenta es la recuperación. Este punto se debe tener en cuenta a la hora de hacer las audiometrías en el lugar de trabajo. Se debe esperar un mínimo de doce horas después de haber acabado la jornada para no confundir la fatiga auditiva con una patología irreversible.

\*las frecuencias afectadas: independientemente de las frecuencias del ruido fatigante, parece que las frecuencias alrededor de los 4000 Hz tardan más en recuperarse (64).

• **HIPOACUSIA PERMANENTE:** denominado también trauma acústico crónico por el deterioro auditivo por exposición crónica requiere una exposición a ruido elevada, niveles superiores a 75 dBA, nivel en el que la OMS reconoce como el límite a partir del cual aparece el riesgo, o bien sonidos de corta duración de más de 110 dBA, o una fatiga prolongada que no permite la recuperación (62). Es consecuencia del desplazamiento temporal del umbral de audición mantenido y agravado por el paso del tiempo y la exposición continuada al ruido, durante largos periodos de tiempo, lo que produce un **Desplazamiento Permanente Del Umbral de La Audición ( Pts: Permanent Threshold Shift)**, la recuperación del umbral va siendo más lenta y parcial, al extremo de tornarse irreversible.

Hay lesión del oído interno (células ciliadas externas de la superficie vestibular y de las células de sostén de Deiters). Se produce inicialmente en frecuencias no conversacionales, puede ir acompañado de zumbido de oídos (tinnitus) y de trastorno del equilibrio (vértigos).

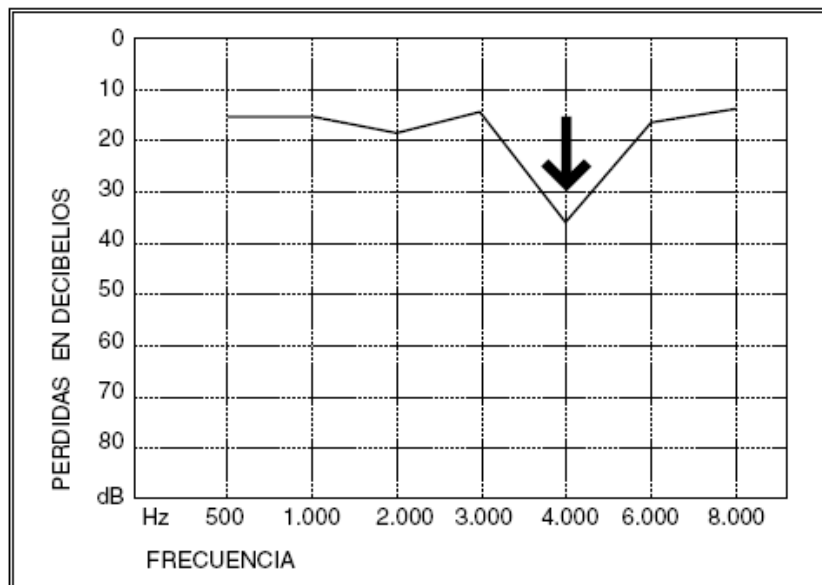
Comienza a establecerse en frecuencias de 4,000 y 6,000 Hz; Estas frecuencias no son conversacionales, por lo que no interfieren la vida social del sujeto(62).

Si la exposición continúa, la pérdida se extiende a frecuencias más elevadas y, posteriormente, a más bajas, incluso conversacionales (29).

## Evolución típica audiométrica

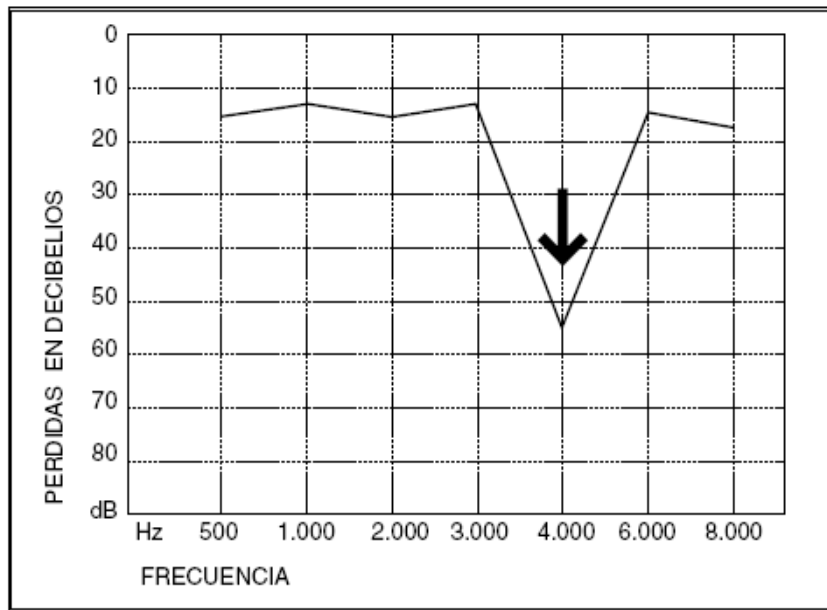
**1.<sup>a</sup> fase:** pérdida de hasta 40 dB en la zona de 4,000 Hz. recuperable al cesar la exposición (gráfico 2), siempre se valoran las pérdidas con relación a la audiometría base.

**Gráfico 2.** Gráficas de audiometrías



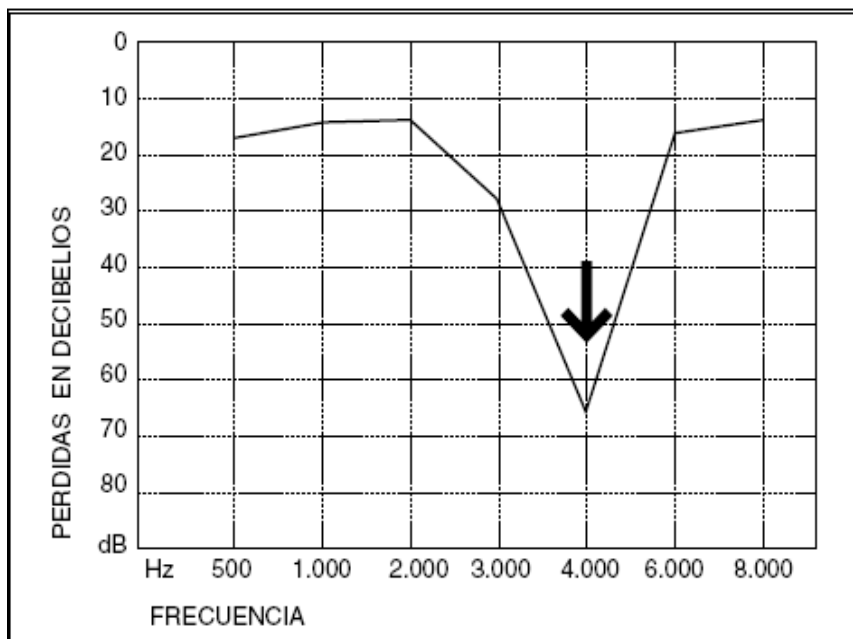
**2.<sup>a</sup> fase:** pérdida de 20-30 dB en la zona de 4,000 Hz principalmente (pero puede afectar a las frecuencias vecinas 3,000 y 6,000 Hz); recupera la caída en la frecuencia 6.000 Hz, se denomina escotoma traumático tipo 1, La capacidad conversacional queda intacta (gráfico 3).

Gráfico 3



**3.ª fase:** disminuye 40 dB en las frecuencias 4,000 ó 6,000 Hz. El escotoma se profundiza y se transforma en cubeta traumática. Presenta dificultades para escuchar relojes y timbres (gráfico 4).

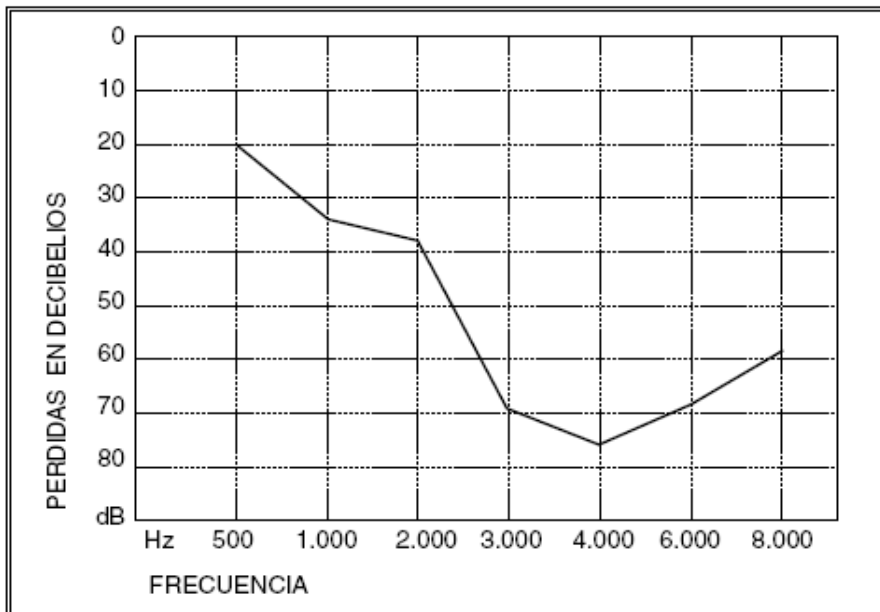
Gráfico 4



**4.ª fase:** pérdida que afecta Las frecuencias conversacionales: sordera social. Se evidencia una falta de recuperación en la frecuencia superior y afectación de frecuencias graves, el gráfico audiométrico se parece más a una recta descendente (gráfico 5).



Gráfico 5



*Características de la hipoacusia por ruido (3):*

- Tímpano: Normal.
- Localización: Bilateral (en el inicio de la enfermedad o en presencia de focos sonoros especiales se observan audiogramas asimétricos)(10).
- Reversibilidad: Irreversible.
- Rinne: Positivo.
- Weber: Se lateraliza hacia el oído más sano.
- Vía aérea: Descendida.
- Vía ósea: Descendida.
- Diferencia entre ambas vías: No existe (entre ambas vías descenso paralelo).
- Síndrome Vestibular: Puede existir.
- Síndrome Neurológico: No.
- Acúfenos: Pueden existir (65).

En la tabla II se correlacionan la clasificación de hipoacusias según el grado de pérdida con el umbral auditivo audiométrico en frecuencias conversacionales o próximas (ya que éstas arrastran al déficit de las conversacionales), y la repercusión en el ámbito de comunicación que supone cada pérdida (66).

**Tabla II.** Grado de hipoacusia y repercusión a nivel de comunicación

Grado de hipoacusia	Umbral de audición	Déficit auditivo
Audición normal	0-25 dB	
Pérdida leve	25-40 dB	Dificultad en conversación en voz baja o a distancia.
Pérdida moderada	40-55 dB	Conversación posible a 1 ó 1,5 metros.
Pérdida marcada	55-70 dB	Requiere conversación con voz fuerte.
Pérdida severa	70-90 dB	Voz fuerte y a 30 cm.
Pérdida profunda	>90 dB	Oye sonidos muy fuertes, pero no puede utilizar los sonidos como medio de comunicación.

Establecidas las lesiones la sintomatología evoluciona por etapas:

- a) El trabajador presenta acúfenos al final del día, astenia psíquica y la audiometría revela una pérdida de sensibilidad auditiva a la frecuencia de 4000 Hz por segundo
- b) La pérdida auditiva se incrementa a frecuencias próximas a 4000 Hz por segundo y la persona refiere algún problema comunicativo
- c) La pérdida avanza hacia frecuencias más bajas con una clara repercusión en la comunicación auditivo-verbal.

### **Factores que influyen en la lesión auditiva producida por ruido**

- a) Intensidad del ruido. Para los trabajadores un ambiente de ruido en un nivel superior a 80dB(A). este es el límite a partir del cual se han de tomar medidas preventivas específicas.

En la población trabajadora se considera peligrosa la permanencia en un ambiente ruidoso con un Nivel Diario Equivalente (LAeq,d) superior a 80 dBA, dicho nivel es el señalado en el reglamento general de medidas preventivas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de Honduras en su sección III , debiéndose tomar medidas a partir de los 80dBA y 85 dBA como nivel límite a partir del cual hay que tomar medidas preventivas específicas OBLIGATORIAS.

(18)

El instituto Nacional de Salud e Higiene Ocupacional (NIOSH) de Estados Unidos define el nivel límite de exposición a ruido ocupacional en 85 dBA para una jornada de trabajo de 8 horas (85 dBA en 8 horas TWA); con 40 años de exposición a 85 dBA en 8 horas de trabajo continuo, el riesgo de desarrollar pérdida auditiva por ruido es de 8 %, considerablemente mas bajo que el 25% de riesgo si se expone a 90 dBA en la misma jornada. (67)

En un trabajo en el cual la intensidad del ruido es constante, el aumento de la pérdida auditiva inducida por ruidos con el tiempo se aproxima a una función exponencial. Por lo tanto, el daño aumenta con rapidez al principio, pero luego se hace más lento de manera gradual. La mayor parte de la pérdida auditiva inducida por ruido a 4 KHz es producida en los primeros 5 años de exposición; en realidad, casi la mitad de la pérdida auditiva inducida por ruidos se produce en los dos primeros años. (68).

La pérdida auditiva inducida por ruidos promedio en un grupo de trabajadores aumenta con la intensidad del ruido y el tiempo de exposición. Ruidos por debajo de 80 dBA son seguros. Lo indica el hecho de que la pérdida auditiva en los trabajadores que pasan 8 horas diarias en ese nivel no es mayor que la hallada en personas no expuestas a ruido aún tras varios años de exposición (69).

Sin embargo, si la exposición de 8 horas excede de los niveles antes mencionados, aumenta el peligro a medida que aumentan los niveles de manera casi lineal. La exposición habitual regular a 100 dBA durante 8 horas diarias durante 10 años producirá una pérdida auditiva promedio de unos 40 dB a 3,4 y 6 KHz.(21)

De otro lado, la norma ISO 1999 (ISO 1990) determina la relación entre LAeq8h y el daño de la audición inducido por ruido para las frecuencias de 500 a 6000 Hz y para tiempos de exposición de hasta 40 años. Estas relaciones muestran que el daño auditivo inducido por ruido ocurre predominantemente en el rango de frecuencias altas (3000 a 6000 Hz) con mayor efecto en los 4000 Hz. Cuando se aumentan el LAeq8h y el tiempo de exposición, se afecta también la frecuencia de 2000 Hz. Por el contrario, a niveles LAeq8h de 75 dBA y menores, aun con exposiciones ocupacionales prolongadas, no se producirá daño auditivo inducido

por ruido, lo cual coincide con lo especificado por la OMS en 1980. Además, los estudios epidemiológicos no han demostrado daño auditivo en poblaciones expuestas a LAeq24h de menos de 70 dBA. (70). Ver Figura 2 (CCOSH).

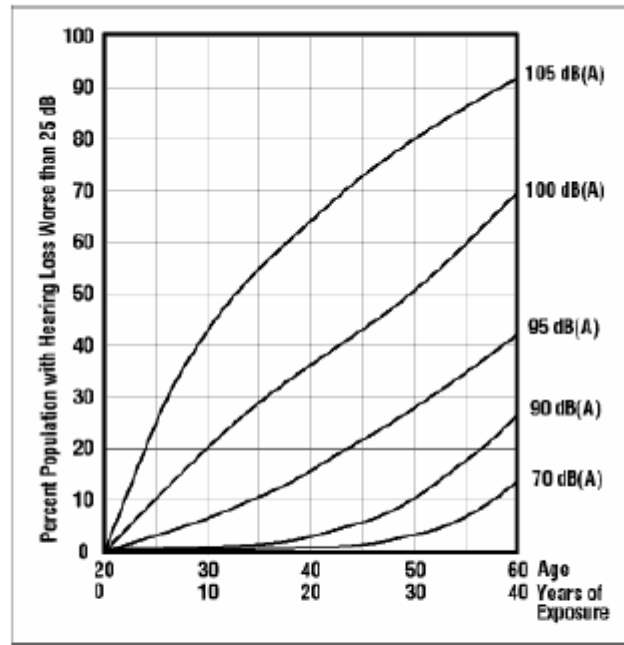


Figura 2. Porcentaje de población expuesta con pérdida auditiva mayor de 25 dB para varios niveles de ruido y años de exposición, de conformidad con el método ISO 1999-1990. La pérdida auditiva se definió con base en el promedio de pérdida del umbral auditivo en las frecuencias de 500, 1000, 2000 y 3000 Hz. Fuente: Canadian Centre for Occupational Health and Safety.

[http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys\\_agents/noise\\_auditory.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/noise_auditory.html)

Frecuencia del ruido. Los sonidos más perjudiciales son los de frecuencias altas, superiores a 1000 Hz. La mayor parte de los ruidos industriales se componen de ondas sonoras con estas frecuencias(29). Por causas aún poco conocidas las células ciliadas del oído interna más sensibles al efecto nocivo del ruido son las que transmiten las frecuencias entre 3000 y 6000 Hz, siendo la lesión de la zona de membrana basilar destinada a percibir los 4,000 Hz generalmente el primer signo de alarma. Las frecuencias en la región de 2-3 KHz, por las razones anatomofisiológicas expuestas anteriormente, producen mayor daño auditivo que las frecuencias mayores o menores. Los ultrasonidos, frecuencias superiores a 20.000 Hz e inaudibles, deben exceder de 110 dB SPL para ser peligrosos, pero tales niveles sonoros son muy raros en las actividades industriales.

Susceptibilidad individual. Se acepta como factor de riesgo, aunque es difícil demostrarlo. Algunas personas tienen mayor sensibilidad al ruido y, sometidos al mismo, tendrán un daño mayor y más rápido en su agudeza auditiva que el resto de la población.

Existen variaciones individuales en el grado de afectación de los trabajadores expuestos a ruido. Debe valorarse también antecedentes de meningitis, tratamientos ototóxicos, predisposición familiar a sordera precoz, diabetes o hipertensión arterial, que pueden aumentar la susceptibilidad individual.

Para determinar la susceptibilidad individual al ruido, algunos autores sugieren pruebas de fatiga auditiva, donde se valora el umbral auditivo.(h)

Estudios evidencian que la pérdida auditiva ocurre más en varones que en mujeres, y que los caucásicos son más susceptibles que los negros a la pérdida auditiva inducida por ruido (71).

Los efectos del sexo y la raza en la susceptibilidad a HNIR no han demostrado ser independientes a la exposición no ocupacional. Se ha calculado que para una exposición diaria de ruido dada, el Cambio del Umbral Auditivo Temporal(CUAT) dos minutos después de haber cesado la exposición en un grupo de sujetos, es el equivalente a la magnitud de CUAP de un grupo de trabajadores similarmente expuesto por 10 años. En 1990 la National Institutes of Health Consensus Conference reportó en “Noise and Hearing Loss” (NHI – 1990): “el conocimiento científico actual es inadecuado para predecir que algún individuo podría estar a salvo en un ruido que exceda los criterios de riesgo de daño o que algunos individuos específicamente podrían presentar una pérdida auditiva mayor al promedio para una exposición dada.”

b) Edad. El efecto del ruido se puede sumar a la presbiacusia.

Si bien podría suponerse que los oídos de los jóvenes tienen mayores probabilidades de ser lesionados que los de un trabajador adulto por su teórica debilidad, también es suposible la posibilidad de que al contrario fueran más resistentes al ser más elásticos. A este respecto no ha habido ningún trabajo que

pueda ser concluyente. En este sentido tampoco ha habido suficientes datos que avalen la noción de que los oídos del personal que trabaja en un ambiente ruidoso desarrollen una resistencia gradual y se hagan más resistentes a la pérdida auditiva por ruidos.

NIOSH al reanalizar los datos de la encuesta nacional de audición y ruido ocupacional de los Estados Unidos estimó los riesgos en exceso con un modelo que valoró las pérdidas auditivas en 1000, 2000, 3000 y 4000 Hz usando como criterio de pérdida auditiva un umbral > 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 < 80 dB (Tabla 2).(72)

Exposición diaria promedio (dB A)	Exceso de riesgo (%)				
	Edad < 30	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 y +
	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

Tabla 2 Riesgo en exceso (%) estimado para daño auditivo (> 25 dB) por edad y duración de la exposición

Dice Nelson et al, (73) que el riesgo relativo según nivel de exposición y edad en años varían directamente con cada una de estas variables, pero principalmente con la intensidad de la exposición (Tabla 4)

Nivel de exposición	Edad en años					
	15 – 29	30 - 44	45 – 59	60 - 69	70 - 79	80 y +
< 85 dB A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
85 – 90 dB A	1.96	2.24	1.91	1.66	1.12	1.00
> 90 dB A	7.96	5.62	3.83	2.82	1.62	1.00

Tabla 4. Riesgo relativo calculado por edad y nivel de exposición.

Otros aspectos a tener en cuenta para hacer una mejor evaluación de los trabajadores son:

- La hipoacusia conductiva de más de 30 dB que compromete todas las frecuencias entre 0,5 – 4 KHz puede ser protectora, pues la intensidad del sonido que llega a la cóclea es la misma que permitiría un protector auditivo bien fijado.
- Las personas con reflejos estapediales ausentes y sin hipoacusia conductiva (como en la parálisis de Bell o en postoperatorio de estapedectomía) tendrán una susceptibilidad aumentada.
- Si un individuo ha mostrado un CUAT mucho más largo de lo esperado posterior a la exposición a un ruido, es prudente tratar a ésta persona como susceptible, más aún si no se han identificado otras causas.
- La exposición al ruido bajo el agua tiene unas consideraciones especiales: Las ondas sonoras estimulan la cóclea a través de la estimulación directa del cráneo.
- Exposiciones maternas por encima de 115 dB pueden ser peligrosas para el feto después del quinto mes de gestación. Los ruidos de baja frecuencia son de mayor importancia para fetos y buceadores, pues estas son menos atenuadas bajo el agua y el reflejo estapedial no ejerce ningún efecto protector. (27)
- Personas a las cuales se les han eliminado los sistemas automáticos de protección de las células ciliadas del oído interno, como en la cirugía de la otosclerosis y las tímpanoplastias ocasiona una mayor vulnerabilidad coclear.(64)

Otros efectos auditivos son:

Dolor: especialmente a altas frecuencias, el umbral del dolor para oídos normales se encuentra entre 110 y 130 dB A.

Tinnitus: ruidos o sonidos que se perciben en el oído y acompañan a la hipoacusia, es percibido con mayor frecuencia durante la noche.

El tinitus puede acompañar a cualquier tipo de pérdida auditiva y no tiene ningún valor diagnóstico para determinar la causa de la pérdida auditiva. El 20% de las personas por encima de los 50 años refiere presentar tinitus de forma ocasional o

frecuente. El 3% de los hombres Daneses entre los 53 y 75 años reportan tinnitus que interfieren con el sueño, la lectura y la concentración (27)

Distorsión de la comunicación: la interferencia de ruido con la comunicación hablada es un proceso en el cual uno de dos sonidos simultáneos se convierte en inaudible. (62)

**Diagnóstico diferencial (74):** Para diagnosticar la hipoacusia por ruido deben excluirse posibles lesiones del nervio auditivo (intoxicación o infección), otosclerosis, enfermedad del oído medio por otitis crónica, o la posibilidad de estar sometido a los productos tóxicos industriales y/o fármacos que lesionan el nervio acústico y que se detallan en el Anexo VIII.

Numerosas enfermedades pueden presentar similares hallazgos en la audiometría de tonos puros (virosis, ototoxicidad, hipoacusia neurosensorial hereditaria e idiopática, traumatismo cráneo-encefálico, etc.), por lo que el diagnóstico clínico puede ser difícil y se apoya en los antecedentes de exposición «nociva» al ruido. Las dificultades serán mayores con audiogramas sugestivos de estadios iniciales de hipoacusia profesional en sujetos cuya exposición oscila sobre los 90 dBA o es difícil de precisar (por movilidad del personal o por tratarse de ruidos no estables). De hecho, es muy probable que estas patologías sean responsables de una sobreestimación de los efectos del ruido.

### **Daño psicosocial (75)**

El ruido es uno de los pocos estímulos que desde el nacimiento provoca reflejo de defensa (no es un miedo aprendido), y parece que por su presencia se van a producir efectos psicológicos (que se acompañan normalmente de síntomas físicos) como:

- Dificultad de comunicación.
- Perturbación del reposo y descanso.
- Alteraciones del sueño nocturno.
- Disminución de la capacidad de concentración.
- Malestar, ansiedad, estrés.

Estos efectos van a alterar la vida social de la persona y, visto desde una perspectiva global del modo de enfermar, pueden modificar sus relaciones con el



entorno. La relación entre la intensidad del sonido y la sensación subjetiva de molestia se presenta en la tabla III.

**Tabla III.** Intensidad del ruido en dB y valoración subjetiva de su percepción

Nivel de dB	Valoración (subjetiva)
30	Débil
50-60	Moderado
70-80	Fuerte
90	Muy fuerte
120	Ensofecedor
130	Umbral de sensación dolorosa

Los efectos psicosociales que el ruido produce dependen de:

- Actitud del sujeto;
- Sensibilidad personal;
- Evaluación personal de las posibilidades de reducirlo;
- Actitud del sujeto respecto al tipo y condiciones del puesto de trabajo;
- Momento de la jornada.

#### Interferencia en la comunicación

El nivel del sonido de una conversación normal, es a un metro del hablante, de entre 50 a 55 dBA. Hablando a gritos se puede llegar a 75 u 80dBA. Para que la palabra sea entendida es necesario que su intensidad supere en alrededor de 15 dBA al ruido de fondo.

Por lo tanto un ruido superior a 35 o 40 dBA provocara dificultades en la comunicación oral que solo podrán resolverse parcialmente, elevando el tono de voz. A partir de 65 dBA la conversación se torna extremadamente difícil.(G)

El proceso de comunicación verbal depende de **parámetros físicos** como son:

- Nivel de presión sonora, distribución de frecuencias y tiempo;
- Condiciones del local;
- Distancia entre locutor y oyente, así como la existencia de contacto visual entre ellos;
- Utilización o no de protección auditiva.

Asimismo, influirán una serie de **parámetros personales**:

- Estado auditivo del oyente;
- Existencia de señales verbales efectivas (claridad de articulación, esfuerzo vocal);
- Conocimiento y familiaridad del mensaje;
- Motivaciones de los sujetos (expectativas, fatiga, estrés).

La existencia de un nivel de ruido, fondo sonoro, puede dificultar la comprensión del mensaje verbal, con la importancia que esto puede tener tanto para la propia seguridad como para el proceso productivo (79).

Otro de los aspectos de los efectos del ruido sobre la seguridad es la reacción natural de las personas ante un ruido inesperado, movimientos bruscos y distracciones.

#### *Alteraciones en el desarrollo de tareas*

El ruido interfiere en la realización de tareas por parte del individuo, tanto en su jornada laboral como en el tiempo de ocio. Aunque no se han obtenido conclusiones significativas. Se puede señalar que dicha influencia dependerá de los siguientes factores:

##### — **Características del ruido:**

Variabilidad del nivel de ruido y su contenido espectral.

Ruido continuo o intermitente.

Repetición de ruidos de elevado nivel.

Ruidos de frecuencias mayores a 2,000 Hz.

— **Características de la persona:** serán más susceptibles las personalidades con rasgos ansiosos e irritables.

##### — **Características propias de la tarea:**

Demanda mental que exija.

Demanda sensomotriz.

Complejidad.

Demanda auditiva o extraauditiva.

### Alteraciones en órganos distintos a la audición

Es de todos conocido que la exposición al ruido tiene efectos en órganos y sistemas diferentes a los de la audición y, aunque no están cuantificadas las relaciones causa-efecto, pueden ser considerados como origen de problemas de salud.

Diversos estudios indican su relación con el nivel y la distribución espectral del ruido (77, 78, 79), así como los sistemas con posible afectación por el ruido; en la tabla IV se enumeran algunos de los sistemas que pueden verse afectados y los efectos susceptibles de aparecer.

**Tabla IV.** Efectos del ruido a nivel sistémico

Sistema afectado	Efecto
Sistema Nervioso Central	Hiperreflexia y Alteraciones en el EEG
Sistema Nervioso Autónomo	Dilatación pupilar
Aparato Cardiovascular	Alteraciones de la frecuencia cardíaca, e hipertensión arterial (aguda)
Aparato Digestivo	Alteraciones de la secreción gastrointestinal
Sistema Endocrino	Aumento del cortisol y otros efectos hormonales
Aparato Respiratorio	Alteraciones del ritmo
Aparato Reproductor - Gestación	Alteraciones menstruales, bajo peso al nacer, prematuridad, riesgos auditivos en el feto
Órgano de la Visión	Estrechamiento del campo visual y problemas de acomodación
Aparato Vestibular	Vértigos y nistagmus

\*Algunos estudios han mencionado aumentos hasta de 20% o el 30% en el riesgo ataques al corazón en personas sometidas a más de 65 dBA en periodo diurno.

- Efectos sobre el sueño: El ruido influye negativamente sobre el sueño de tres formas diferentes, estas dependen de las peculiaridades individuales, a partir de los 30 dBA:

- 1.- Mediante la **dificultad o imposibilidad de dormirse**
- 2.- Causando **interrupciones del sueño**, que, puede llevar al insomnio
- 3.- Disminuyendo la **calidad del sueño**.

- Efectos en el Feto: Se han demostrado respuestas del feto en relación con estímulos sonoros. Los ruidos intensos pueden alterar el desarrollo del sistema sensorial a causa de su fragilidad durante esta fase.

### **Evolución Clínica**

Una vez que las lesiones han aparecido sus manifestaciones clínicas, se evidencian diferentes etapas:

**-El período inicial:** se caracteriza por la presencia de acúfenos, sobre todo al final de la jornada laboral, astenia física y psíquica, junto a malestar general. La duración de este período es variable, pudiendo atribuírsele una media de 3 a 4 semanas, dependiendo siempre del nivel de exposición al ruido y la presencia de Picos.

Se produce un déficit auditivo neurosensorial permanente, que en la audiometría se manifiesta como un escotoma a 4,000 Hz y no afecta a frecuencias conversacionales, por lo que no se vivencia como enfermedad (64).

Al abandonar el ambiente de ruido, o adoptar medidas de protección, se produce una estabilización de la lesión.

— **Período de latencia total:** es variable, depende de la intensidad sonora a la que se encuentra sometida la persona y de su susceptibilidad individual. En este período se mantiene el acufeno de forma intermitente, sin existir ningún otro síntoma subjetivo, los únicos signos de lesión son audiométricos.

— **Período de latencia subtotal:** en este período la pérdida se extiende a 2-3 octavas, suele suceder tras 2-3 años de exposición hasta los 10-15 años. Comienzan a aparecer síntomas subjetivos, el trabajador nota que no tiene una audición normal, eleva el volumen de los aparatos y suele comentar que no capta las conversaciones cuando existe ruido de fondo.

— **Período terminal de hipoacusia manifiesta:** la pérdida se extiende a 500 Hz, suele acompañarse de acúfenos continuos y, en menor proporción, de vértigos.

El zumbido o acufeno es mas molesto para las personas cuando hay poco ruido ambiental, algunos refieren que no pueden dormir ni concentrarse cuando se encuentran en un cuarto silencioso, durante el examen con diapasón, el paciente percibe mucho mejor la conducción aérea que la ósea, lo cual es indicativo de sordera neurosensorial.(80)

### 3. EVALUACIÓN DEL RIESGO

La evaluación del riesgo ruido inicia desde la identificación de su presencia en el área de trabajo, aunque el medico no necesariamente debe ser un experto en la medición y control del ruido, debe tener conocimientos básicos de cómo se mide y cuales son las medidas de control, trabajo que recae en el ingeniero o higienista de la empresa quienes tendrán necesariamente la capacitación y el entrenamiento adecuado.

Sin embargo tener el conocimiento básico permitirá un mejor desempeño en el manejo de un programa de conservación auditiva, además coordinar actividades con los responsables de la medición y control.

El medir el ruido tiene tres propósitos principales:

- Identificar los trabajadores sobreexpuestos y cuantificar su exposición.
- Evaluar la situación del ruido para efectos del control administrativo y de ingeniería, y
- Determinar el nivel de atenuación de ruido de los equipos de protección auditiva que se requiera.

Trabajadores quienes están expuestos a niveles por arriba de nivel de acción estipulado por la ley de 80dBA, en un tiempo promedio ponderado de 8 horas (TWA=8horas), igualmente los expuestos a niveles superiores del limite máximo permitido de 85dBA, deben incluirse en un programa de conservación auditiva.

Los controles de ingeniería del ruido necesitan evaluar los niveles y el espectro de ruido que emiten las maquinas y procesos de trabajo, así determinar efectivamente cuales son las fuentes de ruido y establecer que tipos de controles serán los más efectivos y económicos.

La medición de ruido puede ser útil también para fines de educación y motivación, los trabajadores son frecuentemente interesados en conocer en detalle su exposición, con ello son más cuidadosos respecto a su integridad, uso de equipo de protección auditiva y es mas participe en el programa de conservación auditiva.(81)

La evaluación de la exposición al riesgo deberá permitir la determinación del nivel diario equivalente y del nivel de Pico que soporta cada persona en su puesto de trabajo y comprenderá los siguientes puntos:

- 1) La identificación de cada puesto de trabajo, con el tiempo de permanencia diario del operario en cada fase de los distintos niveles acústicos.
- 2) La medición del nivel de presión acústica, con el objeto de posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá realizarse contra el ruido.
- 3) El resultado obtenido en cada puesto de trabajo, con las observaciones pertinentes.

La tendencia actual de gestión del riesgo profesional apunta a mantener controladas las exposiciones ocupacionales a partir del monitoreo permanente de los niveles de intensidad de ruido a que son sometidos los trabajadores. La valoración ambiental y biológica realizada en forma simultánea permite tomar decisiones para la prevención del daño auditivo. El apoyo de la estadística para el procesamiento y análisis de datos con altos niveles de confianza contribuye enormemente en este proceso. Organismos como la OMS, el National Institute of Occupational Safety and Health de los Estados Unidos (NIOSH), la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) y la American Industrial Hygiene Association (AIHA) tratan con mucho detalle el tema encontrando las siguientes coincidencias en la forma de conducir procedimientos para una adecuada manera de validar los estudios de higiene de campo.

- 1) El valor límite permisible es una herramienta clave para mantener controlada la exposición de individuos a los riesgos higiénicos.
- 2) Los muestreos personales son preferibles a los muestreos de área, por cuanto los primeros ejercen un mejor control en la variabilidad de la exposición.
- 3) Una manera razonable de optimizar los recursos de muestreo y, en consecuencia, los costos de inversión, es acudir al muestreo estadístico, para soportar las decisiones en el seguimiento y control de los riesgos en los individuos expuestos.

El tratamiento estadístico de las muestras debe realizarse sobre la base de muestras tomadas bajo condiciones de tiempo similares. Por ejemplo no mezclar muestras tomadas durante 8 horas con muestras tomadas durante 2 horas.

El establecimiento de una estrategia de muestreo con criterio estadístico permite además conocer la exposición real de los trabajadores utilizando pocas muestras. De lo contrario, sería necesario realizar esfuerzos adicionales para el estudio de la exposición aplicable a la totalidad de la población expuesta, con la consecuente alta inversión económica que habría que considerar para este fin.

4) La conformación de grupos de exposición similar (GES) facilita el estudio de la exposición de poblaciones de trabajadores a partir de muestras estadísticas, con altos niveles de confianza. Un GES es un grupo de trabajadores que tienen exposición comparable.

5) Un número razonable de muestras a tomar se basaría en la raíz cuadrada del número de trabajadores del GES, con un mínimo de 6. Así por ejemplo, para un GES de 49 trabajadores se necesitarían 7 muestras, 81 trabajadores necesitan 9, 16 trabajadores requieren 6 (en este último caso, no se toma la raíz cuadrada de 16 (que es 4) puesto que es menor de 6).

La regla 20 – 80 es un principio utilizado en administración para estimar los presupuestos de inversión que podrían tenerse en cuenta en los programas de gestión del riesgo higiénico. Significa que, resulta razonable disponer de un 20 % de los recursos para la evaluación ambiental del riesgo y un 80 % en entrenamiento de los trabajadores, controles de ingeniería, cambios en procesos, equipos de protección personal, mantenimiento de registros y acciones de medicina del trabajo.

Otros criterios de decisión, además de los mencionados, que se utilizan como referencia, son los de NIOSH, los cuales se basan en el intervalo de confianza alrededor de la media para un grupo de muestras. Estos son:

1.- Si el límite de confianza superior (LCS) se encuentra por debajo del valor límite permisible la exposición encontrada está en conformidad.

2.- Si el límite de confianza inferior (LCI) se encuentra por encima del valor límite permisible la exposición esta fuera de conformidad.

3.- Si el valor límite permisible se encuentra entre los límites de confianza superior e inferior no es posible aplicar un criterio de decisión con un nivel de confianza del 95%.(82, 83, 84, 85, 86)

La medición se realizará con instrumentos de medición apropiados a la clase de ruido a medir, según el manual técnico de la Asociación de Salud e higiene Ocupacional (OSHA), Sonómetros; Sonómetros integradores-promediadores o dosímetros y analizadores de frecuencias. Estos instrumentos de medida deberán ser verificados con un calibrador antes y después de cada medición.

Las mediciones se realizarán, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontrará su oído. Si la presencia del trabajador es necesaria, el micrófono se colocará frente a su oído, a 10 cms de distancia, siendo el número o duración de las mediciones necesarias para que resulten representativas.

Se deberán realizar evaluaciones en distintos momentos:

- a) Inicial. En el momento de la creación del puesto de trabajo.
- b) Adicionales, cada vez que se cree un nuevo puesto de trabajo o haya cambios significativos en los ya existentes, en lo que se refiere al nivel de exposición al ruido.
- c) Periódicas, cada 5 años en los puestos de trabajo en los que el nivel diario equivalente supere los 80 dBA, y anualmente cuando el nivel diario equivalente supere los 85 dBA o el nivel pico los 140 dB.

La exposición sonora equivalente es la que se acepta internacionalmente y corresponde a la presión sonora instantánea ponderada durante un tiempo dado. Esta es la base que define el principio de cómo funcionan los aparatos personales de exposición sonora.

La medición de la exposición a ruido en los ambientes de trabajo se realiza con la respuesta de frecuencias con ponderación A. La dosis de exposición a ruido es



una medida de la exposición al ruido a que esta sometido una persona. La dosis de ruido se desarrolló para evaluar la exposición como protección contra la pérdida de la audición y se expresa como un porcentaje de la exposición diaria máxima permisible al ruido. La dosis de ruido durante 8 horas es igual al 100% cuando el nivel sonoro equivalente es igual al nivel permisible para las 8 horas.

La dosis de ruido a las cuales se exponen los trabajadores puede determinarse con sonómetros integradores o con equipos medidores personales de la exposición sonora conocidos también como dosímetros (87, 88, 89)

### **3.1 MEDICION DEL RUIDO**

Existe una amplia gama de aparatos de medición de ruido. La elección del equipo de medición en cada caso dependerá de los datos que se deseen obtener, así como del tipo de ruido que se pretende medir. Entre los equipos más utilizados están:

#### **1.3.1. Sonómetros.**

Son una herramienta primordial y básica a la hora de estudiar los ruidos. La medición del ruido, determinar sus niveles, es el primer paso en la identificación de aquellos sonidos, que por sus intensidades pueden ser perjudiciales para la salud.

El interés despertado por el ruido, su estudio y el de sus consecuencias, ha servido de estímulo para el desarrollo de mecanismos de medida cada más precisos y más fáciles de usar.

Los instrumentos de medida abarcan una gran variedad de modelos, desde los más simples a los más complejos. En líneas generales, un sonómetro es un instrumento compuesto por un micrófono, un amplificador, filtros de ancho de bandas, un premediador y un lector de valores.

Básicamente es como un oído electromecánico, el cual oye y registra lo oído en términos de decibelios, y fue diseñado para apreciar además las diferencias de intensidades para diferentes frecuencias, al igual que el oído humano.

Una vez que el sonido es recogido por el micrófono se genera una pequeña carga eléctrica que es proporcional a la presión de sonido que registra.

El micrófono de un sonómetro es una pieza fundamental. Existen diferentes tipos de ellos según sus características de construcción, materiales, de todos los existentes son los micrófonos piezoeléctricos y los condensadores los más utilizados. Estos últimos se caracterizan por una mayor precisión, más alta calidad, y mayor sensibilidad que los piezoeléctricos.

Una vez detectada la señal, y la energía sonora ha sido transformada en voltaje eléctrico, se amplifica y se somete a un filtrado, que será más complejo cuanto mayor diferenciación del ancho de banda o determinación de frecuencia queramos determinar.

Los sonómetros en general presentan tres o cuatro escalas diferentes, las más usadas son las llamadas escalas A, B y C. La escala A fue diseñada para aproximarse lo más posible a la respuesta del oído humano ante niveles bajos de presión sonora, es la escala indicada para el estudio de las frecuencias sonoras que más afectan a la audición humana.

La escala C responde de manera similar a como lo hace el oído ante elevados niveles de presión sonora. La escala B se corresponde con valores intermedios entre las dos anteriores.

Una vez que el sonómetro ha detectado el ruido, lo ha amplificado y lo ha pasado a través de una de las escalas, vuelve nuevamente a amplificarse y va a un promediador de energía que servirá para definir su dimensión.

Todos los sonómetros han de seguir unas normas básicas o mínimas que se recogen en las diferentes normativas por las que se rigen los diferentes países, de ellas, las más frecuentes son la norma ANSI S1.4- 1971 (American National standards Institute), o la IEC 179-1973 (International Electrotechnical Commission), en ellas se hace referencia a sus características, tolerancia de micrófonos, requerimientos eléctricos, etc.

Atendiendo a la norma ANSI S1.4-1971, podemos diferenciar los sonómetros en tres tipos:

- Tipo 1: sonómetros de precisión
- Tipo 2: sonómetros para propósitos generales
- Tipo 3: sonómetros de control o vigilancia

Los errores de los tipos 2 y 3 son superiores a 7,5 dB para algunas frecuencias, lo que no los hace útiles para valoraciones según las normas de la Occupational safety and Health Administration (OSHA). En comparación a ellos, el tipo 1 tiene un error inferior a 1,5 dB, lo que los hace óptimos para determinaciones científicas.

### **1.3.2. Sonómetros integradores.**

Estos equipos son similares a los anteriores, pero poseen una función más, que es la de integrar el ruido que llega al aparato, y promediar los resultados puntuales obteniendo un valor llamado nivel continuo equivalente, que es el valor promedio del nivel sonoro que existe durante todo el período de medición.

### **1.3.3. Dosímetros.**

Es un monitor de exposición que acumula el ruido constantemente. Son similares a los sonómetros en cuanto a que están compuestos de un micrófono registrador, filtros de frecuencias, etc. Su diferencia y utilidad radica en que calculan y registran la dosis de ruido acumulada en un determinado período de tiempo.

Estas unidades son portátiles, lo que nos permiten que sean trasladadas por los trabajadores o las personas que deseemos estudiar, de tal manera que pueden desplazarse normalmente en sus lugares de trabajo donde se registran las fluctuaciones de ruido a las que están sometidos.

### **1.3.4. Analizadores de frecuencias.**

Son equipos de tipo sonómetro dotados de unos filtros que permiten separar las distintas frecuencias que lo componen en bandas; las más típicas son las bandas de octava y de 1/3 de octava.

### **1.3.5. Medidores de impacto.**

Vienen normalmente incorporados en el sonómetro bastando para su utilización seleccionar la respuesta adecuada. Los más usados en la medición pueden ser:

- Sonómetros: cuando el ruido es estable.
- Sonómetros integradores promediadores.
- Dosímetros.

El estudio de los niveles de ruido y su medición requiere un entrenamiento previo en el manejo de todos estos aparatos de medida y en el cumplimiento de una serie de premisas para evitar la interferencia de ruidos producidos por nosotros mismos, el viento sobre la membrana del micrófono, la incorrecta dirección al elegir el origen de la fuente sonora, de todo lo cual dependerá la precisión de nuestras determinaciones. (90).

El riesgo de adquirir una hipoacusia inducida por ruido depende principalmente de la intensidad del ruido y del tiempo de exposición del trabajador al mismo. Para determinar las diferencias entre ambientes ruidosos perjudiciales o no perjudiciales se han establecido unos niveles permisibles de ruido aceptados internacionalmente.

En general, la intensidad del ruido, como ya hemos comentados se mide en decibelios, pero cuando tratamos de ruido profesional o perjudicial para el oído, nos interesa la evaluación en decibelios A, que son las unidades que utilizan los medidores de nivel sonoro con una respuesta de frecuencia colocada en la posición "A". La energía sonora en el área de frecuencias de 1.000-5.000 Hz, la más nociva para la audición, que se enfatiza cuando los registros se hacen en dBA.

En general, para cualquier límite práctico de la exposición al ruido, la mayoría de los trabajadores sufrirían cierta pérdida auditiva en las frecuencias altas hacia fines de su vida laboral y otros presentarán un grado incapacitante de afección auditiva. Una regla común es que cuando los trabajadores están expuestos a un ruido continuo de 80 dBA de intensidad, 8 horas al día durante 10-20 años, tienen una probabilidad cero de desarrollar hipoacusia por ruido. La probabilidad aumenta hasta alrededor del 50 % cuando los niveles alcanzan los 95 dBA; y a 105 dBA se alcanza casi un 100% de afectación (91).

Más recientemente, en 1990, la I.S.O. publicó un importante documento (ISO-1999), en el que se combinan de forma detallada los cambios producidos en personas expuestas al ruido y su relación con la edad y el tiempo de exposición, de tal manera que de los datos reflejados se desprende que, a mayor tiempo de exposición al ruido existe un mayor grado de pérdida de audición y, por otro lado, que esta pérdida se debe en mayor medida a la intensidad que a la edad, a medida que aumenta dicha intensidad, existiendo claras diferencias cuando los niveles de ruido pasan de 90 dBA a 100 dBA. (92)

### **3.2. VALORES LÍMITES PERMISIBLES**

Se recomienda aplicar un nivel criterio de 85 dBA como límite permisible de exposición ponderada para 8 horas laborables/día (TWA), con una tasa de intercambio de 3 dB (93).

El nivel de referencia, conocido también como nivel criterio, es el nivel de presión sonora que ha sido normalizada a 8 horas para la exposición a ruido. Los niveles de referencia más usados son los de 85 y 90 dB, aunque la gran mayoría de las organizaciones y países utilizan 85 dB. Una excepción de esta regla es la establecida por la Agencia para la Seguridad y la Salud Ocupacional de los Estados Unidos (OSHA), que ha definido un nivel de referencia de 90 dB.

La publicación de NIOSH No. 98-126 recopila amplia documentación científica y técnica que justifica y recomienda el uso de un nivel de referencia de 85 dB y tasa de intercambio de 3 dB. La ACGIH (Publicación 2006 de los TLVs and BEIs) y la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) comparten los criterios de NIOSH sobre niveles de referencia y tasas de intercambio (94).

De otro lado, las tasas de intercambio más utilizadas por organizaciones especializadas en salud ocupacional en diferentes países son las de 3 y 5 dBA. La tasa de intercambio de 3 dBA, conocida como de igual energía, establece que la lesión es proporcional a la energía total. Esto significa que un aumento del nivel en 3 dBA duplica la energía, lo cual es equivalente a duplicar la duración de la

exposición. Dicho de otra forma, si el daño auditivo es proporcional a la energía acústica recibida por el oído, entonces una exposición a un nivel de ruido cualquiera durante una hora, producirá el mismo daño que una exposición durante dos horas a un nivel de ruido que es 3 dBA más bajo que el nivel de ruido original.

La tasa de intercambio de 5 dBA se basa en los desplazamientos temporales del umbral inducidos por el ruido que han indicado una reducción a la mitad del tiempo de exposición permitiendo un aumento medio de 5 dB, principalmente para ruido de tipo intermitente.

El control del ruido aplicando la tasa de intercambio de 3 dBA favorece al trabajador expuesto en mejor forma que la tasa de 5 dBA. Así por ejemplo para un nivel ponderado de ruido, TWA de 91 dBA, los tiempos permitidos de exposición serán de 2.0 y 3.48 horas para tasas de intercambio de 3 dBA y 5 dBA, respectivamente.

Muchos investigadores dedicados al estudio de la pérdida auditiva inducida por ruido han concluido que la regla de los 3 dBA o de igual energía, es el método más práctico y razonable para medir el ruido tanto intermitente como de impulso/impacto entre 80 y 140 dBA. Los estudios realizados fueron la base para el establecimiento del estándar ISO R 1999. También concluyó que la tasa de intercambio de 3 dBA era el método más firmemente soportado por la evidencia científica (95, 96).

A continuación se presenta la relación del tiempo de exposición máximo de acuerdo con el nivel de exposición, usando una tasa de intercambio de 3 dB.

**NIVEL DE EXPOSICIÓN (NPS) Y DURACIÓN MAXIMA PERMITIDA (TIEMPO)**

NPS dBA	Tiempo			NPS dBA	Tiempo		
	Hr	Min	Seg		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				

Fuente: NIOSH, 1998

### 3.3. METODOS DE MEDICION DE RUIDO EN EL TRABAJO

El estándar de la ISO y la literatura epidemiológica recomiendan explícitamente las dosimetrías como el método más preciso para la evaluación de la exposición a ruido y su correspondiente riesgo de pérdida auditiva. De otra parte, precisa de un método para el cálculo estadístico de las mediciones y en general está ideado para la toma de decisiones sobre la necesidad de establecer programas de conservación de la audición y la aplicación de las medidas de reducción del ruido. El estándar de la ISO tiene mayor cobertura internacional que el estándar de la ANSI (97, 98, 99, 100).

Se plantea que la periodicidad se establezca en función de los resultados de las mediciones con relación al valor límite permisible o porcentaje de dosis de exposición, (101) según la tabla 1.

NIOSH en la publicación 98 – 126 fija periodos de 2 a 5 años como tiempos para el desarrollo de nuevas mediciones de la exposición tomando 95 dBA como nivel de referencia. La consideración de NIOSH establece además que las mediciones deben repetirse cada vez que se sospeche cambios de niveles de ruido por efectos de la instalación de nuevos procesos productivos, adquisición de nuevos equipos o cambios en las funciones de los trabajadores (102).

Grado	Descripción	Comentario	Frecuencia de la reevaluación
1	No exposición	Dosis inferiores a 75 dBA	De 3 a 5 años
2	Exposición baja	Dosis inferiores al nivel de acción , 82 dBA	De 1 a 3 años
3	Exposición moderada	Frecuente exposición a dosis por debajo del nivel de acción (82 dBA) o exposiciones poco frecuentes a dosis entre el 82 dBA y 85 dBA	De 3 meses a 1 año
4	Alta exposición	Frecuente exposición a dosis cercanas a 85 dBA e infrecuentes exposiciones a dosis por encima de 85 dBA	De 1 a 3 meses
5	Muy alta exposición	Frecuente exposiciones a dosis por encima de 85 dBA	Evaluación continua

Tabla 1. Grados de riesgo según dosis de exposición y frecuencia de la reevaluación

La primera propuesta aplica para cualquier riesgo higiénico con nivel de acción definido, mientras que la de NIOSH es específica para el caso de ruido.



Las medidas de control técnico para ruido tradicionalmente se han clasificado como medidas de control en la fuente a través de la automatización y el encerramiento de las fuentes y procesos generadores de ruido, medidas de control para aplicar entre la fuente de generación del riesgo y el individuo y medidas de control en el individuo mediante el desarrollo de programas adecuados de entrenamiento, capacitación en prevención de riesgos, utilización de elementos de protección individual e incluso con la aplicación de procesos de reubicación laboral. Muchas de las medidas en el individuo expuesto pueden considerarse como administrativas.

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.

Todo plan de adquisición de nuevos equipos deberá tener en cuenta el grado de contaminación acústica que este equipo pudiese generar una vez se encuentre instalado. Los equipos, la maquinaria y las herramientas más silenciosas obtendrán una mejor calificación para ser seleccionados.

Los métodos técnicos para la reducción de ruido se refieren a los procedimientos de ingeniería a aplicar en la fuente de generación o en el medio de transmisión y no así en el individuo expuesto y la utilización de aparatos de protección personal. Cualquiera que sea el método a aplicar, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- El control de la exposición a ruido es un problema combinado entre la fuente, medio de transmisión y receptor.
- 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:

- Disminuir el tiempo de exposición
- Estimular los planes de rotación del personal.
- Operar equipos ruidosos durante turnos de trabajo que implique la presencia de un mínimo de trabajadores expuestos.
- 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.

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.

### 3.4. Medición de la Audición Humana

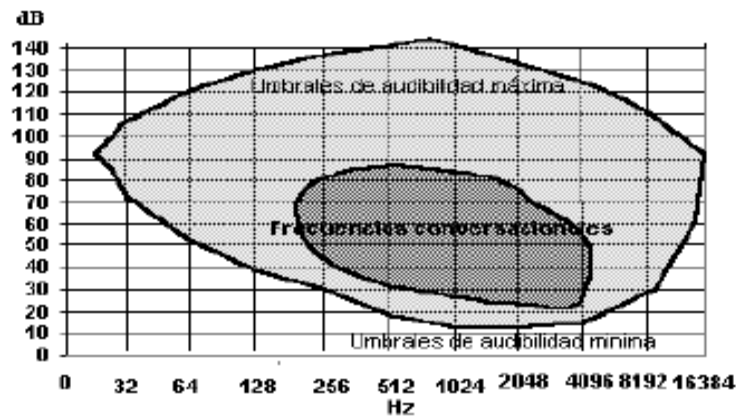
Los límites de frecuencia de la audición humana por conducción aérea se extienden desde aproximadamente 20 Hz hasta los 20.000 Hz, mientras que la audición por vía ósea llega hasta los 6.000 Hz. Esta capacidad auditiva no es igual para todas las frecuencias. Así, encontramos que existe una mala capacidad para las frecuencias excesivamente altas o bajas, siendo notablemente mejor para las medias.

Al explicar el dB en la medición de la audición humana, es necesario definir de manera precisa la escala de decibelios que se emplea.

En audiometría, suelen usarse tres referencias diferentes, todas las cuales generan diferentes escalas de decibelios: dB SPL o decibelios para presión sonora, dB HL o de nivel de audición, y dB SL o de nivel de sensación. El cero de referencia para dB SPL es de 20 micropascales, en tanto que para los dB HL varía según la frecuencia. La referencia para dB SL es la propia audición de cada paciente. (103).

A pesar que la audición humana logre captar de 20-20.000 Hz, la sensibilidad a diferentes regiones de frecuencia varían en dB SPL. Por ejemplo, en general, el ser humano escucha los tonos de 1.000 Hz aproximadamente a 6.5-10 dB SPL, mientras que los de 125 Hz sólo los escucha cuando el tono alcanza unos 35-45 dB SPL, y la audición de 10.000 Hz a unos 20-25 dB SPL.

A este respecto, la gráfica más importante, en dB SPL, la encontramos en curva de audiograma de Wegel, donde se representan los valores de audición mínima y máxima en un audiograma de abscisas y ordenadas.



Campo auditivo normal, gráfico de base o de Wegel

Tiene forma de dos parábolas que convergen en los extremos, correspondientes a las frecuencias de 22 y 20.000 Hz. El área comprendida entre estas dos curvas constituye el campo auditivo. (103).

La variación de intensidad en la audición humana oscila desde 0 dB HL (nivel de referencia basado en valores normales obtenidos de estudios en laboratorio), hasta aproximadamente 130 dB (equivalente al nivel de sensación táctil, cosquilleo o dolor).

Teniendo en cuenta la escala logarítmica de los decibelios, en el audiograma, una señal de 60 dB HL representa un millón de veces más potencia que una señal de 0 dB HL. Esto no equivale a una hipoacusia del 60 %, ni debe notarse como tal.

Las diferencias de intensidad sonora a lo largo de las frecuencias disminuyen a intensidades más altas, de tal forma que a 100 dB SPL, todas las frecuencias son igualmente intensas. Por ello, se considera el oído como un ecualizador a intensidades altas, en tanto que los bajos y los agudos son menos audibles a intensidades de baja señal.

Dos conceptos que debemos tener en cuenta para afrontar la medición de la audición en humanos son:

**Diferencia mínima perceptible.**

Es la modificación mínima de frecuencia que hay que realizar para que el sujeto perciba un cambio de tono. Tiene que producir un cambio en la oscilación máxima de la membrana basilar como para recorrer el espacio inervado por unas 56

neuronas. Esta modificación ha de ser de al menos 4-5 Hz para que sea percibida.

### **Banda crítica de frecuencia.**

Se define como tal al desplazamiento necesario para distinguir entre dos tonos.

Los tonos producen una oscilación en la membrana basilar a modo de onda, de tal modo que dos tonos que estén muy próximos pueden percibirse como uno sólo. Si se van separando llega un momento en que se es capaz de distinguirlos.

Llamamos banda crítica de frecuencia a la frecuencia que hay que desplazarlos para que puedan ser percibidos como dos sonidos separados.

La banda crítica interesa a unas 1.300 neuronas, de manera que hay que modificar un tono una frecuencia determinada como para que el punto de oscilación máxima de la membrana basilar se desplace el espacio ocupado por unas 1.300 neuronas.

El sistema auditivo tiene capacidad para localizar las fuentes sonoras. Basta con un desplazamiento de 3-4 grados para percibir un cambio en la localización de la fuente sonora.

En realidad lo que se hace es detectar la diferencia temporal entre la llegada del sonido a uno y otro oído. Con un desplazamiento de 3 grados llegan 30 microsegundos antes a un oído que al otro. Dicha diferencia es percibida por nuestro cerebro, el cual identifica un cambio de localización.

Esta capacidad se supone que se encuentra localizada en el tronco cerebral. La acción de las proyecciones homolaterales es siempre inhibitoria y la de las contralaterales facilitadora, de manera que probablemente lo que ocurra es que el oído al que primero llega la información sonora, puesto que es el primero que lo transmite, va a inhibir la oliva homolateral y cuando llegue la proyección heterolateral del otro oído a esta oliva (con acción facilitadora) se la encuentre bloqueada. Con un mecanismo de constante comparación entre ambas olivas nuestro SNC identifica los cambios de localización de la fuente sonora.

Para localizar si un sonido está delante o detrás se usa el pabellón auricular, su capacidad de pantalla. Esto nos percata de la importancia que tiene el pabellón, aparte de su papel en la calidad general de la audición.

Así, utilizando este mismo sistema, nuestro sistema auditivo consigue una mejoría importante en la audición seleccionando fuentes sonoras para cada oído, de tal modo que si estamos escuchando dos sonidos diferentes a la vez, percibimos uno por cada oído, con lo que la calidad es superior que si lo hicieran por los dos a la vez. Lo que se hace es lo siguiente, al no estar las dos fuentes sonoras en el mismo sitio, la que primero se recibe por un oído inhibe la transmisión de ésta por el otro oído. Esto, además, disminuye el "efecto pantalla", aunque sólo en parte, puesto que esto depende también de la membrana basal.

Este mecanismo es el empleado para evitar la reverberación, la percepción del eco, que se produce constantemente sin que lo apreciemos gracias a que se discrimina entre el sonido inicial y sus reflejos.

#### **4. PROTOCOLO SANITARIO ESPECÍFICO**

El protocolo específico de ruido debe contemplar todos los posibles factores causales (ruido laboral actual o anterior, problemas hereditarios y tratamientos o exposiciones ototóxicas, así como la exploración otoscópica y audiométrica, Es un instrumento indispensable para la vigilancia médica tanto individual como colectiva de la población expuesta. (104)

El protocolo médico constará de varios apartados que serán aplicados directamente por el médico al personal trabajador.

*Nombre completo así como fecha de realización del reconocimiento junto con los datos personales del trabajador, nombre de la empresa y puesto de trabajo actual. Se señalará el tipo de evaluación de salud de que se trata: inicial, periódica, tras incorporación al trabajo y/o adicional.*

##### **4.1 HISTORIA CLÍNICA**

Se recomienda interrogar algunas condiciones de salud que pueden encontrarse o no relacionadas con la presencia de hipoacusias, con el fin de aplicar medidas preventivas de control médico y beneficiar la salud del trabajador:

- Antecedentes médicos:
  - Otitis media recurrente, otitis media supurativa crónica, otitis externa crónica.
  - Hipoacusia: tipo, estudio realizados y manejo practicado.
  - Parálisis facial, tumores del sistema nervioso central.
  - Hipertensión arterial, diabetes, hipotiroidismo, insuficiencia renal crónica, enfermedades autoinmunes.
- Antecedentes Quirúrgicos:
  - Cirugía de oído (timpanoplastia, mastoidectomía, estapedectomía)
- Antecedentes farmacológicos:
  - Consumo previo o actual de medicamentos como: cisplatino, aminoglucósidos, Aspirina, furosemida, antineoplásicos y aquellos empleados en el tratamientos de la tuberculosis, Kanamicina, quinina, estreptomina, gamicina, tabaco, alcohol.
- Antecedentes traumáticos:
  - Traumatismos craneoencefálicos (TCE), traumatismos directos en el oído.
- Antecedentes Toxicológico-alérgicos:

- Consumo de cigarrillo.
- Exposición a otras sustancias: solventes orgánicos (tolueno, xileno, disulfuro de carbono), otros químicos industriales (plomo, mercurio, monóxido de carbono) y los plaguicidas órgano fosforados y piretroides.
- Exposición a vibración continúa.
- Exposición a ruido en otras actividades:
  - Práctica de caza o tiro al blanco, juego de tejo o turmequé, asistencia frecuente a discotecas o bares, recreativa (uso de auriculares) o dentro de una actividad previa. (105, 106, 107, 108)

A continuación se enuncian algunas de las diferentes patologías otológicas que hacen parte del listado de entidades que se deben interrogar en un trabajador expuesto a ruido, con el fin de identificar posibles factores que puedan verse relacionados con la presencia o no de hipoacusia.

**Hipoacusias conductivas:** El antecedente de episodios de otitis media puede generar cambios auditivos mínimos de tipo conductivo que no afectan funcionalmente al paciente en edades tempranas. Sin embargo, a largo plazo podrían hacer que el paciente requiera más tempranamente de algún tipo de amplificación auditiva (audífono), al presentar pérdidas de tipo neurosensorial sumadas al previo componente conductivo. En algunos casos, los pacientes con hipoacusias conductivas de más de 30 dB podrían no requerir del uso de protectores auditivos.

La perforación timpánica contraindica el desarrollo de actividades en sitios de inmersión. 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.

Los pacientes con otosclerosis presentan pérdidas auditivas de tipo conductivo, a las cuales se puede asociar un deterioro de los umbrales sensoriales, de predominio en las frecuencias agudas. Estos descensos sensoriales se pueden observar con o sin tratamiento quirúrgico. Ante un paciente no tratado quirúrgicamente la fijación del estribo tendrá un comportamiento protector y el deterioro en las frecuencias agudas probablemente será el resultado de una



otosclerosis coclear. En un paciente con antecedente de estapedectomía y exposición a ruido después de la cirugía, la progresión sensorial de la pérdida auditiva sería difícil de diferenciar entre la evolución de la enfermedad a nivel coclear y los efectos por exposición a ruido.

#### **Otras hipoacusias neurosensoriales:**

- **Enfermedad de Ménière:** Es una entidad que afecta al oído interno generando episodios de disminución auditiva, generalmente asociados a vértigo y tinitus.

Los episodios son usualmente de horas, pero pueden también ser de pocos días de duración. Suele verse afectado un solo oído pero en algunos casos se pueden encontrar síntomas bilateralmente. Son muchas las teorías alrededor de su origen, sin embargo la causa es aún desconocida.

- **Hipoacusia súbita:** La hipoacusia súbita es la pérdida de la capacidad auditiva neurosensorial en horas o días, de grado variable, sin que medie factor causal aparente. Estas pérdidas por lo general son unilaterales. Hasta en un 50% muestran recuperación de los umbrales comprometidos. Esta patología debe ser tomada en cuenta en la valoración y seguimiento del paciente con exposición a ruido, pues puede ser un factor de confusión al momento de determinar el origen de una pérdida detectada en un seguimiento preventivo anual. Igualmente puede ser un factor de distracción al presentarse dentro o fuera de la actividad laboral.

#### **Otros factores que pueden influir en la presencia de Hipoacusia neurosensorial:**

- **Medicamentos:** Algunos medicamentos ototóxicos pueden generar daños en la cóclea por sí mismos.

Cisplatino: Genera pérdidas de las frecuencias agudas, raramente en 2 KHz.

Los efectos del medicamento para controlar la enfermedad la mayoría de veces sopesan la pérdida auditiva que pueden generar.

Aminoglucósidos: Producen grados variables de ototoxicidad. Algunos pacientes pueden ser inusualmente susceptibles por una mutación mitocondrial transmitida por línea materna, esto se ha observado especialmente en asiáticos.

Cuando son combinados de forma simultánea con exposición a ruido la pérdida auditiva puede ocurrir con mayor intensidad que con cada uno de éstos agentes

por separado. Normalmente las personas recibiendo éste tipo de medicamentos se encuentran demasiado enfermas para ir a trabajar. Aún así se recomienda evitar la exposición a ruido por las siguientes dos semanas posteriores a la última dosis del medicamento.

**Aspirina:** Con dosis altas, por encima de 1.9 gms diarios, se ha observado una prolongación en el tiempo de recuperación del CUAT. Por esto se recomienda evitar el uso de más de 4 tabletas diarias de 500mg o 6 de las de 354mg.

**Furosemida:** Es probablemente la que menos concierne, puesto que la presentación relacionada con ototoxicidad es la endovenosa, causando pérdidas transitorias de la audición en personas con función renal normal.

**Ototoxicidad tópica:** Se ha observado que la neomicina tópica colocada en el oído medio crónicamente inflamado no genera lesión, probablemente por el engrosamiento mucoso sobre la ventana redonda, que no permite el paso del medicamento a la cóclea. Adicionalmente, el oído crónicamente enfermo puede ya haber presentado lesión de las células ciliadas para las frecuencias agudas.

El uso de gentamicina en oídos sanos se ha empleado para el manejo de la enfermedad de Ménière, causando daño en el oído interno, tanto a nivel auditivo como vestibular.

- **Otras sustancias químicas:** Algunos solventes orgánicos (tolueno, xileno, disulfuro de carbono) y otros químicos industriales (plomo, mercurio, monóxido de carbono) se ha sospechado que puedan causar pérdida auditiva, solas o en combinación con exposición a ruido. Los niveles que se requieren para generar lesión son demasiado altos y se encuentran muy por encima de los niveles de exposición permitidos a dichas sustancias. La mayoría de los solventes orgánicos y metales pesados primero afectan el cerebro antes que al oído cuando se encuentran en niveles tóxicos. Insecticidas organofosforados y piretroides son sustancias identificadas como neurotóxicas y también son capaces de generar pérdidas auditivas por si solas o en asociación a la exposición a ruido. Los cambios auditivos se observan en las frecuencias altas después de tres o más

años de exposición y se ha observado un efecto de sinergismo cuando la exposición se hace concomitantemente a plaguicida y a ruido. Los trabajadores expuestos a estas sustancias deberán también contar con programas de conservación auditiva independientemente de la no exposición asociada a ruido.

- **Radiaciones ionizantes:** En la radioterapia se pueden generar daños en el oído medio e interno. Estos efectos son inusuales a dosis por debajo de los 5000 rad y pueden ser progresivos.

- **Vibración:** Se ha encontrado que las personas expuestas a vibraciones de todo el cuerpo pueden mostrar mayor CUAT. El efecto es mayor para vibraciones a la frecuencia de resonancia del cuerpo. La mayoría de los efectos han sido descritos en estudios demasiado pequeños para determinar la magnitud del riesgo.

- **Efectos vasculares:** Las personas con enfermedades vasculares podrían tener un pobre flujo coclear, el cual podría favorecer el desarrollo de HNIR. Lo anterior se ha apoyado en la observación de que el ruido genera una disminución del flujo coclear, incluso en personas sanas. La literatura disponible en cuanto a enfermedad vascular no es concluyente.

- **Hipertensión y diabetes:** Ambas son un factor de riesgo importante de enfermedad cardiovascular. Sin embargo no se dispone de evidencia sustancial de asociación entre la hipoacusia y la presencia de hipertensión o diabetes. La hiperlipidemia tampoco presenta asociación.

- **Hipotiroidismo:** Se ha observado que la corrección farmacológica de los niveles de hormonas tiroideas en pacientes hipotiroideos con pérdidas auditivas de tipo neurosensorial logran mejoría posterior a la estabilización de los niveles hormonales.

- **Cigarrillo:** El consumo de cigarrillo se ha relacionado con un descenso en los umbrales auditivos para las frecuencias agudas. La exposición simultánea a ruido y cigarrillo parece actuar de forma aditiva.

**Historia Familiar:** Antecedentes de pérdida auditiva, Indicadores demográficos: Raza (mas susceptible la raza blanca), sexo (mas susceptible sexo masculino) (108)

#### **4.2 HISTORIA LABORAL**

Se señalará la exposición actual y previa al ruido, centrada en el ámbito laboral, pero sin olvidar la de tipo extralaboral. Trabajo en ambiente sonoro, tiempo de duración, tipo de ruido, otros trabajos complementarios con exposición, exposición concomitante a ruido y solventes orgánicos, asfixiantes (CO).

Actividades o fuentes de ruido no ocupacionales: servicio militar, exposición a artillería o ruido de aviones, uso de armas de fuego, pasatiempos ruidosos (discotecas, walkman, motorismo exposición a ruidos por otras causas, exposición a barotraumas (buceo, paracaidismo).

La historia Clínica es el elemento crítico para definir causalidad. (108)

#### **5.3 EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA**

El examen debe incluir una evaluación de la orofaringe, cuello y oídos. La evaluación neurológica de los nervios craneales es importante, particularmente en el déficit auditivo unilateral, la presencia o no de nistagmo debe ser notada (105)

La exploración clínica constará fundamentalmente de tres apartados:

##### **4.3.1. Otoscopia**

Realización de una otoscopia para ver el estado de los conductos auditivos externos y de las membranas timpánicas. Se recomienda una luz halógena y capacidad de magnificación de 2.5X con visores o espejos desechables para eliminar la posibilidad de contaminación cruzada.

Inicialmente se debe determinar si hay algunos problemas de oído tales como dolor, drenaje, enfermedades o excesivo acumulación de cerumen.

Llevar gentilmente el pabellón de la oreja hacia atrás e introducir el visor del otoscopio, solamente a una corta distancia dentro del canal auditivo, usar el visor mas largo que entre confortablemente en el canal auditivo.

Tirar suavemente hacia arriba y hacia atrás en la aurícula para enderezar el canal auditivo para visualizar el tímpano y la porción interna del conducto. Sostener el otoscopio como un lápiz entre el pulgar y el índice y apoyar la mano firmemente en la mejilla de la persona cuando este viendo el oído derecho, y en el mastoides cuando este observando el oído izquierdo (lo opuesto para examinadores zurdos) Tratar de observar el tímpano y comprobar si esta intacto.

**Aspectos Normales en el examen:**

Cono de luz. Es clásicamente visto viniendo del final del mango del martillo por la reflexión de la luz en el.

El Mango del Martillo. Debe ser visible, de color blanquecino, puede verse formaciones sombrías detrás del tímpano.

**Aspectos anormales en el examen:**

Fluidos en el oído medio, pueden ser vistas burbujas en el fluido, una mancha opaca puede indicar un fluido espeso.

Un tímpano perforado

Cicatrices y placas

Un tímpano azul o púrpura, que significaría sangre atrapada en el oído medio.

Cuerpos extraños en el conducto auditivo

Cerumen compactado.

Debe ser realizada antes de proporcionar protección auditiva y antes de realizar una evaluación audiométrica para identificar algunas condiciones que puedan alterar el resultado del examen o contraindicar el uso de protección personal.

La otoscopia debe realizarse al menos una vez al año, previa a la audiometría, o más frecuentemente si se reportan problemas del oído.

Este examen solo sirve para propósitos diagnósticos si es realizado por un medico calificado (108)

### **Pruebas Instrumentales:**

Todas las evaluaciones siguientes requieren equipos con grados variables de requerimientos técnicos.

**4.3.2. Acumetría:** Entendemos son todos aquellos métodos exploratorios de la audición que se llevan a cabo por medios no radioeléctricos. Son una primera aproximación a la valoración de la audición en el sujeto explorado. Las pruebas con diapason son sencillas y de fácil interpretación; dan información cualitativa, a diferencia de audiometría que la da cuantitativa (107,108).

La técnica que está prácticamente en desuso, siendo sus principales utilidades la de investigar de una manera sencilla y rápida si la hipoacusia es de oído medio (de transmisión) o de oído interno (neurosensorial); servir de control de posibles errores que pudieran aparecer en la audiometría tonal. Para esta evaluación se utilizan los diapasones, que producen tonos puros. Generalmente, los que se usan son los de frecuencia baja. Realizadas con diapason desde el numero 512 en adelante. (108)

Las pruebas acumétricas más usuales son la de Rinne, Weber y Schwabach.

Prueba de Rinne: Permite comparar la sensación auditiva percibida por vía ósea con la percibida por vía aérea en cada oído.

Sistemática de realización:

- Se hace vibrar el diapason.
- Apoyado por su mango, se coloca sobre El mastoides (exploración de vía ósea) del oído explorado y se le indica a la persona que señale cuando deje de percibir la sensación auditiva.
- Una vez dejado de percibir se coloca el diapason a la persona por delante del conducto auditivo externo a unos 3cms del pabellón auricular, colocando las alas del diapason paralelas al plan frontal de cráneo (exploración vía aérea) y se pregunta si percibe la sensación auditiva mayor, menor o igual intensidad. Así consideramos:
  - Rinne (+) cuando continúe percibiendo el sonido por vía aérea después de dejar de percibirlo por vía ósea ( $VA > VO$ );
  - Rinne (-) cuando el tiempo de audición por vía aérea es menor que por vía ósea ( $VO > VA$ ).

NORMAL tendremos un Rinne (+).

Hipoacusia de PERCEPCIÓN Rinne (+) patológico, estando disminuida la audición tanto por vía aérea como por ósea, conservando una cierta mejor audición aérea.

Hipoacusia de TRANSMISIÓN Rinne (-), el sujeto tiene una lesión en la vía de transmisión, manteniendo o incluso potenciando la vía ósea.

Prueba de Weber: Explora la vía ósea, comparando la audición ósea de ambos oídos de forma simultánea.

Sistemática de actuación:

— Se hace vibrar el diapasón.

— Se coloca el mango del diapasón en cualquier punto de la línea media del cráneo, vertex o la arcada dental superior.

— Se interroga a la persona por qué oído percibe el sonido con mayor intensidad.

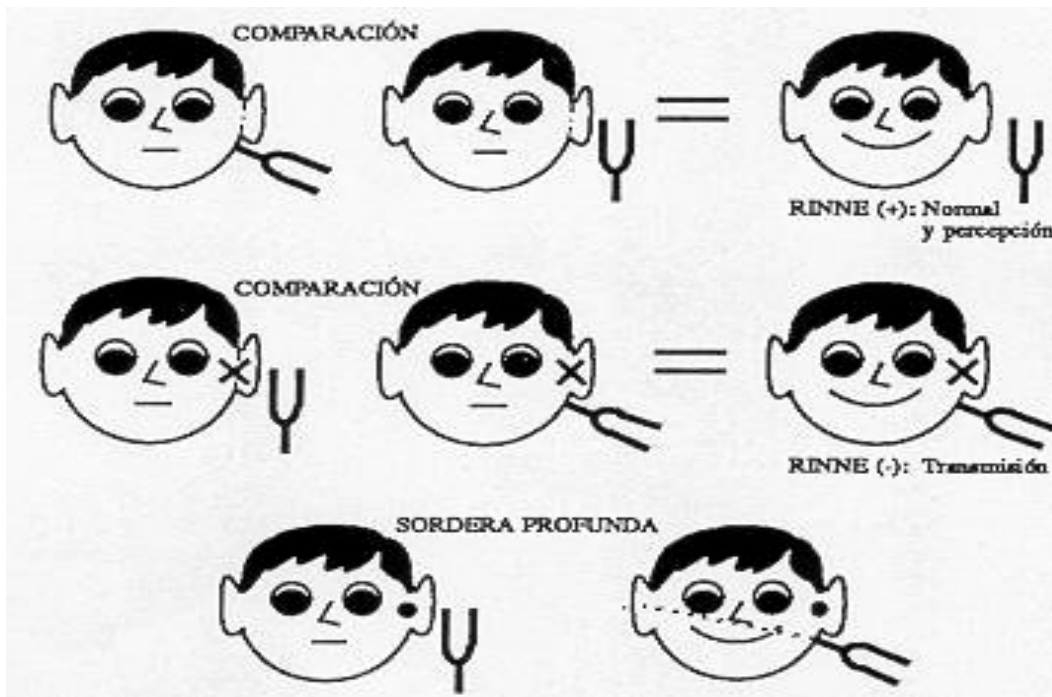
NORMAL percepción por ambos oídos (en una hipoacusia simétrica también percibirá el sonido con igual intensidad en ambos oídos).

Hipoacusia de TRANSMISIÓN el sonido se lateraliza hacia el lado afectado.

Hipoacusia de PERCEPCIÓN el sonido se lateraliza hacia el lado sin afección.

**Prueba de Schwabach:** descrita para valorar conducción ósea, Consiste en comparar la capacidad de audición del paciente y la del examinador. Coloque el diapasón alternativamente sobre la mastoides del paciente y la suya propia hasta que uno de los dos deje de percibir el sonido. En condiciones normales, el paciente y examinador deben escuchar el sonido durante un período de tiempo regular. (29,106, 107)

**Gráfico 1.** Esquema de las pruebas de Rinne



Con una prueba de Rinne un examinador experimentado puede determinar pérdida de la conducción aérea cuando estas exceden a los 25 dB. La prueba de Weber ayudara a identificar problemas unilaterales y a confirmar la perdida conductiva si el tono es escuchado mejor en el oído afectado. (105)

**4.3.3 Audiometría** La audiometría de tonos puros es la prueba que permite conocer con exactitud el estado auditivo del individuo. Las alteraciones del umbral auditivo detectadas en la misma orientarán hacia una patología producida por el ruido, y deberán servir para tomar las medidas oportunas.

La audiometría de tonos puros presenta una validez apropiada basados en los datos de sensibilidad (82-100%), especificidad (95-99%), valor predictivo positivo (75- 90%) y valor predictivo negativo (98-100%), luego de evaluar los niveles auditivos de 119 personas en la bandas 0.25-8 KHz. Las evaluaciones se llevaron a cabo en dos condiciones, la primera en el ambiente de la práctica común y la otra en el contexto de la práctica estandarizada de acuerdo con los estándares ISO. Los resultados del primer escenario reportaron peores umbrales que el segundo. (109)



## Tipos de Audiometrías

Además de la audiometría de tonos puros, hay otros tipos:

**Audiometría de bekesy:** Es una técnica autoadministrada de audiometría tonal, de baja confiabilidad, que permite manejar rápidamente grandes poblaciones.

**Audiometría de conversación o logo audiometría** se evalúa la palabra hablada.

**Audiometría por Impedancia:** Evalúa capacidad del oído medio de transformación mecánica de la señal acústica.

**Audiometría de respuestas evocadas o de tallo cerebral:** Se indica en estudio de sordera neurosensorial asimétrica, unilateral o afectación de frecuencias bajas (250 Hz), donde se deben descartar lesiones retrococleares, la confirmación se hace con TAC o resonancia magnética y que se practica también en nuestro medio.

**Prueba de Stenger:** Esta indicada para detectar sordera unilateral simulada, cuando dos tonos de la misma frecuencia pero diferente intensidad llegan simultáneamente a ambos oídos, solo se oye el más alto. En sordera simulada no hay respuesta porque el examinado solo percibe la señal en el oído que simula sordera.

Los objetivos de la audiometría son:

- Evaluar la audición de las personas que van a estar expuestas en su puesto de trabajo en el momento de su entrada en la empresa o antes de ser trasladadas a un área ruidosa (audiometría de ingreso o de base). Esta servirá de base de comparación para futuras audiometrías. Esta audiometría debe hacerse idealmente antes que el empleado sea expuesto al ambiente ruidoso, si esto no es posible, se debe hacer con un período de reposo de 14 a 16 horas y cuando esto no fuera posible, el trabajador debe utilizar protectores auditivos durante ese periodo.
  
- Detectar precozmente deterioros del umbral auditivo en individuos que están sometidos a riesgo (audiometría periódica). Anualmente a

trabajadores cuya exposición a ruido sea igual o mayor a 85 dBA en 8 horas, o más frecuente si los niveles de exposición son mayores, este puede ser practicado en cualquier momento, de preferencia al final de la jornada de trabajo cuando se detecte un desplazamiento temporal. En este caso el reposo auditivo debe ser de por lo menos media hora antes del examen. (114)

- Evaluar el estado de audición al egreso de la empresa o abandonar definitivamente el puesto ruidoso (audiometría final).
- Detectar otras anormalidades diferentes a las producidas por el ruido y que requieren diagnóstico.
- Educar y motivar a los trabajadores con respecto a sus cambios audiométricos, promoviendo el uso adecuado de medidas preventivas.
- Evaluar, a través del análisis global de sus resultados, las medidas que se están tomando.

Antes de realizar la audiometría se debe informar al trabajador del motivo de la prueba, de su proceso técnico y de los resultados que se quiere obtener con la prueba.

El lugar donde se realiza la prueba también tiene que tomarse en cuenta, se requiere un local silencioso y tranquilo donde se tendrá que permanecer un rato después de haber dejado el ambiente de ruido.(64)

Los factores que se deben tener en cuenta antes de realizar la audiometría son:

- 1) Factores dependientes del sujeto.
- 2) Nivel de ruido en el lugar donde se realiza la audiometría
- 3) Fatiga auditiva.

1) Factores dependientes del sujeto, tales como el estado fisiológico, la motivación, etc., pueden influir negativamente en los umbrales auditivos. Para evitarlo, el audiometrista debe motivar al sujeto explicándole el porqué de la

prueba y en qué consiste. Se debe insistir en que responda al sonido más débil que perciba en vez de esperar a que el sonido sea lo bastante fuerte como para oírlo fácilmente.

2) El nivel de ruido en el lugar de audiometría puede enmascarar los tonos dando como resultado umbrales distintos a los reales, especialmente a bajas frecuencias. La legislación Hondureña no contempla este aspecto por lo que se utilizan las referencias recomendadas por OSHA Y ANSI sobre las condiciones ambientales en cuanto a nivel máximo de presión sonora que no se deben sobrepasar cuando el umbral de audición más bajo a medir es de 0 dB (Tabla VI).

En una empresa de tamaño medio es muy difícil encontrar locales que no sobrepasen estos valores si no se utilizan cabinas audiométricas, pero éstas resultan costosas para las empresas. La solución podría ser el uso de los equipos móviles de que disponen las entidades que actúan como servicios de prevención ajenos a la propia empresa.

**Tabla VI.** Resumen de los niveles máximos de presión sonora en dB para locales destinados a Audiometría, según ISO 6189/1983. Los valores ISO asumen que la frecuencia más baja a testar es de 500 Hz

Frecuencias en bandas de octava	ISO Tabla 2	ISO Tabla 3
500	18	26
1.000	20	28
2.000	27	37
4.000	38	44
8.000	36	41

3) Fatiga auditiva. El posible desplazamiento transitorio del umbral derivado de una exposición al ruido previa a la realización de la prueba es otro factor de variabilidad.

Una vez realizada una audiometría de forma correcta, hay dos aspectos decisivos que hay que tener en cuenta antes de tomar una decisión sobre un audiograma:

## **A) Caída significativa del umbral**

Cada audiograma será comparado con el audiograma de base para determinar si se ha producido una caída significativa de umbral. Se considerará como caída significativa del umbral (CSU) la pérdida de 10dB o más en la media de tres frecuencias, que pueden ser:

A.1. Según la OSHA (21), 2,000, 3,000 y 4,000Hz en cualquier oído.

A.2. Según la American Academy of Otolaryngology lo define como un cambio de 10dB o más en la media de 500, 1,000 y 2,000Hz o en la media de 3,000, 4,000 y 6,000Hz, indistintamente.

El éxito de la vigilancia audiométrica en la prevención de la sordera profesional depende de su capacidad para provocar acciones específicas. Para ello, no basta con que las audiometrías midan de forma exacta la audición de los trabajadores, sino que es necesario definir de forma clara qué cambios en el umbral auditivo van a determinar qué acciones concretas (derivación ORL, cambios de puesto, declaración de enfermedad profesional, etc.). Además de facilitar las decisiones sobre un gran número de audiogramas, es la única manera de garantizar una continuidad a la monitorización audiométrica.

## **B) Presbiacusia**

Desde el primer estudio realizado en población general se conoce que los umbrales audiométricos se deterioran con el paso de los años. La etiopatogenia de la presbiacusia es múltiple. La base genética, el envejecimiento fisiológico, la alimentación, las enfermedades cardiovasculares y, por supuesto, los ruidos (en particular de origen laboral y también los presentes en la vida diaria) y los tóxicos (presentes también en su puesto de trabajo) pueden influir negativamente sobre los umbrales de audición (111, 112). Parece obvio, a la hora de valorar en un audiograma la afectación causada por el ruido, el tener en cuenta el efecto de la edad.

La situación se complica ya que, lógicamente, edad y exposición al ruido se superponen. Sin embargo, el NIOSH en sus criterios revisados en el año 1998 recomienda no aplicar esa corrección por edad al hacer cálculos de CSU en

audiogramas individuales, pues aunque en diferentes estudios aparece ese descenso de capacidad auditiva en relación con la edad, en otros no. Además, es imposible conocer quiénes serán los que padecerán de presbiacusia y quiénes no. Igualmente, si se aplicaran correcciones por edad, habría que determinar que porcentaje en la pérdida sería el correcto, utilizando la mediana quizás con su 50%, o el percentil 10 o el percentil 90, Técnicamente, esas curvas lo que definen son distribuciones estadísticas en poblaciones tanto por edad como por sexo, y no es correcto el aplicar después en casos particulares ningún percentil de los citados anteriormente ni otros, pues la mediana de esa pérdida atribuible a la edad para un grupo de edad dado no se puede aplicar de modo individual para cada uno de los sujetos de ese grupo.

Para finalizar con la discusión, el propósito de este protocolo es el de prevenir la pérdida auditiva y, al utilizar un factor de corrección por edad, el tiempo requerido para llegar a tener CSU puede ser incrementado, con lo que puede suponerse un retraso en la identificación de una persona afectada.

#### **4.3.3.1 ASPECTOS PRÁCTICOS SOBRE LA EXPLORACIÓN AUDIOMÉTRICA**

Se utilizará la audiometría de tonos puros de vía aérea, aunque puede completarse con la vía ósea u otros medios diagnósticos.

La prueba audiométrica deberá ser realizado con un equipo que cumpla como mínimo las especificaciones de los Audiómetros tipo 1 tal como se especifica en la Norma UNE-EN 60645-1 «Audiómetros. Parte 1: Audiómetros de tonos puros», que se corresponde a la CEI 654-79 actualizada.

##### **4.3.3.1.1 Calibración**

La validación de las pruebas audiométricas depende de muchos factores, pero el esencial es que la frecuencia y el nivel de los tonos producidos por el audiómetro son los que en efecto deben ser, por lo que el equipo debe estar correctamente calibrado.

Existen tres tipos de calibración:

**Calibración funcional.** En la que el audiómetro debe ser revisado y probado cada día antes de ser usado, con una persona conocida y con rangos de audición estables, aunque no tenga audición normal, pero que su rango no fluctué, si hay una desviación igual o mayor de 10 dB requerirá una calibración acústica o

exhaustiva. Esta también puede realizarse con aparatos llamados bio-simuladores acústicos.

**Calibración Acústica.** Esta se requiere al menos una vez al año o cuando la calibración funcional presente una desviación de 10 o más dB. Esta revisa la presión de salida de sonido la cual es de 70dB y es revisada en cada frecuencia, y revisa la linealidad de atenuación que es a 1000Hz y se asegura que cada incremento o disminución de 10 dB sea realmente de 10dB.

Se deberán realizar controles periódicos (cada 50 audiometrías o cada vez que se cambie de emplazamiento) que consistirán en un control de escucha por un grupo de sujetos de audición normal o un operador experimentado. No deberán detectar otro ruido que la señal en por lo menos tres posiciones diferentes para el atenuador en cada frecuencia.

Cada semana se realizarán calibraciones biológicas probando a una o varias personas cuyos umbrales de audición son bien conocidos por haberse determinado anteriormente por el mismo audiometrista y el mismo equipo. Se elegirán preferiblemente sujetos con umbrales entre 10 y 25dB en todas las frecuencias.

**Calibración Exhaustiva.** Esta debe realizarse cada dos años, debe ser realizada solo por laboratorios especializados o por el fabricante.

#### **4.3.3.1.1 Técnica audiométrica**

Es fundamental seguir una técnica correcta para garantizar la validez de la prueba audiométrica como prueba de tamizaje, sobre todo en la audiometría manual, en la cual el operador puede además introducir una variabilidad por sí mismo.

Los audiómetros automáticos tienen ventaja en lo que respecta a la homogeneidad de la prueba ya que no están sujetos a la variabilidad del operador. Sin embargo, el efecto «aprendizaje» descrito por algunos autores (113) parece estar relacionado con esta técnica audiométrica. Este efecto consiste en que sujetos expuestos a niveles nocivos de ruido mejoran sus umbrales auditivos con el paso de los años. De todos modos, haciendo énfasis en las explicaciones previas a la prueba y siguiendo métodos estandarizados, este efecto puede ser minimizado. La técnica manual requiere un mayor grado de

homogeneidad en cuanto al método ya que interviene la variabilidad introducida por el operador.

Es fácil que un individuo presente un deterioro ficticio en sus audiogramas y que éste sea debido a los distintos audiometristas. La norma EN 26 189 presenta varios métodos posibles. Cualquiera de ellos u otros de los descritos en los manuales de audiometría pueden ser válidos, pero es importante proponer uno en particular. Sería interesante la creación de cursos cortos de formación en audiometría industrial exigibles a aquellos que realicen las audiometrías en las empresas.

#### Preparación del sujeto

- Se realizará una otoscopia previa a la realización de la audiometría.

En caso de presencia de cerumen se debe extraer y posponer su realización, solo cuando el tapón sea seco, duro y compactado en la membrana timpánica. Tampoco se debe realizar la prueba en presencia de otitis, eczema del oído externo o infección de vías respiratorias altas.

- Se deberán retirar todo tipo de estorbos como gafas, pendientes, etc., así como el pelo, para permitir una adecuada adaptación de los auriculares. Es recomendable permanecer en reposo previamente al control en un lugar libre de ruidos durante 15-30 minutos.

- La actitud del sujeto examinado constituye también un factor de error.

Hay que explicar bien el objeto de la prueba y recalcar que se debe poner la máxima atención posible e insistir en que no se debe esperar a oír claramente los tonos, sino responder al tono más débil que perciba.

- La persona se sentará enfrente del operador, de forma que no pueda ver a éste manipular el equipo. Se le indicará que evite moverse para suprimir ruidos parásitos. Igualmente se deberá evitar todo lo que pueda distraer la atención de los sujetos a los que se realiza la prueba.

## **Audiometría manual**

- Se debe utilizar la señal en su forma discontinua (pulsed) con duraciones de alrededor de 1 segundo.
- Se comienza por cualquier oído o por el mejor oído, en caso de que el sujeto refiera que hay un oído mejor.
- Se debe mostrar al sujeto cómo son los sonidos, presentando una vez cada frecuencia a una intensidad suficiente pero no demasiado alta, generalmente entre 30-40 dB. Intensidades más altas podrían condicionar que el individuo respondiese sólo a estímulos fuertes.
- Preferiblemente se usará el método de encuadramiento: se eleva la intensidad de 10 en 10 dB hasta que el sujeto perciba el sonido y se disminuye lentamente, de 5 en 5 dB, hasta que deje de oírlo. Entonces se aumenta y disminuye la intensidad de 5 en 5 dB en torno a la primera respuesta dada por el sujeto. Así se va encuadrando el umbral. Si el umbral ascendente y descendente difieren se toma la media.
- Es importante que al variar la frecuencia no se deje el pulsador accionado. Si el audiómetro dispone de sonido de banda ancha se busca el umbral, y se presentan los tonos a una intensidad superior a 10 dB.
- Se debe buscar el umbral para las frecuencias 1,000, 2,000, 3,000, 4,000, 6,000 y 8,000 Hz, por este orden. Luego se vuelve a la frecuencia de 1,000Hz y si el umbral no difiere en más de 5 dB se pasa a la frecuencia 500Hz. Si la diferencia es mayor o igual a 10 dB, se comprobarán de nuevo los umbrales de todas las frecuencias.

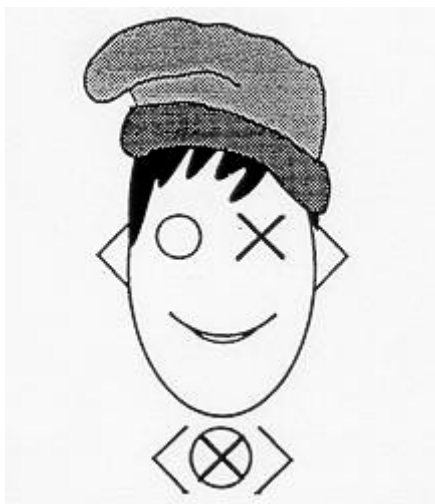
## **Toma de datos**

Siempre que en la gráfica audiométrica no exista ningún umbral superior a 25 dB se considera que la audiometría está dentro de los límites de normalidad (de no ser así se debería explorar la vía ósea).

Los datos pueden ser presentados en forma de tablas o en forma gráfica (audiograma). En este caso, se recomienda que una octava sobre el eje de las abscisas se corresponda con 20 dB en el eje de las ordenadas. Los símbolos utilizados serán los clásicos: «**O**» (en rojo) para el oído derecho y «**X**» (en azul) para el oído izquierdo en vía aérea. En caso de realizar vía ósea, el signo «**<**» (en



rojo) para el oído derecho y el «>» (en azul) para el izquierdo. Como regla mnemotécnica se muestra el monigote de Fowler.



**Gráfico 6.** Monigote de Fowler

El registro audiométrico debe realizarse:

- Como parte de la evaluación preocupacional, idealmente antes de ingresar al cargo, pero es aceptada dentro de los primeros 30 días posteriores al ingreso laboral;
- Al cambiar de actividad laboral dentro de la misma empresa, que implique un incremento de la dosis de ruido,
- Durante el seguimiento, como parte de la vigilancia médica y
- Al momento del retiro del trabajador

La periodicidad recomendada para la evaluación auditiva de seguimiento es la siguiente:

- En aquellos expuestos a 100 dBA TWA o más, semestralmente.
- Para los trabajadores expuestos a ambientes con niveles de ruido de 82-99 dBA TWA, anualmente.
- En trabajadores expuestos entre 80 - <82 dBA cada 5 años.

En el Anexo II se indican los datos que se deben registrar junto con los resultados audiométricos. Estos datos deben conservarse durante al menos 30 años y estar a disposición de las autoridades competentes en la materia. Al finalizar el período de conservación obligada de los registros, o en caso de cese de actividad, la

empresa lo notificará a la autoridad competente con una antelación de tres meses, dándole traslado durante ese período de toda la documentación.

La legislación hondureña en su reglamento general de medidas preventivas, específicamente en la sección III, sobre ruido y vibraciones en el artículo 357, especifica el control audiométrico cada 5 años si los niveles de ruido oscilan entre 80 y 85 dBA y cada año si los niveles son mayores a 85dBA.

#### **4.3.3.1.2 Evaluación de los resultados de la audiometría**

- Cada audiograma será comparado con el audiograma de base para determinar si se ha producido una caída significativa en el umbral. En este caso, se volverá a repetir la prueba dentro de los 30 días próximos.
- Se valorará la presencia de una caída significativa del umbral (CSU).
- Se tomará como audiograma de base a los efectos de comparaciones, el que muestre mejores umbrales entre los realizados previamente al trabajador. Es decir, que si un audiograma periódico muestra mejores umbrales, éste pasa a ser el considerado de base.
- Se considera que hay indicios de otras patologías diferentes a las producidas por el ruido cuando se den los criterios expuestos (CDORL: criterios de derivación a servicio de otorrinolaringología) en el Anexo I.

#### **4.3.3.1.3 Tipos de Audiometrías**

##### **Audiometría preocupacional o de ingreso**

La audiometría tonal preocupacional se realiza en cabina sonoamortiguada y se toma para las frecuencias de 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz, con registro de vía aérea. Se indica reposo auditivo de mínimo 12 horas y éste no será sustituido por el uso de protectores auditivos. Se adiciona el registro de la vía ósea si las frecuencias de 500-3000 Hz muestran caídas de 15 dB o más.

La hoja de reporte audiométrico debe contener datos que permitan identificar claramente las condiciones en las cuales fue realizado el examen para poder analizar y correlacionar sus resultados:

- Nombre del examinado, fecha, edad y firma, la cual es constancia de su consentimiento para la realización de la prueba.

- Los exámenes deben ir firmados por el examinador y su nombre debe ser legible.
- El tipo de equipo empleado.
- Fecha y número del reporte de calibración del equipo empleado.
- Las condiciones físicas en las cuales fue tomada la prueba (características de la cabina sonoamortiguada).
- El tiempo de reposo auditivo.
- Observaciones a la otoscopia.
- Si hay alguna razón para dudar de la validez de la prueba, esta observación debe ser respaldada por observaciones de hecho, no por apreciaciones.
- El nivel auditivo de ambos oídos: Si hay audición normal o si hay pérdida, el tipo de pérdida, definiendo si es conductiva o neurosensorial.
- La severidad de la pérdida debe ser reportada de forma descriptiva, abarcando los hallazgos de todas las frecuencias evaluadas.

Se recomienda el uso de la descripción frecuencial de la curva audiométrica, con el fin de no excluir ningún cambio en los umbrales, que puede ocurrir con el uso de clasificaciones que tienden a promediar los hallazgos de algunas frecuencias al resto del audiograma. Estos registros deben conservarse y permanecer disponibles para las audiometrías de seguimiento.

En el estudio de Karlovich se describe que el 35% de los nuevos empleados ingresados ya tenían una pérdida auditiva, muy similar a la estadística en nuestro país y en el seguimiento no se identificó ningún deterioro relacionado con hipoacusia inducida por ruido en ese trabajo. Se infiere que la toma de audiometría de pre ocupacional permite la detección de hipoacusias previas que en el seguimiento pueden poner en duda el trabajo que esté realizando a nivel de prevención.

La presencia de un cambio permanente del umbral auditivo (CUAP) previo al ingreso del trabajo debe ser valorado de manera individual, pues es posible que la mayoría de cambios auditivos detectados no contraindiquen la actividad a realizar por parte del trabajador.(115,116)

### **Audiometría de seguimiento**

Se recomienda la realización de audiometría de seguimiento, con registro de la vía aérea para las frecuencias de 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz. La audiometría se debe realizar idealmente al terminar la jornada laboral o muy avanzada la misma. No se exige el reposo auditivo previo al registro audiométrico con el fin de detectar descensos temporales en los umbrales auditivos. Para su adecuada interpretación es indispensable disponer de las evaluaciones audiométricas previas, en especial la preocupacional, pues se requiere determinar la presencia de cambios en los umbrales.

Además de los mismos datos registrados para la audiometría preocupacional, se debe anotar si los resultados son válidos e internamente consistentes (cuando se correlacionan dos o más pruebas).

Cuando se encuentran cambios en uno o más de los umbrales en 15 o más dB se indica repetir de inmediato el registro audiométrico, el cual de persistir con los mismos cambios, indica la realización de una audiometría de confirmación de descenso de los umbrales.

La legislación en Honduras establece la periodicidad *mínima* referida en el Reglamento de Medidas Preventivas en su artículo 357, estableciendo control de la función auditiva cada 5 años en exposiciones de 80 a 85 dBA, durante 8 horas o una exposición equivalente para cualquier otro nivel de presión sonora, y cada año si la exposición es a niveles superiores a 85 dBA. Muy diferente a la aplicada en otros países como sigue: si la persona está expuesta:

a) a un nivel diario equivalente (LAeq.d o NDE) mayor de 80 y menor de 85 dBA y el nivel de pico (LMAX) no supere los 140 dB, se le practicará el control médico como mínimo quinquenalmente;

b) a un nivel diario equivalente (LAeq.d o NDE) mayor de 85 y menor de 90 dBA y el nivel de pico (LMAX) no supere los 140 dB, se le practicará el control médico como mínimo cada tres años;

- c) a un nivel diario equivalente (LAeq.d o NDE) mayor de 90 dBA o el nivel de pico (LMAX) supere los 140 dB, se le practicará el control médico como mínimo anualmente.

### ***Audiometría de confirmación de descenso de umbrales***

Se recomienda la realización de audiometría de confirmación de descenso de umbrales auditivos bajo las mismas características definidas para la audiometría preocupacional. Para su adecuada interpretación es indispensable disponer de las evaluaciones audiométricas previas, en especial la preocupacional y la de seguimiento que indicó la necesidad de realizar el estudio de confirmación, pues se requiere determinar la presencia de cambios en los umbrales.

Además de los mismos datos registrados para la audiometría preocupacional, se debe anotar si los resultados son válidos e internamente consistentes (cuando se correlacionan dos o más pruebas).

### ***Audiometrías post ocupacionales.***

Se recomienda la realización de audiometría tonal aérea al finalizar la vinculación laboral (audiometría tonal post-ocupacional) y se toma para las frecuencias de 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz. Se indica reposo auditivo de mínimo 12 horas y éste no será sustituido por el uso de protectores auditivos. Se adiciona el registro de la vía ósea si las frecuencias de 500-3000 Hz muestran caídas de 15 dB o más.

La evaluación auditiva post ocupacional busca determinar la presencia o no de alteraciones en el estado de salud auditiva del trabajador y compararlas con respecto al momento del ingreso a su trabajo. Por ello las recomendaciones en cuanto a las características de la toma de la prueba son las mismas que para el ingreso, pues se requiere que ambas pruebas sean equiparables.

### ***Para el uso del término audiometría de base***

Se considera audiometría de base al mejor registro audiométrico obtenido del trabajador, puede ser la preocupacional o una de las de seguimiento, siempre y cuando se hayan tomado bajo los más estrictos parámetros de calidad. La

audiometría preocupacional dejará de ser la, de base si en el seguimiento se llegare a confirmar un descenso permanente de umbrales en una audiometría de confirmación, en cuyo caso esta última se considerará como la audiometría de base. Será importante siempre dejar en claro el antecedente de la presencia de este cambio en la audiometría de base para los futuros seguimientos y para la toma de medidas de intervención para evitar deterioros mayores. La comparación de los resultados de las audiometrías de seguimiento y postocupacional se hace contra la audiometría de base.

### ***Cadena de custodia de las audiometrías***

Al responsable del programa de conservación auditiva en la empresa le corresponde determinar la cadena de custodia de las audiometrías de cada uno de los trabajadores, teniendo en cuenta los requerimientos legales con respecto al manejo confidencial de la información y el tiempo de retención de los registros.

#### **4.3.4. Criterios de valoración**

Los criterios diagnósticos de pérdida auditiva por exceso de ruido según Sataloff y Sataloff, 1993 son:

1. Historia de exposición a ruido intenso por meses y años, con o sin exposición asociada a químicos
2. Impacto insidioso de pérdida auditiva, frecuentemente manifestada con tinnitus
3. Examen físico indicativo de déficit neurosensorial sin ninguna anormalidad de oídos, cabeza, y cuello
4. Examen audiométrico con déficit bilateral, predominante en los 3,000 y 4,000Hz, frecuentemente con la típica hondonada o recuperada a los 8000Hz.(105).

Se han descrito numerosos ejemplos de métodos para facilitar la clasificación de los audiogramas y las decisiones posteriores. Básicamente, pueden ser mencionados en dos grupos:

En el primero de ellos, estos métodos se basan en la clasificación del audiograma en distintos estadios de sordera profesional, utilizando una o varias frecuencias o

medias de varias de ellas (117). Esto tiene varios inconvenientes, siendo el más importante que es un análisis de tipo transversal que no permite deducir la rapidez con que un individuo evoluciona hacia la sordera. Diferentes ejemplos de este tipo de análisis son:

- El índice ELI (Early Loss Index= Índice de pérdida precoz) se calcula restando a la pérdida en la frecuencia 4,000Hz el valor de corrección por presbiacusia que le corresponde (Anexo V). Se evalúa la frecuencia de 4,000Hz (ponderando la pérdida por edad y según el sexo), y clasifica los traumas acústicos en una escala creciente A-B-C-D-E, de mayor a menor capacidad auditiva.
- El índice SAL (Speech Average Loss=Pérdida promedio conversacional), (Anexo V), que evalúa las frecuencias conversacionales (500, 1,000 y 2,000Hz) y se define como la media aritmética de la pérdida auditiva en decibelios de dichas frecuencias, y establece una clasificación en grado A-B-C-D-E-F-G que va desde SAL-A (ambos oídos están dentro de los límites normales) hasta grado SAL-G (sordera total).
- Otra clasificación diagnóstica de las audiometrías es la propuesta por Klockhoff y otros, posteriormente modificada por la Clínica del Trabajo de Milán ( Anexo III), contemplando ésta siete tipos de diagnósticos diferentes: normal, trauma acústico leve, trauma acústico avanzado, hipoacusia leve, hipoacusia moderada, hipoacusia avanzada, y otras patologías no debidas al ruido.

En el segundo grupo se encuentran los métodos basados en los cambios en el umbral entre sucesivas audiometrías. Los ejemplos más conocidos son los propuestos por la OSHA (118) y el de la American Academy of Otolaryngology, que ya han sido explicados en apartados anteriores (ver apartado .A Caída del Umbral Auditivo).

Entre estos dos grupos de pruebas es más conveniente el segundo pues implica, además de un seguimiento a lo largo del tiempo, la comparación con el estado previo y su evolución.

Otros métodos

No hay que olvidar que existen otros métodos diagnósticos como las **pruebas vocales y las pruebas de discriminación**, precisas pero más costosas, que requieren personal especializado para su aplicación, por lo que quedan restringidos generalmente al ámbito clínico especializado.

Las emisiones otoacústicas se presentan como un método sencillo de investigación del sistema sensorial auditivo con capacidad de análisis frecuencial y que tiene capacidad de detectar el trauma acústico con gran sensibilidad; En general se indican para evaluar menores de edad, en el futuro podría ser otro método de exploración específica en los trabajadores expuestos a ruido.

En el Anexo VII, se presenta un modelo de cuestionario que relacione los aspectos señalados en este apartado; Puede resultar útil para facilitar la realización práctica del protocolo, así como la estandarización del mismo.

## **5. CONDUCTA A SEGUIR**

Las acciones consecutivas a la detección de una caída significativa en el umbral (cambio de puesto, cambios administrativos, notificación de enfermedad profesional, etc.) deben estar establecidas de una forma clara y realista, ya que son el fin último de la monitorización médica. De lo contrario, el programa audiométrico simplemente servirá para «ver cómo los trabajadores expuestos al ruido evolucionan hacia la sordera» (119).

No debe olvidarse que la disminución del ruido en su origen (prevención primaria) es la medida más correcta en la lucha contra la Hipoacusia Profesional; esto puede llevarse a cabo integrando este concepto en el mismo diseño de la maquinaria a usar y teniéndolo en cuenta en el momento de su compra, intentando aminorar el producido por las máquinas con su adecuado mantenimiento, evitando su propagación por el lugar de trabajo, incluso procurando a las personas cabinas insonorizadas en las que puedan desempeñar su cometido durante la mayor parte de su jornada sin estar expuestas.

Dentro de los 30 días siguientes a la realización de la audiometría de seguimiento que mostró cambios en los umbrales, se recomienda la toma de una audiometría



tonal de confirmación de cambio en el umbral auditivo. Se realiza en cabina sonoamortiguada y se toma para las frecuencias de 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz, con registro de vía aérea. Se indica reposo auditivo de mínimo de horas y éste no será sustituido por el uso de protectores auditivos. Se adiciona el registro de la vía ósea si las frecuencias de 500-3000 Hz muestran caídas de 15 dB o más.

Si la audiometría tonal de confirmación de cambio de umbral muestra recuperación de los umbrales, se considerará que se presentó un cambio temporal de los umbrales auditivos (CUAT). En presencia de un cambio temporal de los umbrales auditivos (CUAT), lo indicado es reforzar el cumplimiento del Programa de conservación auditiva.

Si se confirma que la variación de los umbrales audiométricos se mantiene con respecto a la audiometría tonal preocupacional en 15 dB o más, en alguna de las frecuencias evaluadas, se considera que puede haber un cambio permanente de los umbrales auditivos (CUAP), ante lo cual se recomienda:

- A la empresa, reevaluar el nivel de exposición y las medidas de control implementadas, así como el tipo de protección auditiva empleada. También, examinar la audición de los otros trabajadores que estén en condiciones similares de exposición, e implantar cambios según los hallazgos encontrados.
- Realizar remisión para valoración clínica por parte de Medicina Laboral o de Otorrinolaringología (preferiblemente con experiencia en Salud Ocupacional) para valoración de paciente y las frecuencias comprometidas para determinar si el cambio de los umbrales es compatible o no la exposición a ruido.
- Si no se tiene duda con respecto a los umbrales, el seguimiento auditivo se realizará en adelante teniendo en cuenta los umbrales de la audiometría de confirmación de cambio de los umbrales (que será a partir de ese momento la audiometría base). Se debe dejar claramente registrado que ya ha

habido un cambio con respecto a la audiometría de base previa. Este cambio debe servir, adicionalmente, para estudiar en mayor detalle la situación de trabajo que pudo haber generado el deterioro y, consecuentemente, para tomar las medidas de intervención que sean del caso.

- Realizar la siguiente audiometría de seguimiento a los 6 meses con el fin de verificar la ausencia de nuevos cambios con las medidas tomadas.

En el caso de la audiometría post ocupacional, si no hay cambios en los umbrales auditivos en comparación con la audiometría preocupacional, se determinará que la prevención fue adecuada y se logró la conservación de los umbrales auditivos y no se requeriría de valoraciones auditivas adicionales.

Si en la audiometría post ocupacional hay cambios en los umbrales auditivos en comparación con la audiometría preocupacional, 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. Al igual que en los casos anteriores cuando se detectan cambios permanentes del umbral en un trabajador, se debe dejar registro de los mismos, investigar la situación de trabajo que pudo originar el daño y tomar las medidas que lleven al control del riesgo.

En el Anexo VI se resume la conducta a seguir de acuerdo con el RD 1316/1989(120) según la intensidad de la exposición. Una vez considerado lo anterior, en caso de que la afectación auditiva se confirme como debida al ruido se realizan las siguientes acciones:

- A aquellas personas expuestas que no usen protección se les suministrarán los protectores adecuados, se mostrará su uso apropiado y se requerirá su utilización.
- Si ya usan protección, serán provistas de nuevos protectores adecuados y se les adiestrará, igual que en el caso anterior, en el uso correcto de los mismos.

- En los casos anteriores, de todas maneras, hay que incidir especialmente en la información y formación idónea y suficiente de los operarios afectados por el ruido ambiental.

- Independientemente de que la alteración auditiva afecte a la zona conversacional o no:

a) si la audiometría muestra un escotoma mayor de 25 dB a 4,000Hz como anomalía única, o si ese escotoma se va ampliando dos o tres octavas, afectando primero a los agudos y después a los graves, o si incluso llegara a afectar a la zona conversacional, se establecerá el diagnóstico de sordera profesional y se rellenará y tramitará el informe de Enfermedad Profesional, entregando una copia al trabajador;

b) se considerará el cambio de puesto de trabajo en los casos en que la hipoacusia no afecte al área conversacional y concurra que:

— haya más de una CSU o ésta sea mayor de 20 dB,

— el personal trabajador utilice la protección adecuada, y

— el personal trabajador esté en los diez primeros años de exposición al mismo nivel de ruido;

c) En el caso de que la hipoacusia afecte al área conversacional, además de todo lo ya expuesto en los puntos a) y b), la persona podrá ser remitida (siempre con su consentimiento) para su evaluación y calificación a los equipos de valoración de incapacidad, donde se valorará su incapacidad permanente parcial o total para la profesión habitual que ha dado lugar a su pérdida auditiva.

## **6. DERIVACIÓN A ESPECIALISTA: OTORRINOLARINGÓLOGO**

La remisión a ORL se indica con el fin de esclarecer el origen de los cambios en los umbrales auditivos. Esto incluye descartar la presencia de otras patologías otológicas que puedan ser la causa del cambio en los umbrales auditivos o que puedan ser un factor que contribuya con el deterioro a futuro de la audición independientemente de la actividad del paciente.

El tinnitus es un síntoma de presentación frecuente, más aún en pacientes expuestos a ruido, por lo cual se considera que su presencia debe alertar al médico laboral sobre si el cumplimiento del programa de conservación auditiva se está llevando a cabo adecuadamente. La remisión por presencia de tinnitus la determinaría el médico laboral con base a las características del tinnitus y la presencia de cambios auditivos.

Las recomendaciones para la remisión a ORL buscan fortalecer el canal de comunicación con el médico laboral, con la finalidad de beneficiar al trabajador con base en las recomendaciones de cuidados y seguimiento surgidas de la valoración.(27)

Para realizar la remisión a ORL se recomienda enviar:

- El requerimiento de la valoración.
- La documentación necesaria para cumplir con el tipo de requerimiento de la valoración, idealmente por anticipado a la fecha de la cita.

El especialista ORL debería:

- Revisar la documentación previamente a la valoración del trabajador.
- Hacer énfasis al trabajador en las conductas positivas a realizar como son el uso de la protección auditiva y el cumplimiento del programa de conservación auditiva, así como el evitar conductas de riesgo auditivo en ambientes extralaborales.
- Ante la presencia de otros factores de riesgo auditivo hacer énfasis al trabajador en su control y seguimiento con el fin de minimizar alteraciones auditivas relacionadas con otras condiciones de salud.
- El trabajador puede ser informado del nivel de sus umbrales de audición, pero si hay inconsistencias al respecto de los umbrales observados, que generen duda

sobre la veracidad de los mismos, se recomienda simplemente indicar una valoración adicional sin entrar en discusión al respecto. (121, 122)

Dado el carácter irreversible de la sordera producida por ruido, muy poco puede hacer el especialista en otorrinolaringología (ORL), pero es recomendable que los trabajadores que presenten caídas significativas del umbral (CSU) sean enviados a sus consultas. Los objetivos serían:

- confirmar la caída del umbral;
- valorar el inconveniente auditivo y la oportunidad de las prótesis auditivas;
- las recomendaciones del especialista pueden reforzar la necesidad de protección auditiva de los trabajadores.

Además, al realizar audiometrías en un gran número de personas es muy normal encontrarse con otras patologías diferentes a las producidas por el ruido que pueden ser susceptibles de tratamiento.

Por lo tanto, es necesario definir unos criterios claros para derivación a especialistas en ORL. Los criterios poco exigentes se traducirán en un gran número de derivaciones innecesarias, con las consiguientes pérdidas económicas para las industrias implicadas y el consiguiente para el programa de monitorización audiométrica. Por el contrario, criterios muy exigentes dejarían fuera a muchos casos de trastornos y enfermedades patológicas que podrían beneficiarse de tratamiento médico o quirúrgico.

Los criterios propuestos son los reflejados en el Anexo I(123)

## **7. TRATAMIENTO EPIDEMIOLÓGICO Y EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE PREVENCIÓN**

El RD 1316/1989, en su artículo 9, apartado 3, precisa que «los datos resultantes de las valoraciones del estado de salud de los trabajadores sólo se podrán utilizar como base orientativa para mejorar el ambiente de trabajo».

Los controles audiométricos deben ser considerados por las normas de la empresa implicados en la prevención como un instrumento complementario del control técnico y ambiental del ruido, y cuyo fin último en la prevención de la Hipoacusia Profesional es el de provocar la adopción de medidas específicas de tipo técnico-organizativas tendentes a disminuir el ruido en su origen.

Los datos resultantes de la monitorización audiométrica que se haga siguiendo estos protocolos pueden y deben utilizarse para evaluar la nocividad del ruido en un centro de trabajo, en un sector productivo y, sobre todo, para evaluar la efectividad de las medidas de prevención que se estén tomando. Para ello, se debe mantener una hoja de registro de datos para cada trabajador, tal como se expone en el Anexo II.

Numerosas patologías pueden presentar similares hallazgos en la audiometría de tonos puros (virosis, ototoxicidad, hipoacusia neurosensorial hereditaria y de causa desconocida, traumatismo cráneo-encefálico, etc.), por lo que el diagnóstico clínico puede ser difícil y se apoya en los antecedentes de exposición «nociva» al ruido. Las dificultades serán mayores con audiogramas sugestivos de estadios iniciales de Hipoacusia Profesional en sujetos cuya exposición oscila alrededor de los 90 dBA o es difícil de precisar (por movilidad del personal o por tratarse de ruidos no estables).

De hecho, es muy probable que éstas enfermedades sean responsables de una sobrestimación de los efectos del ruido y, desde luego, de muchos casos indemnizados como Sordera Profesional.

Un adecuado diseño, desde el punto de vista epidemiológico, del control audiométrico en el medio laboral permitirá acumular datos muy valiosos para establecer la importancia de otras patologías, sus interacciones con los efectos

del ruido y la verdadera incidencia de la Hipoacusia Profesional en la población general, de la cual no existen datos. Un diseño epidemiológico correcto serviría también de vigilancia y evaluación de los programas de prevención de la Hipoacusia Profesional, tanto a nivel de centros de trabajo como de sectores productivos.

Para ello se han propuesto diversos métodos de análisis de los datos que permitan comparar la nocividad global, en lo que respecta a los efectos auditivos del ruido, de los centros de trabajo, de los distintos departamentos dentro de una fábrica o incluso comparar sectores productivos diferentes.

Estos diseños pueden ser utilizados por la Administración para determinar qué empresas son las más nocivas y, por tanto, cuánto urge más tomar medidas técnicas de reducción del ruido.

El programa de prevención preventiva de pérdida auditiva (PPPA) no es simplemente un programa para tomar audiometrías y colocar protección auditiva a los trabajadores. Va más allá, comprometiendo un grupo multidisciplinario con funciones específicas, donde intervienen todos los factores de la empresa, desde los trabajadores hasta la gerencia.

El principal beneficio del PPPA es la prevención de la pérdida auditiva de origen ocupacional, ya que esta reduce de cualquier manera la calidad de vida del trabajador.

El programa debe contar con los siguientes elementos:

- Monitoreo ambiental y personal de la exposición al ruido
- Control de ingeniería y administrativo
- Evaluación Audiométrica
- Uso de elementos de protección auditiva
- Educación y motivación
- Mantenimiento de registros
- Evaluación del programa.

No existe un programa especial que evalué la efectividad de un PPPA. Sin embargo, se pueden establecer indicadores de frecuencia y de proporción, como:

- No de trabajadores expuestos y no expuestos que asistieron a la audiometría tonal

- No de trabajadores que presentaron CUAT CUAP.

- No de trabajadores que asistieron a la capacitación anual

- No de trabajadores expuestos que utilizan EPP

- N de controles de ingeniería implementados, etc.

Todos aquellos trabajadores que se vayan a exponer o se encuentren expuestos a niveles de ruido de 80 dBA TWA o más, o su equivalente durante la jornada laboral, deben incluirse en el programa de vigilancia médica auditiva. Lo anterior contempla tanto a los trabajadores que ingresen a laborar como a aquellos que tengan un cambio a una actividad que implique una exposición a los niveles de ruido antes mencionados. Los trabajadores expuestos deben ser objeto de vigilancia durante el tiempo que perdure su exposición.

Según la evidencia aportada sobre la ocurrencia de HNIR en los lugares de trabajo, basado en los resultados de la relación dosis respuesta presentada en el análisis crítico de la recomendación 7.1.4, y en la propuesta de adopción de la tasa de cambio de 3 dB planteada por NIOSH y acogida en esta guía, se establece como límite permisible 85 dB y como nivel de acción 82 dB. Sin embargo, se ha decidido recomendar evaluación auditiva desde los 80 dB debido a que se encontró que exposiciones de 80 dB no generan CUAP, pero sí retardan el tiempo de recuperación de un CUAT. Por el contrario, niveles de exposición entre 76 a 78 dB no causan CUAP ni retardan el tiempo de recuperación del CUAT.

En Honduras la legislación ha acogido el nivel de 85 dB y los 5 dB para la definición de los tiempos de exposición máximos según el incremento de la intensidad de la exposición. Si se utilizara la tasa de intercambio de 3 dB, la prevalencia de trabajadores con sobre-exposición a ruido podría ser de 1.5 a 3 veces más alta que la registrada con el uso de una tasa de intercambio de 5 dB, pero se actuaría de una manera mucho más preventiva.



La vigilancia médica debe hacer parte integral del programa de gestión de riesgo. Los trabajadores expuestos a ambientes ruidosos generadores de riesgo de HNIR deben ser sometidos a una vigilancia de la salud auditiva con el objetivo fundamental de preservar sus niveles auditivos dentro de los límites normales (pérdidas menores de 10 dB).

La vigilancia comprende las evaluaciones médicas, los instrumentos tamiz o los cuestionarios de síntomas, los exámenes médicos, las pruebas audiométricas y las evaluaciones complementarias. Todo esto debe ir acompañado de otras acciones de promoción como la educación y la motivación de los trabajadores. El tiempo que debe durar la vigilancia médica y la frecuencia de sus actividades, se definen de acuerdo con la exposición y la magnitud del riesgo, de tal forma que permita identificar de manera oportuna las acciones que se deben tomar para prevenir la HNIR.(124, 125, 126, 127, 128)

El uso de cuestionarios para tamizar síntomas y antecedentes puede facilitar el registro de factores de riesgo para pérdida auditiva, haciendo la recolección más homogénea y fácil para todo el grupo que se evalúe.

Así mismo permitirá identificar condiciones de salud del trabajador que deben tenerse en cuenta durante el seguimiento.

Se le debe insistir al trabajador sobre la importancia de proporcionar una información veraz sobre sus antecedentes auditivos, pues esto favorece su adecuada ubicación y seguimiento dentro de los programas de conservación auditiva de la empresa.

## **8. LEGISLACIÓN APLICABLE**

1. Reglamento de Medidas Preventivas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales, Acuerdo ejecutivo nº STSS-001-02, 7 DE Enero de 2002, La Gaceta nº 29691. 25 de Enero de 2002.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Oficina Internacional del Trabajo. Principios directivos técnicos y éticos relativos a la vigilancia de la salud de los trabajadores. OIT (Serie Seguridad y Salud en el Trabajo, num.72): Ginebra, 1998. pp 23.
2. La Valoración De La Aptitud Para Trabajar, Mari Cruz Rodríguez, Consol Serra, Manel Plana y Fernando G. Benavides, MC MUTUAL-UPF de Medicina del Trabajo entre los años 2005 y 2006. España.
3. Reconocimientos Médicos Preventivos para Trabajadores, Monografies Sanitaries Seria A, Num. 32 Pág. 6, Generalitat Valenciana
4. Medicina del Trabajo, J. A Marti Mercadal, H. Desoille, segunda edición, Cáp. 2 Los reconocimientos médicos, Pág. 725
5. Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española. Vigésima primera edición. España Calpe; 1992
6. Chan G, Tan V, Koh D. Ageing and fitness to work. Occup Med (Lond). 2000; 50(7):483-91.
7. Cowell JW. Guidelines for fitness-to-work examinations. CMAJ. 1986; 135(9): 985-8.
8. McGregor A. Fitness standards in airline staff. Occup Med 2003; 53:5-9.
9. Davies W. ABC of work related disorders. Assessing fitness for work. BMJ. 1996; 313(7062):934-8.
10. Disability Discrimination Act (DDA) (Reino Unido 1995) El texto de la ley está disponible en: <http://www.disbility.gov.uk>
11. Hainer BL. Preplacement evaluations. Prim Care. 1994; 21(2): 237-47.
12. Nethercott JR. Fitness to work with skin disease and the Americans with Disabilities Act of 1990. Occup Med. 1994; 9(1): 11-8.
13. Shepherd J. Preemployment examinations: how useful? J Am Board Fam Pract. 1992; 5(6): 617-21.
14. Robbins DB. Psychiatric conditions in worker fitness and risk evaluation. Occup Med. 1988; 3( 2): 309-21.
15. Rayson MP. Fitness for work: the need for conducting a job analysis. Occup Med (Lond). 2000;50(6): 434-6.
16. Gerkin D. Firefighters: fitness for duty. Occup Med. 1995; 10(4): 871-6.

17. Código de Salud (Decreto numero 65-91, Emitido el 28/05/1991, publicado en la Gaceta N° 26509 del 06/08/1991).
18. Reglamento de Medidas Preventivas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales, Acuerdo ejecutivo nº STSS-001-02, 7 DE Enero de 2002, La Gaceta nº 29691. 25 de Enero de 2002.
19. Vigilancia de la Salud de los Trabajadores, Fernando Rescalvo Santiago, Publicación Institucional de Ibermutuamur, 1998.
20. Efectos del Ruido sobre la Salud, Efectes del renou sobre la salut, Dr. D. Ferran Tolosa Cabani (discurso inaugural del curso académico 2003 en la Real Academia de Medicina de las Islas Baleares).
21. Contaminación Acústica: Efectos Sobre Parámetros Físicos y Psicológicos, Trabajo De Investigación Presentado Por D. Efrén Ruiz Casal para optar al grado de Doctor en Medicina. Disponible en: <ftp://tesis.bbtck.uill.es/ccppytec/cp188.pdf>
22. Hearing Conservation Manual, Fourth edition, Alice H. Suter, PhD. Council for accreditation in occupational hearing conservation. 2002, Chapter IV, V, VI.
23. Efectos de la Exposición a Ruido Industrial, Dr. Hernando Rendiles N. Salud Ocupacional en Venezuela. [Monografía en Internet]. 1998. Disponible en: <http://members.tripod.com/rendiles/ocupacional.html>
24. Ruido, Alice H. Suter, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, disponible en <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/pdf/tomo2/47.pdf>.
25. OSHA Technical Manual, Section III: Chapter 5, U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, [www.osha.gov](http://www.osha.gov).
26. Medicina Laboral y Ambiental, Joseph La Dou, Segunda Edición, Traducida de la segunda edición en ingles, Perdida de la audición, Pág. 135-150.
27. Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo (GATI-HNIR) Disponible en
28. American Speech-Language-Hearing Association. (2005). Guidelines for Manual Pure-Tone Threshold Audiometry. Rockville MD. Working Group on Manual Pure-Tone Threshold Audiometry. Disponible en <http://www.asha.org/members/deskref-journal/deskref/default>
29. Protocolo de Vigilancia Especifica para trabajadores/as expuestas a Ruido, Consejo Ínter territorial del Sistema de Salud de España, 2002.

30. Salud Laboral, Conceptos y Técnicas para la Prevención de Riesgos Laborales, Armando García Rodríguez y Ana M. García García, Capítulo 24, Ruido y Vibraciones, Pág. 249-257.

31. Hood, L.J.; Berlin, Ch.I.; Parkins, Ch.W. "Medición del sonido". Clínicas Otorrinolaringológicas de Norte America. VOL:2, 223-243. 1991.

32. Békésy, G.V. "Variation of phase along the basilar membrane with sinusoidal vibrations". J. Acoust. Soc. Am. 19: 452-460, 1947.

Békésy, G.V. "Experiments in hearing" New York. Mc Graw Hill Book Co. 1960

33. Poch-Viñals, R. "Embriología del oído medio y anatomía clínica del oído medio". Otorrinolaringología. Tomo I. 1967.

34. Portmann, M.; Portmann, C. "El examen audiométrico, unidades y gráficos", Audiometría clínica, 3ª edición, ed. Toray Mason, Barcelona, 1979.

35. Marquet, J. et al; "Topics in physics and middle ear surgery". Acta Otorhinolaryngol Belg, , 27:2, 139-319 .1973

36. Paparella - Shumrick; Ward, W. "Deterioro auditivo inducido por ruidos". Editorial Médica Panamericana. 1980.

Paparella - Shumrick; Ward, W. "Daño auditivo inducido por ruidos". Editorial Médica Panamericana. 1994.

37. Roberts Wm; Howard J; Hudspeth AJ "Hair cells: transduction, tuning, and transmission in the inner ear. Annu Rev Cell Biol, 4:, 63-92. 1988

38 Ruido Laboral y su Impacto en Salud, Occupational Noise And Its Impact On Health, Artículo Original Francisco Otárola Merino<sup>1</sup>, Francisco Otárola Zapata<sup>2</sup>, Andrés Finkelstein Kulka<sup>3</sup>, Ciencia & Trabajo | Año 8 | Número 20 | Abril / Junio 2006 | [www.cienciaytrabajo.cl](http://www.cienciaytrabajo.cl) | 47/51.

39. Roland P. 2004.Inner ear, Noise-Induced Hearing Loss. Disponible en Internet:<http://www.emedicine.com/ent/topic723.htm>. (Accesado el 13/05/2006).

40. Arauz S, Debas J. 2001. Trauma Acústico. En: Suárez H, Velluti R, editores. La Cóclea: fisiología y patología. 1º ed. Montevideo: Trilce ediciones. P. 223-71.

41. Gilbert Corzo A. Efectos de la exposición a ruido industrial. [Monografía en internet]. 2004. (Fecha de acceso 10 de junio de 2005). Disponible en: <http://www.medspain.com/colaboraciones/ruidoindustrial.htm>

- 42.Hsu CJ, Shau WY , Chen YS, Liu TC, Lin-Shiau SY. Activities of Na(+),K(+)-ATPase and Ca(2+)-ATPase in cochlear lateral wall after acoustic trauma. *Hear Res.* 2000;142(1-2):203-11.
- 43.Le Prell CG, Dolan DF, Schacht J, Miller JM, Lomax MI, Altschuler RA. Pathways for protection from noise induced hearing loss. *Noise Health.* 2003;5(20):1-17.
- 44.Cassandro E, Sequino L, Mondola P, Attanasio G, Barbara M, Filipo R. Effect of superoxide dismutase and allopurinol on impulse noise-exposed guinea pigs-electrophysiological and biochemical study. *Acta Otolaryngol.* 2003;123(7):802-7.
- 45.Ohinata Y, Yamasoba T, Schacht J, Miller JM. Glutathione limits noise-induced hearing loss. *Hear Res.* 2000;146(1-2):28-34.
- 46.Niu X, Canlon B. Protective mechanisms of sound conditioning. *Adv Otorhinolaryngol.* 2002;59:96-105.
47. Selye, H. "The stress of life". New York, Mc Graw Hill Book, 1956.
48. Friedman, M.; Byers S.O.; Brown, A.E. "Plasma lipidresponses of rats and rabbits to an auditory stimulus". *Am J. Physiol.* 212:1174-1178,1967
49. Henkin, R.I. "Effects of sound on the pituitary adrenal axis". *Amer. J. Physiol.* 204:710-714, 1963.
50. Jensen, M.M.; Rasmunssen, A.F. "Audiogenic stress and susceptibility to infection". *Physiological effects of noise.* New york, Plenum Press. 7-19.1970.
51. Bukley, J.P.; Smookler, H.H. "Cardiovascular and biochemical effects of chronic intermittent neurogenic stimulation". *Physiological effects of noise.* New york Plenum Press. 75-84. 1970.
52. Andriukin, A.A. "Influence of sound stimulation on development of hypertension". *Clinical and experimental results. Cor Vasa* 3:285-293. 1961.
53. Davis, A., Bies And Colin H. Hansen "An alternative mathematical description of the relationship between noise exposure and hearing loss" *J.Acoust. Soc Am., Vol:88, N° 6, december, 1990.*
54. Thorne, P.R.; Duncan, C.E.; Gavin, J.E. "The pathogenesis of stereocilia abnormalities in acoustic trauma". *Hearing Res.* 21: 414. 1986.
55. Bhone, B.A. "Mechanisms of noise damage in the inner ear". *Effects of noise in hearing.* Hendersons, D, eds. New York, Raven press, 41-67. 1976.
56. Eldredge, D. H.; Bilger, R.C. Davis, H, and cols. "Factor analysis of cochlear injuries and changes in electrophysiological potentials followig acoustic trauma in the guinea pig". *J. Acoust. Soc. Am.* 33: 152- 159. 1961.

57. Bohne, B.A.; Rabbitt, K.D. "Holes in the reticular lamina after noise exposure: implication for continuing damage in the organ of Corti". *Hear Res.* 11: 41-54, 1983
58. Gravendeel, D.W.; Plomp, R. "Micro-noise trauma?". *Arch. Otolaryngol.* 71: 656-663. 1960
59. Dieroff, H.G.; Beck, C. "Experimentellmikroskopische Studien Zur Frage der Lokalisation von bleibenden Horschanden nach industriellarnbelastung mit tonalen gerauschanteilen". *Arch. Ohr. Nas. Kehl.* 184: 433-45. 1964.
60. Perlman, H.B.; Kimura, R. "Cochlear blood flow in acoustic trauma". *Acta Otolaryngol.* 54: 99-110, 1962.
61. Békésy, G.V. "Variation of phase along the basilar membrane with sinusoidal vibrations". *J. Acoust. Soc. Am.* 19: 452-460, 1947.
62. Efectos del ruido por Exposición Laboral, Maria del Carmen Martínez, *Salud de los Trabajadores*, volumen 3 No 2, Julio 1995.
63. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo - OIT. Ed. Mº de Trabajo y Seguridad Social, 3ª ed. revisada, 1989.
64. Efectos del Ruido sobre la Salud, Dr. D. Ferran Tolosa Cabani (Discurso académico en la Real Academia de Medicina, Islas Baleares, disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/>)
65. Clemente, M. Enfermedades profesionales del oído. *Medicina y seguridad en el trabajo.* 1991; nº 152 (abril-junio), pgs. 13-24.
66. Gaynes E y Goñi A. Hipoacusia laboral por exposición al ruido: Evaluación clínica y diagnóstico. *NTP-287*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1991.
67. Criteria for a Recommended Standard, Occupational Noise Exposure, revised criteria 1998, U.S Department of Health and Human Service, June 1998. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/>
68. Glogig, A.; Ward, W.D.; Nixon, J. "Damage risk criteria and noise induced Hearing loss". *Arch. Otolaryngol.* 74:413-423, 1961.
69. Passchier - Vermeer, W. "Hearing loss due to exposure to steady state broadband noise". Delft, Netherlands, IG-TNO reports, 35, 1968.
70. WHO. Guidelines for Community Noise. Edited by Birgitta Berglund, Thomas Lindvall, Dietrich H Schwela. Geneva: World Health Organization, 1999.

71. Noise and Its Effects, Dr. Alice H. Suter, Conference Consultant Administrative Conference of the U.S.(November1991), Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/>
72. NIOSH Reanalysis of the data from Occupational Noise and Hearing Survey (ONSH). 1998.
73. Nelson D, Nelson R, Concha Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise – induced hearing loss. *Am J Ind Med.* 2005;48(6):446-58
74. Clemente, M. Enfermedades profesionales del oído. *Medicina y seguridad en el trabajo.* 1991; nº 152 (abril-junio), pgs. 13-24.
75. Floru R y Cnockaert JC. Effects non traumatiques du bruit sur la santé, la sécurité et l'efficacité de l'homme au travail. *Cahiers de notes documentaires.* 1994; nº 154: 69-97.
76. Smith SL. The Other effects of Noise. *Occup. Hazards* 1997 (enero); pgs. 79-81.
77. Floru R y Cnockaert JC. Effects non traumatiques du bruit sur la santé, la sécurité et l'efficacité de l'homme au travail. *Cahiers de notes documentaires.* 1994; nº 154: 69-97.
78. Tomei F et al. Noise and Gastric Secretion. *American Journal of Industrial Medicine.* 1994; nº 26: 367-372.
79. Melamed S, Bruhis S. The effects of chronic industrial noise exposure on urinary cortisol, fatigue and irritability. *Journal of Occupational and Environmental Med.* 1996; vol. 38, nº 3.
80. *Medicina Laboral y Ambiental*, Joseph La Dou, Segunda Edición, Traducida de la segunda edición en inglés, Pérdida de la audición, Pág. 135-150.
81. Hearing Conservation Manual, Fourth edition, Alice H. Suter, PhD. Council for accreditation in occupational hearing conservation. 2002, Chapter IX.
82. American Industrial Hygiene Association. A strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures. Second Edition. Fairfax.VA 22031.USA. 2005.
83. Leidel, NA., Bush, KA., and Lynch JR (1977) Occupational exposure sampling strategy manual. NIOSH. Publication No 77-173 disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/docs/77-173/>.
84. Rock J C. Occupational Health and Safety Institute, Air Sampling Instruments for evaluation of atmospheric contaminants. 8 edition. 1995. ACGIH.
85. Malchaire J. Piette A. A Comprehensive Strategy For The Assessment Of Noise Exposure And Risk Of Hearing Impairment *Ann. occup. Hyg.*, Vol. 41,



No. 4, pp. 467-484, 1997.

86. WHO – Occupational Exposure to Noise. Evaluation, Prevention and Control – Special Report S 64. Edited by Goeltzer B; Hansen C, Schrndt G. WHO 2001.

87. Martin AM, Atherley GR. A method for the assessment of impact noise with respect to injury to hearing. *Ann Occup Hyg.*1973; 16: 19-26

88. Harris CM. Manual de medidas acústicas y control del ruido. McGraw-Hill. Madrid, 1998.

89. Jones CO and Howie R. M.. Investigations of personal noise dosimeters for use in coalmines C.O. Institute of occupational medicine Edinburgh, U.K. *Ann Occup Hyg.*1982; 25: 261-277.

90. Hartman, P. W. "An introduction to measurement of sound". *Otolaryngologic Clinics of North America*. Vol. 12, Nº 3, 551-562, Aug.1979.

91. Ward, W.D. "Effects of noise on hearing thresholds". *Noise and Public Health Hazard*. OSHA Report 4. American Speech-Language- Hearing Assoc. 1968.

92. Dobie, R.A. "Prevention of noise-induced hearing loss". *Arch. Otolaryngol. head and neck surg*. Vol:121, 385-391. Apr. 1995.

93 ACGIH. 2006 TLVs and BEIs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. ACGIH Signatures Publications.

94 NIOSH - Publication No. 98-126. Criteria for a recommended standard Occupational Noise Exposure June, 1998.

95 WHO – Occupational Exposure to Noise. Evaluation, Prevention and Control – Special Report S 64. Edited by Goeltzer B; Hansen C, Schrndt G. WHO 2001.

96 Suter, AH. 1992. Communication and Job Performance in Noise: A Review. American Speech-Language Hearing Association Monographs, No.28. Washington, DC: ASHA.

97. International Organization Standardization ISO 9612:1997. Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment.

98. American National Standards Institute, S12.19-1996. Measurement of occupational noise exposure. New York, NY.

99. SO 11904-2 (2000), Acoustics – Determination of sound immissions from sound sources placed close to the ears – Part 2 Technique using a manikin (manikin technique)

100. ISO 11904-1 (2000), Acoustics – Determination of sound immissions from sound sources placed close to the ears – Part 1 Technique microphones in real ears (MIRE technique).
101. Rock J C. Occupational Health and Safety Institute, Air Sampling Instruments for evaluation of atmospheric contaminants. 8 edition. 1995. ACGIH.
102. NIOSH - Publication No. 98-126. Criteria for a recommended standard Occupational Noise Exposure June, 1998
103. Portmann, M.; Portmann, C. "Aspecto audiometrico de las sorderas según su etiología", Audiometría clínica, 3ª edición, ed. Toray Mason, Barcelona, 1979.
104. 29. NTP 284: Audiometría tonal liminar: exploraciones previas y vía aérea, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España. Disponible en [http://www.mtas.es/insh/ntp/ntp\\_284.htm](http://www.mtas.es/insh/ntp/ntp_284.htm).
105. Occupational Hearing Loss, John J. May, MD, American Journal of Industrial Medicine 37:112-120 (2000).
106. Hipoacusia, Guías Clínicas 2003; 3(20), fisterra.com.
107. Historia Medico Ocupacional como herramienta de diagnostico, Gomero Cuadra Raúl, Rev. Med. Hered 16 (3), 2005.
108. Ruido e Hipoacusia, Carlos Efraín Cortes Sánchez, Revista Colombiana de medicina del trabajo, Vol. 2 #3, Septiembre 2001, Pág. 19-24.
109. Karlsmose B, Pedersen HB, Lauritzen T, Parving A. Audiometry in general practice: validation of a pragmatic pure-tone audiometry method. Scand Audiol. 1998;27(3):137-42.
110. Idoate M. Salud laboral: Protocolos sanitarios específicos de vigilancia médica de los trabajadores (III). Exposición a ruido. *Documentos Técnicos de Salud Pública serie A*. 1992; Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
111. Corso JF. Age and sex differences in pure-tone thresholds. *Arch of Otolaryngolog*, 1963; 77: 385-405.
112. Rosen S Plester D et al. Presbycusis study of a relatively noise free population in the Sudan *Ann Otol Rhin Laryngol*. 1962; 71: 727-7359.
113. Royster TD, Royster LH. Using audiometric data base analysis. *Journal Occup Medicine*. 1986; 10: 1055-1068.

114. Metodología para una buena Audiometria, Revista de la Sociedad Colombiana de Medicina del Trabajo, Vol. 6. N° 1, Mayo 2003. Pag.n° 7
115. Karlovich RS. Research Project shows important of Pre-employment Hearing Testing. *Occup Health & Safety* 1992; 61(2):38-42
116. DHHS (NIOSH) Publication No. 98-126. Criteria for a recommended standard – Occupational Noise Exposure. Revised criteria 1998.
117. Marqués F, Moreno N, Sole D. Trauma acústico: vigilancia epidemiológica. *Comunicación en IX Congreso Nacional de Medicina, Higiene y Seguridad del Trabajo, Madrid, 1988.*
118. OSHA. Occupational noise exposure; hearing conservation amendment. *Final Rule OSHA. Federal Register.* 1983; 48: 9738-9785.
119. Edwards RG et al. Effectiveness of earplugs as worn in the workplace; *Sound and Vibratio*, 1978; January: 12-22.
120. Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, relativo a la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido (BOE nº 263, de 2 de noviembre de 1989).
121. Dobie RA, Seattle WA. Industrial audiometry and the otologist. *Laryngoscope* 1985; 95: 382-385.
122. Otologic Referral Criteria for Occupational Hearing Conservation programs. American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery. Washington, D.C. 1983.
123. Dobie RA, Archer RT. Otological referral in industrial hearing conservation programs. *Journal Occup Medicine.* 1981; 11: 755-761.
124. DHHS (NIOSH) Publication No. 98-126. Criteria for a recommended standard – Occupational Noise Exposure. Revised criteria 1998.
125. Dobie RA, Seattle WA. Industrial audiometry and the otologist. *Laryngoscope* 1985; 95: 382-385.
126. Sriwattanatamma P., Breyse P. Comparison of NIOSH noise criteria and OSHA hearing conservation criteria. *Am J Ind Med*, 2000; 37:334-338.
127. Daniel WE, Swan SS, Mc Daniel MM, Camp JE, Cohen MA, Stebbins JG. Noise exposure and hearing loss prevention programmes after 20 years of regulations in de United States. *Occup Environ Med* 2006;63: 343-351.
128. May J. Occupational Hearing Loss. *American Journal of Industrial Medicine* 37:112±120 (2000)

## **ANEXO I:**

### **CRITERIOS PARA DERIVACIÓN A CONSULTAS DE ORL**

(AAO-HNS (Otologic Referral Criteria for Occupational Hearing Conservation Programs. American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery. Washington, D.C. 1983),

1. Si en el audiograma de ingreso se detecta:

- Afectación monoaural mayor del 20%, según la fórmula de la AA.OO. de 1979, en cualquier oído.
- Afectación unilateral manifestada por una media de 500, 1.000 y 2.000 Hz menor de 25 dB en el mejor oído y mayor de 60 dB en el peor.
- Afectación unilateral manifestada por una asimetría interaural media de 45 dB en dos frecuencias adyacentes.

2. Si en el audiograma periódico se detecta:

- Una caída mayor de 20 dB respecto al audiograma de base en la media 500, 1.000 y 2.000 Hz.
- Una caída mayor de 20 dB respecto al audiograma de base en la media 2.000, 3.000 y 4.000 Hz o dos CSU consecutivas.

• Los mismos criterios referidos para el audiograma de ingreso

Se han presentado síntomas significativos de oído en el último año (otalgia o vértigo) o se ha encontrado alguno de los siguientes hallazgos audiométricos:

\*Umbrales auditivos de 25dB o más para las frecuencias 0.5, 1, 2 KHz.

\*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).

\*Asimetría en umbrales auditivos de 30 dB o más para las frecuencias 3, 4, 6 KHz.

\*Diferencia con los umbrales de base de 15 dB o más para las frecuencias 0.5, 1, 2 KHz.

\*Diferencia con los umbrales de base de 20 dB o más para las frecuencias 3, 4, 6 KHz.

## **ANEXO II:**

### **REGISTRO INDIVIDUAL DE MONITORIZACIÓN AUDIOMÉTRICA**

Para cada trabajador expuesto al ruido se debe mantener una hoja de registro en la que debe constar:

1. El reconocimiento de ingreso, incluyendo exploración ORL e historia de antecedentes y sintomatología otológica. Se recomienda el uso del cuestionario modelo del Anexo VIII.
2. La audiometría de base. Debe registrarse:
  - a) Fecha.
  - b) Edad del trabajador en el momento de la audiometría.
  - c) Umbrales para los dos oídos en 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 y 8.000 Hz (o audiograma en el que aparezcan esos valores).
  - d) Media en 2.000, 3.000 y 4.000 Hz para los dos oídos.
  - e) Media en 500, 1.000 y 2.000 Hz para los dos oídos.
  - f) Hándicap auditivo monoaural según AA.OO. (tablas JAMA79).
  - g) Hándicap auditivo binaural según AA.OO. (tablas JAMA 79).
  - h) Derivación a ORL y resultados.
  - i) Fecha de calibración.
  - j) Operador.
  - k) Reposo auditivo previo.
3. La audiometría periódica. Deben registrarse los mismos datos que en la de base más:
  - a) Nivel de exposición semanal o diario al ruido.
  - b) Uso de protectores auditivos.
  - c) Cálculo de la caída del umbral en relación con la audiometría de base para cada oído.

**ANEXO III:**  
**CLASIFICACIÓN DE KLOCKHOFF**

(Esquema de Klockhoff modificado por la Clínica del Lavoro de Milán,  
propuesto por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.)

<b>NORMAL</b>	El umbral no es superior a 25 dB en ninguna frecuencia		
<b>TRAUMA ACÚSTICO</b>	No hay pérdida conversacional	LEVE	Escotoma < 55 dB
		AVANZADO	Escotoma > 55 dB
<b>HIPOACUSIA POR RUIDO</b>	Hay pérdida conversacional	LEVE	1 o más frecuencias conservadas
		MODERADA	Todas las frecuencias afectadas, pero ninguna > 55 dB
		AVANZADA	Todas las frecuencias afectadas, pero 1 o más > 55 dB
<b>OTRAS ALTERACIONES</b> no debidas a exposición al ruido			

**ANEXO IV.**  
**TABLAS PARA CÁLCULO DEL ÍNDICE ELI**  
**(Índice de pérdida precoz)**

**CORRECCIÓN POR PRESBIACUSIA A 4.000 Hz, Db**

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

ESCALA ELI		
Pérdida audiométrica corregida, dB	Grado ELI	Clasificación
<8	A	Normal excelente
8-14	B	Normal buena
15-22	C	Normal
23-29	D	Sospecha de sordera
>30	E	Claro indicio de sordera

**TABLA PARA EVALUACIÓN Y SIGNIFICADO DEL ÍNDICE SAL  
(Índice promedio conversacional)**

<b>Grado SAL</b>	<b>dB</b>	<b>Nombre de la clase</b>	<b>Características</b>
<b>A</b>	16 oído peor	Normal	Los dos oídos están dentro de los límites normales, sin dificultades en conversaciones en voz baja
<b>B</b>	16-30 uno de los oídos	Casi normal	Tiene dificultades en conversaciones en voz baja nada más
<b>C</b>	31-45 oído mejor	Ligero empeoramiento	Tiene dificultades en una conversación normal, pero no si se levanta la voz
<b>D</b>	46-60 oído mejor	Serio empeoramiento	Tiene dificultades incluso cuando se levanta la voz
<b>E</b>	61-90 oído mejor	Grave empeoramiento	Sólo puede oír una conversación amplificada
<b>F</b>	90 oído mejor	Profundo empeoramiento	No puede entender ni una conversación amplificada
<b>G</b>	Sordera total en ambos oídos		No puede oír sonido alguno



## ANEXO V: TABLA Y CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDA GLOBAL

DSHL, dB	% pérdida	DSHL, dB	% pérdida	DSHL, dB	% pérdida	DSHL, dB	% pérdida
100	0,0	170	26,2	240	52,5	310	78,8
105	1,9	175	28,1	245	54,4	315	80,6
110	3,8	180	30,0	250	56,2	320	82,5
115	5,6	185	31,9	255	58,1	325	84,4
120	7,5	190	33,8	260	60,0	330	86,2
125	9,4	195	35,6	265	61,9	335	88,1
130	11,2	200	37,5	270	63,8	340	90,0
135	13,1	205	39,4	275	65,6	345	90,9
140	15,0	210	41,2	280	67,5	350	93,8
145	16,9	215	43,1	285	69,3	355	95,6
150	18,8	220	45,0	290	71,2	360	97,5
155	20,6	225	46,9	295	73,1	365	99,4
160	22,5	230	48,9	300	75,0	370	100,0
165	24,4	235	50,6	305	76,9		

El porcentaje de déficit se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ pérdida monoaural} = \frac{(\sum \text{Pérdidas dB en 500, 1.000, 2.000 y 3.000 Hz} - 25) \times 1,5}{4}$$

$$\% \text{ pérdida binaural (global de los dos oídos)} = \frac{(5 \times \% \text{ de pérdida del oído mejor}) + \% \text{ de pérdida del oído peor}}{6}$$

**ANEXO VI:**  
**RD 1316/1989: RESUMEN «RUIDO»**

	NIVELES DE RIESGO		
	80 dBA < NDE < 85 dBA y NP < 140 dB	85 dBA < NDE < 90 dBA y NP < 140 dB	NDE > 90dBA y/o NP > 140 dB
<b>Evaluación y acción ambiental</b>	3 años	1 año	↓ ruido y/o ↓ exposición
<b>Información y formación</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Reconocimiento médico</b>	Inicial → 2 meses 5 años	Inicial → 2 meses 3 años	Inicial → 2 meses 1 año
<b>Protección personal</b>	Opcional del trabajador	Suministro obligatorio	Uso obligatorio
<b>Señalización</b>	No	No	Sí
<b>Programa técnico de control</b>	No	No	Sí



## EXPOSICION EXTRA LABORAL

Realiza o practica alguna de las Actividades siguientes:

Discoteca Si\_\_\_ No\_\_\_ Servicio Militar con armas Si\_\_\_ No\_\_\_  
Caza Si\_\_\_ No\_\_\_ Automovilismo Si\_\_\_ No\_\_\_  
Tirador Deportivo Si\_\_\_ No\_\_\_ Motorismo Si\_\_\_ No\_\_\_  
Aviación Si\_\_\_ No\_\_\_ Buzo Si\_\_\_ No\_\_\_  
Otras: Frecuencia: Diaria\_\_\_ Semanal\_\_\_ Mensual\_\_\_ otras\_\_\_

Exposición laboral a OTOTÓXICOS:

### Tóxicos industriales

\_\_\_ Monóxido de Carbono  
\_\_\_ Plomo  
\_\_\_ Benceno  
\_\_\_ Mercurio  
\_\_\_ Cianuro  
\_\_\_ Dimetilalanina  
\_\_\_ Dinitrobenceno  
\_\_\_ Estreptomina  
\_\_\_ Furosamida  
del Mercurio  
\_\_\_ Sulfuro de Carbono  
\_\_\_ Talio  
\_\_\_ Tricloroetileno  
\_\_\_ Propiltuiracilo  
\_\_\_ Vancomicina

Alcohol: Si\_\_\_ No\_\_\_

Tabaco: Si\_\_\_ No\_\_\_

Café: Si\_\_\_ No\_\_\_

Cual y durante cuanto tiempo (si es posible dosis)\_\_\_\_\_

### Fármacos

\_\_\_ Acido Etacrinico  
\_\_\_ Ampicilina  
\_\_\_ Capreomicina  
\_\_\_ Cloroquina  
\_\_\_ Colistina  
\_\_\_ Cotrimoxazol  
\_\_\_ HidrocarburosHalog.  
\_\_\_ Piridina  
\_\_\_ Derivados Alquilicos  
\_\_\_ Gentamicina  
\_\_\_ Kanamicina  
\_\_\_ Lidocaina  
\_\_\_ Paramommicina  
\_\_\_ Quinina

## ANTECEDENTES FAMILIARES

Familiares con problemas de sordera u otras afecciones ORL: Si\_\_\_ No\_\_\_

Detallar en caso afirmativo:\_\_\_\_\_

## ANTECEDENTES PERSONALES

En caso de déficit actual, enfermedades generales padecidas con posible afectación ótica:

Traumatismos craneales \_\_\_\_\_  Meningitis  
 Parálisis Facial  Paperas  
 Sarampión  Rubéola  
 Herpes Zoster  Fiebre tifoidea

## ANTECEDENTES SISTÉMICOS

Hipertensión Arterial  Diabetes mellitus

## ANTECEDENTES OBSTÉTRICOS:

Número embarazos  Abortos  
 Recién nacidos con bajo peso  Tumores del SNC

## ANTECEDENTES OTOLÓGICOS:

Acúfenos  Vértigo  Otagia  
 Otorrea  Otorragia

Otros: Detallar \_\_\_\_\_

## ESTADO ACTUAL DE AUDICIÓN

Oye bien? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Si no oye bien, ¿desde cuándo?: \_\_\_\_\_ años/meses.

En conversaciones se hace repetir con frecuencia? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Debe aumentar el volumen de la TV? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Oye mejor cuando hay ruido? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Le molestan los ruidos intensos? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

## EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

### Otoscopia

Conducto Auditivo Externo:

Normal  Tapón de cerumen parcial  total \_\_\_\_\_

Membrana Timpánica: Normal \_\_\_\_\_ Anormal \_\_\_\_\_

Alterada. Tipo de alteración:

Integridad: Intacta \_\_\_\_\_ Perforada \_\_\_\_\_

Coloración: Rojo \_\_\_\_\_ Amarillo \_\_\_\_\_ Áreas blanquecinas \_\_\_\_\_

Contorno: Cóncava \_\_\_\_\_ Abultada \_\_\_\_\_ Retraída y con burbujas \_\_\_\_\_

Movilidad: Normal \_\_\_\_\_ Disminuida \_\_\_\_\_ Aumentada \_\_\_\_\_

**Audiometría**

NORMAL\_\_\_\_ PATOLÓGICA\_\_\_\_

PATOLOGÍA ENCONTRADA:\_\_\_\_\_

**Acumetría**

Prueba de Rinne: Oído Derecho: Positivo\_\_\_\_ Negativo\_\_\_\_

Oído Izquierdo: Positivo\_\_\_\_ Negativo\_\_\_\_

Prueba de Weber: Normal\_\_\_\_\_

Lateralizada a: Izquierda\_\_\_\_ Derecha\_\_\_\_\_

OBSERVACIONES:\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

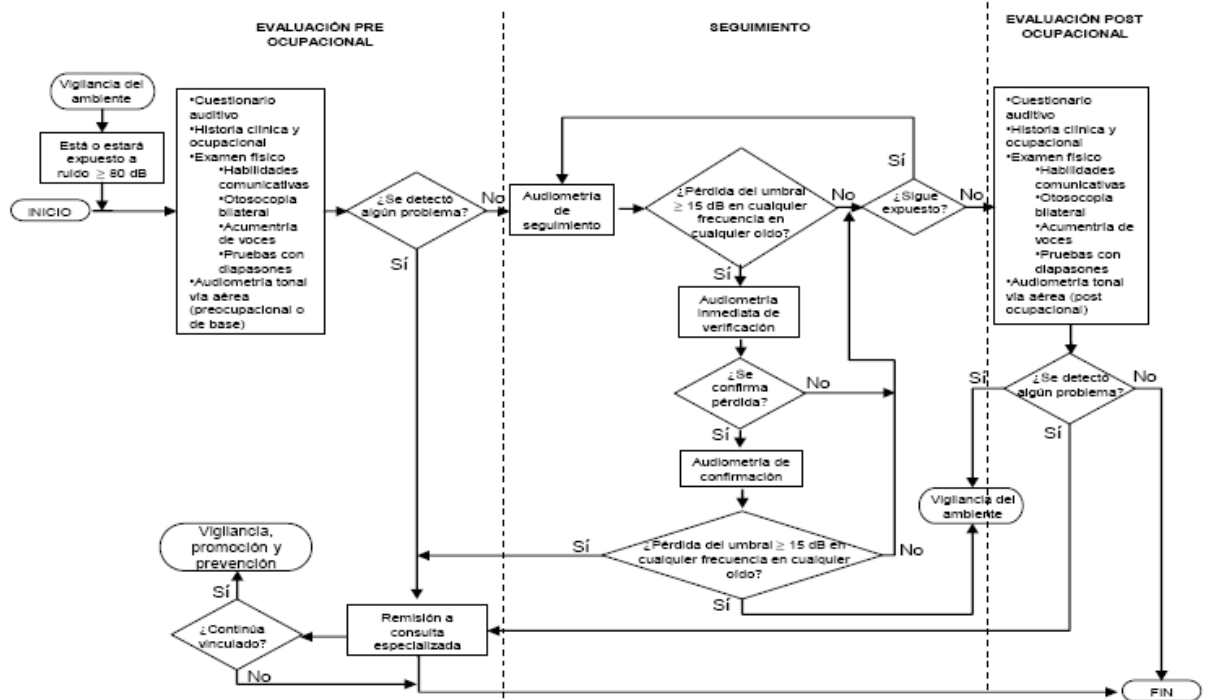
VALORACIÓN GENERAL:

MEDIDAS PROPUESTAS:

Firma del médico responsable

## ANEXO VIII:

### 5.3 Vigilancia Médica Diagrama de Flujo 3. Vigilancia médica



## **IX: PRINCIPALES TÓXICOS DEL NERVI0 ACÚSTICO**

### **TÓXICOS INDUSTRIALES QUE LESIONAN EL NERVI0 ACÚSTICO**

Anhídrido carbónico

Cianuros

Dimetilánilina

Dinitrobenceno

Hidrocarburos halogenados

Mercurio

Derivados alquílicos del mercurio

Oxido de carbono

Piridina

Sulfuro de carbono

Talio

Tricloretileno

### **FÁRMACOS QUE LESIONAN EL NERVI0 ACÚSTICO**

Ácido etacrínico

Kanamicina  
Lidocaína

Ampicilina

Minociclina

Capreomicina

Neomicina

Cloroquina

Nortriptilina

Colistina

Paramomicina

Cotrimoxazol

Propiltiuracilo

Dihidroestreptomicina

Propanolol

Estreptomicina y estreptoniazida

Quinina y quinidina

Furosemida

Salicilatos

Gentamicina

Vancomicina

Ibuprofeno

Viomicina

Indometacina y glucometacina