



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
SECRETARÍA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

ESPECIALIDAD EN:
COMUNICACIÓN, AUDIOLOGÍA Y FONIATRÍA

**“ALTERACIONES AUDITIVAS SECUNDARIAS A LA
EXPOSICIÓN AL RUIDO EN LOS TRABAJADORES DE
LA PLANTA DE ASFALTO DEL DISTRITO FEDERAL”**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE
MÉDICO ESPECIALISTA EN:
COMUNICACIÓN, AUDIOLOGÍA Y FONIATRÍA

P R E S E N T A :
DRA. PAULINA CONCEPCIÓN MURPHY RUIZ

PROFESOR TITULAR:
DRA. XOCHIQÜETZAL HERNÁNDEZ LÓPEZ

ASESORES:
DRA. DIANA JUDITH GUTIÉRREZ TINAJERO
DRA y M. en C. MARÍA DE LA LUZ ARENAS SORDO



MÉXICO D.F.

FEBRERO 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DRA. MATILDE L. ENRIQUEZ SANDOVAL
DIRECTORA DE ENSEÑANZA

DRA. XOCHIQETZAL HERNÁNDEZ LÓPEZ
SUBDIRECTORA DE POSTGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
PROFESOR TITULAR

DR. LUIS GÓMEZ VELÁZQUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ENSEÑANZA MÉDICA

DRA. DIANA JUDITH GUTIÉRREZ TINAJERO
ASESOR CLÍNICO

DRA. y M. en C. MARÍA DE LA LUZ ARENAS SORDO
ASESOR METODOLÓGICO

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir y avanzar día con día en todas las esferas, rodeada las personas que amo.

A mi papá por ser un gran ejemplo, por su apoyo incondicional no sólo material sino espiritual en los momentos malos y buenos.

A mi mamá por estar pendiente en todo momento de mi formación y apoyarme en mi desarrollo, porque sin ella no habría alcanzado muchas metas.

A Juan Carlos, amor de mi vida con quien apenas inicio un nuevo camino y que me ha ayudado a pasar muchos obstáculos en el camino.

A Paty por su gran sonrisa y su optimismo constante.

A Tomás por todas las experiencias compartidas.

A mis abuelos, por su ejemplo como personas y profesionales en las áreas de la salud mexicanas.

A la Dra. Diana, que más que una asesora es una gran amiga.

A la Dra. Arenas, por su paciencia y enseñanza constantes.

ÍNDICE.

1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico.....	3
3. Metodología.....	27
4. Resultados.....	33
5. Discusión.....	44
6. Conclusiones.....	48
7. Anexos.....	50
8. Bibliografía.....	69

1. INTRODUCCIÓN

El oído humano es uno de los sistemas más complejos del organismo, nos permite disfrutar cualquier tipo de sonido, ya sea placentero, de cualquier intensidad, nos permite localizar la fuente sonora, entre otros.

Estamos inmersos en un mundo lleno de sonidos, desde la voz humana, la música y los sonidos desagradables no armónicos o ruidos. Todo ser humano en cualquier ambiente en que se desenvuelva encuentra ruido, el cual ha permanecido junto a la humanidad en su caminar por el planeta Tierra.

Se ha estudiado desde la era antes de Cristo la relación del ruido y el hombre, los efectos que produce en él desde orgánicos y psicológicos. Aunque tradicionalmente se sabe que la fuente más común de ruido se encuentra en los lugares de trabajo, cada vez más podemos encontrarlos en la casa, en los espacios de recreación, oficinas, escuelas, y esto provoca que ahora todos los miembros de la sociedad estén siendo afectados sin importar, edad o sexo.

Gran parte de la población mundial labora en las diferentes industrias que producen un sinnúmero de artículos para la vida cotidiana. Es bien sabido que cada fábrica tiene diferentes áreas y por ende varía el nivel sonoro en cada sitio, que influye directamente en los trabajadores. Existen varios estudios a nivel internacional donde queda demostrado el daño que ocasiona el ruido, principalmente a nivel auditivo.

Por esta razón se han ido elaborando desde hace muchos años existe legislaciones sobre los límites permisibles de ruido en un ambiente laboral, y se han realizado medidas contra este contaminante, dentro de los que destacan los silenciadores instalados en la maquinaria y los diferentes protectores auditivos diseñados para disminuir la intensidad del ruido a nivel del oído.

Se han realizado a cabo investigaciones en trabajadores expuestos a ruido desde el industrial, en el medio aeronáutico, en músicos, en transportistas, etc. y se ha encontrado daño auditivo en todos ellos. La exposición constante a ruidos puede generar además de la pérdida auditiva, daño en otros órganos y ocasionar cefalea, cansancio y mal humor. trayendo como consecuencia un bajo rendimiento laboral por otros daños a la salud.

El papel de médico especialista en audiología en el daño auditivo por ruido, es identificar la causa y la extensión de la pérdida auditiva; debe actuar como educador acerca de los riesgos de la exposición al ruido y de las medidas preventivas para preservar la audición; así como tomar decisiones básicas para la rehabilitación del paciente y finalmente, debe ser sensible a los problemas laborales, sociales y emocionales a los que se enfrenta un paciente con esta discapacidad concientizando a la familia y a la sociedad toda de la importancia de cuidar la audición.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS.

Desde mucho antes de la era tecnológica, el ruido era ya considerado como algo irritante y se reconocía la relación entre el ruido y el daño auditivo. Dentro de los primeros registros, hacia el año 60 a.C los habitantes de Sibaris, Antigua Grecia, prohibían el trabajo de metales, el martillado en general y los ruidos molestos dentro de los límites de la ciudad. En el siglo I a.C, Julio Cesar expidió una ordenanza que prohibía que las cuadrigas circularan de noche por las calles de Roma para evitar el ruido. ¹

Posteriormente hacia el siglo I d.C, Plinio el Viejo describe, en su libro "Historia Natural", que las personas que habitaban cerca de las cataratas del Nilo eran totalmente sordas dato citado por primera vez por Bacon en el año 1627, quien atribuía al ruido de las cataratas la pérdida de la audición. Las cataratas eran utilizadas en los "Antiguos Molinos" para moler granos. El agua movía las paletas las que ponían en movimientos bloques de piedra y es esta la causa de la pérdida de audición. ²

Hacia el siglo II d.C, los chinos fabricaban un explosivo altamente lumínico a base de salitre, azufre y resina usado para hacer fuegos artificiales durante las ceremonias religiosas. En el siglo XIII, los Árabes introdujeron el uso de la pólvora en Europa. Fue hasta 1290 que Marco Polo, en sus "Memorias de Viaje", describe "las bolas multicolores y estruendosas de fuego lanzadas a lo lejos por los chinos" cuando eran utilizadas en sus festividades; y terroríficas por su poder destructivo cuando eran utilizadas en las guerras. El uso desde su descubrimiento es un factor de daño auditivo. ³

Francis Lord Bacon, en 1627, estudia prolijamente en su obra clásica, los efectos del ruido intenso y prolongado sobre la audición, describiendo la pérdida auditiva que suele acompañarse de acúfeno.

Bernardo Romazzini, pionero de la medicina del trabajo, en su obra clásica *De morbisartificum* (1713) se refiere a las enfermedades de los obreros del bronce, donde relata que con los años los obreros van perdiendo progresivamente la audición hasta quedar totalmente sordos, y hace la comparación con la población sorda que vivía a orilla del Nilo.

Otra referencia es la de Fosbroke que en 1830 describe la pérdida de audición de los trabajadores de las fraguas y otros autores definen esta patología como la enfermedad de los caldereros.³

Fue hasta 1890 que Haberman describió la falta de células ciliadas, fibras nerviosas y células ganglionares en un obrero metalúrgico sordo, quien murió atropellado por no escuchar el tren. En 1896 Miljutin estudió a un grupo de obreros de telares para evaluar su daño auditivo. Hacia 1907, Wittmaack realizó las primeras investigaciones de nuestro siglo, mediante la evaluación de las lesiones en cobayos expuestos a ruido. (Debas y col).¹

En 1937 C.C.Bunch publicó una extensa monografía sobre la sordera laboral, haciendo hincapié en los problemas médicos, sociales y legales. En 1950 Krier publica una monografía a la que llamó “Los efectos del ruido en el hombre”.

2.2 EFECTOS DEL RUIDO EN EL HOMBRE.

El ruido afecta a todo ser humano en sus diferentes aspectos: orgánico, psíquico y social. Efectos que se han ido recopilando a través de la historia. Los ruidos que llegan al oído producen diversas reacciones físicas tanto auditivas como en otros sistemas.⁴

La reacción más conocida es la de alerta causada por un ruido súbito e inesperado. La cabeza se dirige hacia delante, los músculos de la cara se contraen, se presenta taquicardia, se puede producir diaforesis, aumento de los niveles de glucosa en sangre y se crea un ambiente de angustia y tensión generalizada.

A más de 60dB ocurre midriasis, parpadeo acelerado, cefalea, tensión muscular (principalmente cervical), taquipnea, taquicardia y aumento de la presión arterial. A niveles sonoros mayores de 85dB se presenta disminución de la secreción gástrica, aumento del colesterol y triglicéridos, aumento en los niveles de glucosa, entre otros.⁵

En pacientes con afección cardiovascular los ruidos súbitos intensos pueden ocasionar infartos. Se ha encontrado cambios en el peso corporal, aumento de calcio en la sangre, disminución del magnesio sérico, disminución de la función de las glándulas suprarrenales.

En animales de experimentación se ha encontrado afección del sistema nervioso central caracterizada por desmielinización y aumento del tejido glial. En seres humanos se han encontrado variaciones del comportamiento bio-eléctrico cerebral a nivel del ritmo alfa, ya sea en intensidad o amplitud, dependiendo del tipo de ruido.²

La exposición a ruido ocasiona dificultad para conciliar el sueño, los sonidos de aproximadamente 60 dB reducen la profundidad del sueño, los sonidos de aproximadamente 45 dB dificultan la conciliación del sueño, mientras que los mayores a 60dB reducen la profundidad del mismo, pudiendo despertar al individuo, dependiendo de la fase del sueño en que se encuentre y la naturaleza del ruido.⁶

En las mujeres embarazadas expuestas a ruido se ha encontrado que los productos tienen bajo peso al nacer. Cuando los niños son educados en ambientes ruidosos, éstos pierden su capacidad de atender señales acústicas, sufren perturbaciones en su capacidad de escuchar, así como un retraso en el aprendizaje de la lectura y la comunicación verbal. Todos estos factores favorecen el aislamiento del niño, haciéndolo poco sociable.

Los efectos psicológicos más frecuentes son el estrés, la irritabilidad, síntomas depresivos, falta de concentración, menor rendimiento en el trabajo. El ruido produce alteraciones en la conducta, principalmente agresividad. Ocasiona falta de concentración y de atención en las tareas que se realizan. Se ha relacionado también con disminución del deseo sexual. Los efectos sociales son problemas en la comunicación y aislamiento secundario.⁶

2.3 EFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL SISTEMA AUDITIVO.

El oído humano es el más sofisticado sensor de sonido. El umbral de audición, es decir, la presión acústica mínima que el oído humano puede detectar es 20×10^{-6} N/m². en la frecuencia de 1 kHz. En la banda de frecuencias audibles, que va de 20 Hz a 20.000Hz.

Las ondas sonoras recorren el oído externo hasta incidir en el tímpano, provocando vibraciones, que a su vez son transferidas a la cadena osicular, que trabaja como una serie de palanca; por lo tanto el oído medio actúa como un amplificador. Aún los ruidos fuertes producen sólo movimientos microscópicos en el tímpano. Los sonidos de alta frecuencia lo mueven un décimo del diámetro de la molécula de hidrógeno.

Las vibraciones de la ventana oval generan ondas de presión que se propagan hasta la cóclea, las vibraciones de las membranas basilar y tectoria en sentidos opuestos, estimulan a las células al producir señales eléctricas. Las ondas recorren distancias diferentes a lo largo de la cóclea, con varios tiempos de retraso, dependiendo de la frecuencia del sonido. ¹

La pérdida auditiva inducida por ruido es un problema que ha ido en incremento, conforme la civilización ha avanzado. Con el transcurrir de los años, con la industrialización y la falta de conciencia este padecimiento aumenta día a día. Se estima que un tercio de la población mundial padece algún grado de sordera causada por exposición a ruidos de alta intensidad. ⁷

En términos generales podemos definir al ruido como un sonido desagradable y molesto, con niveles excesivamente altos que son potencialmente nocivos para la audición. El ruido es un elemento altamente contaminante del ambiente sonoro que nos rodea, y que preocupa por su condición de agente nocivo sobre la audición. Como consecuencia del ruido a nivel laboral y social, un tercio de la población mundial ve afectado su calidad de vida. ⁴

Existen varios mecanismos de exposición a un ambiente ruidoso, esto puede ser de manera continua, fluctuante, intermitente o impulsiva y dependerá de ello la profundidad y la rapidez con la que se desarrolle la pérdida auditiva, aunque en cualquiera de estos casos, es lamentablemente irreversible.

El sitio primario de lesión es a nivel de las células ciliadas externas del órgano de Corti; en algunos casos, las células de sostén también pueden verse afectadas. Dependiendo de los estímulos (intensidad, duración, frecuencia, tono, horario etc.) el ruido puede causar daño a las células ciliadas que van desde su destrucción total a lesiones en alguna de sus supraestructuras; sin embargo, cualquiera que sea el daño, se traduce en alteraciones en la función auditiva.⁷

La pérdida auditiva ocasionada por un ruido se divide clásicamente en trauma acústico y la hipoacusia neurosensorial inducida por ruido. El trauma acústico es causado por un ruido único, de corta duración pero de muy alta intensidad y resulta en una pérdida auditiva repentina y generalmente dolorosa. Mientras que la hipoacusia neurosensorial inducida por ruido ocurre por exposición crónica a ruidos.⁴

2.3.1 TRAUMA ACÚSTICO

El daño auditivo se produce cuando el incremento de la presión en el sonido es superior a los límites de resistencia anatómica y/o fisiológica del oído medio y del oído interno (mayores a 80dB NPA). Las estructuras celulares del órgano de Corti pueden sufrir alteraciones transitorias determinadas por ascensos o descensos del umbral mínimo de audición, que caracterizan el fenómeno de “perturbación temporal del umbral”, daños que son reversibles.

Dependiendo de la magnitud de la presión acústica, la membrana timpánica puede romperse o producirse luxaciones en las articulaciones de la cadena osicular. El impacto sobre los líquidos del oído interno puede destruir parcial o totalmente la membrana basilar o la membrana de Reissner, así como las estructuras del órgano de Corti. La complicación más común de una perforación de la membrana timpánica es una otitis media supurada, que puede evolucionar a otitis media crónica adhesiva irreversible.⁸

Después de una exposición al ruido, los cambios anatómicos van desde una ligera inflamación o deformación de las células pilosas externas, hasta el daño completo del órgano de Corti y/o la ruptura de la membrana de Reissner. La endolinfa puede estar llena de detritos provenientes de las células pilosas destruidas, además del edema de la estría vascular que aparece a la hora de la exposición y puede persistir por varios días. Se puede producir una alteración o lesión de los receptores vestibulares debido a que los líquidos contenidos en el laberinto posterior pueden comprimirse violentamente, en proporción directa a la presión acústica generada.⁹

Las manifestaciones clínicas dependen de la magnitud del sonido transitorio al que el individuo se expone. Si el sonido es de 80dB o mayor, el cuadro clínico se caracteriza por otalgia y algiacusia, las cuales pueden ser unilaterales o bilaterales dependiendo de las circunstancias y mecanismos del accidente. La intensidad del dolor depende de la presión acústica generada por la fuente y de la distancia de

ésta al oído. Si ocurre ruptura de la membrana timpánica se presenta otorragia. La intensidad del acúfeno, casi siempre de tono agudo, depende de la magnitud del sonido. En cuanto a la audición se puede presentar una perturbación temporal o permanente del umbral.¹⁰

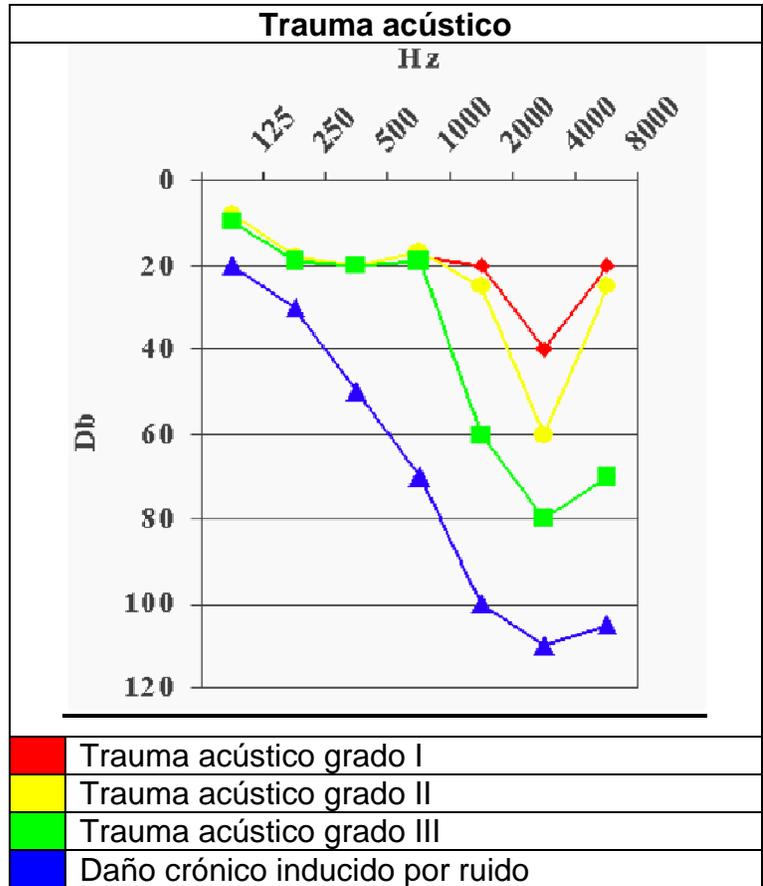
La perturbación temporal del umbral se caracteriza por hipoacusia que puede ser leve a profunda, con duración de minutos a horas. La perturbación permanente corresponde a la disminución de la audición de magnitud variable e irreversible, que es ocasionada por la destrucción parcial o total de las estructuras del oído interno y en ocasiones del oído medio. Se puede presentar vértigo si se expuso a sonidos muy intensos, tales como detonaciones o explosiones.

Para su diagnóstico se requiere de un interrogatorio y una exploración física detallados, buscando datos de la exposición al ruido y sintomatología (otalgia, acúfeno, hipoacusia, algiacusia, otorragia y vértigo). La hipoacusia en el trauma acústico agudo se caracteriza por:¹¹

1. De predominio unilateral.
2. La lesión es en el oído medio y/o coclear.
3. Es irreversible cuando hay lesión del órgano de Corti.
4. Se detiene si no hay exposición al ruido.
5. Se obtiene generalmente una curva tonal con desplazamiento en 4000Hz de manera unilateral.

Se puede clasificar la pérdida en tres diferentes grados:

- Trauma acústico de primer grado. Sólo hay desplazamiento del umbral auditivo en la frecuencia de 4000Hz.
- Trauma acústico de segundo grado. Se encuentra afectada la respuesta en otra frecuencia, generalmente en 8000Hz.
- Trauma acústico de tercer grado. Se afecta una tercera frecuencia, la de 2000Hz, aunque pueden afectarse más de tres frecuencias.



Tomado de jmcprl.net

2.3.2 DAÑO AUDITIVO INDUCIDO POR RUIDO (DAIR)

El daño auditivo inducido por ruido corresponde a la pérdida auditiva continua y permanente que se desarrolla en forma gradual a lo largo de los años, como consecuencia de la exposición al ruido ambiental.¹²

La exposición a un ruido, ya sea repetida o de cierta duración da lugar a una lesión del oído interno originando una pérdida auditiva sensorineural. Tanto la lesión coclear, como el cambio de umbral resultante, pueden ser temporales, durando minutos, horas o días, luego de cesado el estímulo.

Determinar la causa de la variación del umbral auditivo en períodos mayores a un año es muy compleja, porque el ruido no es la única causa de pérdida auditiva sensorineural. Es por eso que el termino "inducido por ruido" solo debería aplicarse si se puede demostrar indiscutiblemente que no existe ningún otro motivo que haya provocado el cambio de umbral.¹⁰

Los niveles de audición de las personas sometidas al ruido disminuye más rápidamente en los primeros 15 años, siendo más lenta la pérdida en los años sucesivos. El motivo más simple para justificar esta situación es que su misma sordera lo protege de la sobreactividad celular no así respecto de los microtraumas que las vibraciones causarían en los sistemas celulares y de sostén.¹³

Existen muchas teorías que explican el daño que ocurre a nivel de oído interno por la exposición constante al ruido, entre las que destacan las siguientes:

Teoría Mecánica.

Se ha observado que luego de las exposiciones a ruidos intensos los cambios histológicos varían desde una tumefacción moderada de las células ciliadas externas con picnosis nuclear, hasta ausencia completa del órgano de Corti y ruptura de la membrana de Reissner, la cual es una barrera bioquímica y eléctrica.

Las lesiones tisulares a nivel del órgano de Corti son causadas por una acumulación gradual de micro-traumatismos. Estas micro-lesiones van originando un estrechamiento en el limbo y secundariamente una dislocación en el anclado de la membrana tectoria, consecuentemente se produce una lenta pero inexorable pérdida de las células ciliadas que con la continuación de la exposición generan los sintomas característicos.¹³

Cuanto mayor sea la duración del estímulo, menor será la posibilidad de recuperación y si la exposición es repetitiva, la lesión del oído interno puede producir una pérdida auditiva permanente.

La disfunción o pérdida de la función no necesariamente implica destrucción tisular ya que puede ser el resultado de la acumulación lenta pero continuada de metabolitos a nivel citoquímico y enzimático.

Con la destrucción de las células ciliadas se produce una degeneración secundaria de las células ganglionares y fibras nerviosas en el lugar donde la destrucción celular fue intensa. Sin embargo, Kellerhals y cols, describieron que en aquellas áreas donde la alteración de las células ciliadas es parcial las células ganglionares pueden permanecer casi normales.¹²

En sus investigaciones, Schuknecht reportó que el grado de degeneración de las células ganglionares está en relación directa con la severidad de los cambios en las células de sostén, en particular las células de los pilares del túnel de Corti.⁹

Teoría vascular y líquidos laberínticos.

La alteración de la circulación de los vasos cocleares, particularmente durante el tiempo de exposición al ruido genera una falta de irrigación parcial o total en distintas regiones del oído interno.

Según Vogel y Fowler la bifurcación de la arteria coclear en sus ramas basal y apical corresponde a un espacio de escasa vascularización, lo que facilitaría la lesión, justamente en relación con la región tonotópica coclear de los 4KHz, frecuencia característica de daño por ruido.¹³

Inicialmente no se evidencian alteraciones, pero en la medida que las exposiciones sean severas, la endolinfa puede contener residuos de células ciliadas y otras estructuras destruidas. A los pocos minutos de estímulo ocurre una pronunciada tumefacción de diferentes estructuras y de continuar la exposición se observa edema de la estría vascular, que genera alteraciones en la permeabilidad de los vasos dentro de ella. Thorne y cols. publicaron que si la estimulación se prolonga, genera una alteración definitiva determinando variaciones significativas en la permeabilidad vascular, alteración de la oxigenación y modificación de los líquidos laberínticos.¹²

Los cambios electrolíticos en los líquidos laberínticos ocasionan la pérdida celular. Posterior a la muerte celular, la endolinfa entra en los espacios líquidos del órgano de Corti por el orificio residual de la membrana reticular y ocurre degeneración de las células sensoriales, de sostén y de fibras nerviosas amielínicas.

Teoría Metabólica.

Se ha demostrado en diferentes estudios de la ultraestructura de las células ciliadas, con aumento de volumen por edema, así como en el número de lisosomas, desprendimiento o fusión de los cilios y cariólisis celular. La lesión básica encontrada corresponde a núcleos endoteliales edematosos que ocluyen la luz capilar.¹⁴

Si la exposición sonora interrumpe la continuidad de la lámina reticular, de tal modo que la endolinfa pueda entrar en los espacios endolaberínticos, la alta concentración de potasio que se genera dañaría la membrana celular.¹⁵

Davis y cols. identificaron que la primer zona de la célula ciliada en alterarse corresponde a la zona de contacto con la región cuticular, por lo tanto el contenido citoplasmático comienza su fuga hacia la rampa media. Es probable que el reblandecimiento de los anillos cuticulares, sea el paso previo a la ruptura de las células ciliadas externas y secundariamente de las internas.

Giges y cols. identificaron que el ácido ribonucleico (ARN), el glucógeno y los mucopolisacáridos ácidos se encontraron disminuidos proporcionalmente a la exposición prolongada de un estímulo sonoro y consecuentemente al daño celular.¹²

Bajo la acción del estímulo sonoro intenso el metabolismo de las células sensoriales del oído y las células ganglionares contenido celular de ARN disminuye. La disminución de ARN es progresiva llegando a ser la sexta o séptima parte del valor original luego de dos semanas de estímulo intenso. El gasto de ARN y su restitución, hacen pensar en la existencia de un consumo de proteínas protoplasmáticas en el mecanismo de la audición y una restitución cuando cesa el estímulo sonoro.¹³

Lesión histológica y frecuencias alteradas

La primera frecuencia en verse alterada por exposición a ruido es la de 4000Hz, mientras que el resto permanecen normales. De continuar la exposición se van deteriorando las frecuencias vecinas hasta que el deterioro es total aunque siempre con predominio de la frecuencia mencionada.

La razón de que la frecuencia de 4000Hz sea la primera afectada se cree que se debe a su localización anatómica, ya que se encuentra a unos 8 a 10mm del extremo basal de la cóclea. Esta zona coclear es un punto débil de osificación, de estrechamiento de la lámina espiral y debilidad del riego sanguíneo ya que es donde la arteria coclear se bifurca en una rama basal y otra apical.¹³

Von Bekesy por medio de un oído artificial determinó que las ondas producidas por el movimiento de la platina del estribo no van en forma directa de ventana oval a redonda sino que presentan una zona de “remolinos” cuyo giro será hacia el helicotrema si la frecuencia de estimulación es grave y hacia la ventana oval si son agudos. Los ruidos industriales por su intensidad y características provocan la formación de estos remolinos de ondas que chocan y cambian de signo en la frecuencia 4000Hz, encontrándose la membrana basilar en este punto sometido a una mayor tensión longitudinal y por tanto, más susceptible al daño.⁹

La frecuencia 4KHz se altera más frecuentemente porque el oído externo actúa como un resonador que amplifica en 10dB o más las frecuencias entre 2000 y 5000Hz. El oído medio transmite mejor las frecuencias agudas que las graves. Tanto las notas agudas como las graves producen ondas que al viajar desde la ventana oval hacia el vértice movilizarían siempre el primer tercio coclear. La membrana basilar, en el primer tercio, está muy próxima de la lámina ósea, lo que disminuiría la amplitud del movimiento.¹⁰

Covell y cols.; Davis y cols., desarrollaron una escala de nueve puntos resumiendo los aspectos básicos en la evolución del daño tisular encontrado.

- Nivel 1 y 2: Normal.
- Nivel 3 y 4: Cambios reversibles caracterizados por tumefacción moderada, picnosis de las células ciliadas, redistribución ciliar, vacuolas en las células de sostén (Hansen, Deiters y Claudius), desplazamiento en la fina capa de células en la superficie basal de la membrana. Es probable que todos estos cambios sean reversibles y representen parte de la contrapartida fisiológica de la fatiga auditiva.
- Nivel 5 y 6: Marcada tumefacción y desintegración, picnosis y cariorrexis de las células ciliadas externas, fracturas y fusión de los estereocilios y cilios, vacuolas y separación de las células de sostén y alteración de las células ciliadas internas.

- Nivel 7: Células ciliadas ausentes, células de Deiters separadas de la membrana basilar. No se observan células mesoteliales.
- Nivel 8: Mayor número de las células ciliadas externas ausentes e incluso internas, ruptura de la membrana de Reissner.
- Nivel 9: Células ciliadas totalmente destruidas, el órgano de Corti se encuentra colapsado o ausente.¹⁵

Existen muchos factores que determinan el daño auditivo, desde el tipo de ruido, la intensidad y la duración de la exposición al mismo, así como factores individuales del sujeto expuesto y del ambiente. La intensidad sonora de un ambiente dado está sujeta a diversos factores, entre los que se destacan: el número de elementos mecánicos en actividad, el volumen de los espacios, los materiales empleados en la construcción, las formas de las paredes, etc. Por todo lo mencionado es posible que una industria que genere ruidos menos intensos cause en los operarios más traumatismos. De cualquier manera las industrias más ruidosas son las metalúrgicas y textiles. En los casos de intensidad sonora constante el deterioro aumenta a medida que es mayor el tiempo de exposición, aproximándose a una función exponencial.¹⁶

Los ruidos continuos son menos perturbadores que los intermitentes, ya que la impedancia auditiva puede modificarse, posibilitando una adaptación que no existe para los segundos. Aunque el nivel mayor debería ser de 80dB durante 8 horas, se pueden tolerar intensidades mayores sin consecuencias siempre que las mismas sean ocasionales, esporádicas e interrumpidas por tiempo de recuperación. Lo importante para evitar el DAIR es que al comenzar el día no exista fatiga auditiva residual.¹¹

Los lugares cerrados son potencialmente más nocivos que los abiertos ya que las ondas sonoras se reflejan en las superficies sólidas a las que hacen vibrar por resonancia. Las condiciones atmosféricas también influyen, si el viento se dirige hacia el observador aumenta los efectos del ruido. Si la densidad atmosférica aumenta, incrementa el efecto nocivo.

Se han determinado algunos factores de distinta susceptibilidad individual como la edad, sexo, predisposición familiar, enfermedades concomitantes, entre otros. Se ha demostrado que en los extremos de la vida (neonatos y adultos mayores), el riesgo de pérdida auditiva por exposición a ruido es mayor. El sexo femenino parece ser el menos expuesto, aunque esto puede deberse a que la mayoría de los trabajadores en las industrias son del sexo masculino, habiendo una mayor proporción de hombres expuestos al ruido que mujeres.¹⁴

Cuando hay antecedentes de hipoacusia es más fácil que se produzcan lesiones, aún tan solo por una única exposición al ruido. Si el individuo presenta enfermedades concomitantes, como la otitis media supurada, otomastoiditis crónica, trastornos tubarios y otoesclerosis, se disminuye la pérdida auditiva por ruido. Las influencias tóxicas, entre ellas el tabaco, aminoglucósidos u otros ototóxicos, favorecen las lesiones por ruido.

También se consideran que existen variaciones respecto al color de los ojos y de la piel (trabajadores blancos o negros), relacionando a la melanina intracocular como factor de susceptibilidad.¹⁶

La exposición prolongada a sonidos de gran magnitud ocasiona diferentes manifestaciones clínicas que pueden ser distinguidas en diferentes etapas:

- a. Etapa de instalación o perturbación temporal del umbral. En esta etapa el proceso aún es reversible, corresponde a la fatiga de las células pilosas. No hay destrucción celular. Ocurre en los primeros años de exposición al sonido, generalmente es asintomático aunque en ocasiones puede presentarse acúfeno al final de la jornada laboral.
- b. Segunda etapa. Exposición al ruido por más de cinco años. Al persistir la estimulación y fatiga de las células pilosas ocurren cambios fisiopatológicos en las estructuras celulares que generan destrucción. El daño se localiza al área de la cóclea correspondiente a los 4kHz y zonas vecinas, generalmente no da manifestaciones clínicas. Se puede presentar acúfeno bilateral agudo de moderada intensidad.

- c. Tercera etapa. Exposición durante 10 años aproximadamente, las alteraciones ya son irreversibles. Ya hay destrucción de las células pilosas en zonas antes y después del área de los 4kHz, entre ellas, las comprometidas con el área del lenguaje oral. El paciente refiere hipoacusia moderada, acúfeno persistente de tono agudo, aún de intensidad moderada.
- d. Cuarta etapa. Se presenta cerca de los 20 años de exposición, ya hay lesión de todo el órgano de Corti, menor en la zona de frecuencias graves. Se manifiesta como hipoacusia media a profunda, con acúfenos intensos de tonalidad variable. Puede ocurrir reclutamiento. Se ha demostrado en algunos estudios la presencia de hidropesía endolinfática secundaria al trauma acústico, pudiendo ser causa de un Meniere.^{9,11}

Para su diagnóstico se requiere un interrogatorio y de una exploración física detalladas, así como estudios audiométricos, descartando cualquier otra causa de hipoacusia. Las características de la hipoacusia son:

1. Generalmente es bilateral y simétrica.
2. La lesión es coclear.
3. Es irreversible cuando existe daño de las células pilosas.
4. Se detiene cuando cesa la exposición.
5. Se obtienen curvas tonales de áreas con mayor descenso en 4000Hz.
6. Hay reclutamiento.¹¹

2.4 EVALUACIÓN DEL RUIDO

2.4.1 CURVAS Y CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RUIDO

Los países industrializados tienen sus propias normas y recomendaciones sobre índices y niveles de ruido para diferentes tipos de ambientes laborales; algunas de las más importantes son:

- 1) ISO (Internacional Standard Organization)-R 1996 (1971) y R 1999 (1975)
- 2) BS (British Standard)- BS 4141 (1967)
- 3) NFS (Association Francaise de Normalization)- NFS 31-010 (1974)
- 4) ABNT (Asociacao Brasileira de Normas Técnicas)- NBR 10151 y 10152
- 5) IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente)- Resolución Conama 001 y 002 del 17 de agosto de 1990.

Las normas generalmente tienen en cuenta los parámetros que influyen en la falta de confortabilidad: variación de los niveles y hora del día en la que ocurre la exposición. Existe una tendencia de unificación de todas las normas en una única norma internacional (ISO).¹

2.4.2 CRITERIOS Y NORMATIVIDAD DEL RUIDO EN MEXICO.

NORMA OFICIAL MEXICANA: NOM-I-101/4. CLASIFICACIÓN DE RUIDOS

El ruido es un sonido desagradable o indeseable, generalmente de carácter aleatorio que no presenta componentes de frecuencia bien definidos. Su indeseabilidad está en función de la experiencia adquirida por el ser humano, normada por una serie de factores llamados idiosincrásicos. Se ha demostrado que las características del complejo nivel-frecuencia-tiempo del ruido tiene influencia en las lesiones en el ser humano, además dichas características son esenciales en la elección de una metodología adecuada para su medición, estudio y control, facilitando la jerarquización de los parámetros de investigación y la elección del instrumental apropiado.

La NOM-AA-40-1976 clasifica al ruido de la siguiente manera:

- 1) Ruido Estable: Es aquel que se registra con una variación de su nivel de presión acústica no superior a ± 2 dB.
- 2) Ruido Inestable: Es aquel que se registra con una variación en su nivel de presión acústica superior a ± 2 dB.
- 3) Ruido Sostenido: Es un ruido estable no modificado.
- 4) Ruido Intermitente: Ruido estable recurrente, cuyo nivel máximo se alcanza de manera súbita y después de sostenerse durante 1 segundo o más, desciende también súbitamente seguido de una pausa.
- 5) Ruido Pulsar: Ruido estable recurrente, cuyo nivel máximo se alcanza de manera súbita y después de sostenerse durante menos de 1 segundo, también desciende súbitamente, seguido por una pausa.
- 6) Ruido Fluctuante: Ruido inestable que se registra durante un periodo mayor o igual a un segundo.
- 7) Ruido Impulsivo: Ruido inestable que se registra durante un periodo menor a un segundo.
- 8) Ruido Periódico: Es aquel cuya emisión energética se distribuye isomórficamente el tiempo en forma cíclica y a intervalos regulares.
- 9) Ruido Aleatorio: Es aquel que no cumple con la definición de ruido periódico.
- 10) Ruido Blanco: Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de +3 dB/octava.
- 11) Ruido Magenta: Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de -5 dB/octava.
- 12) Ruido Morado: Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente -6 dB/octava.
- 13) Ruido Rojo: Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente -3 dB/octava.
- 14) Ruido Rosa: Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de 0 dB/octava.

La clasificación se efectúa de acuerdo con las características de distribución de energía acústica respecto al tiempo y de acuerdo con la distribución de las componentes simples de dicha energía.

Clasificación según su distribución temporal.

- Un ruido puede ser estable o inestable, teniendo en cuenta la variación de su nivel de presión acústica durante el lapso que actúa.
- Un ruido puede ser sostenido, intermitente o pulsar, si la variación de su nivel de presión acústica durante su registro, es pequeña (menor ± 2 dB.)
- Un ruido puede ser fluctuante o impulsivo, si la variación de su nivel de presión acústica es grande (mayor ± 2 dB).
- Un ruido puede ser periódico, o aleatorio, teniendo en cuenta la repetición sistemática de su emisión energética.
- Un ruido intermitente, o pulsar, o fluctuante, o impulsivo puede ser a su vez o periódico o aleatorio.¹

Clasificación según su espectro.

Un ruido respecto a su ruidosidad, puede presentar componentes en una banda amplia o en una banda angosta.

- Un ruido puede presentar componentes continuas y no continuas.
- Un ruido de banda amplia o de banda angosta puede ser, a su vez continuo o no continuo.
- La distribución estadística de las componentes simples de un ruido continuo puede ser gaussiana o no gaussiana.
- Un ruido gaussiano puede presentar uno o varios modos superpuestos.
- Un ruido de espectro no continuo puede ser de energía controlada o presentarse sin control alguno de su energía.
- Un ruido de energía controlada puede ser o no un tono puro, o un ruido de espectro de pendiente definida, como los ruidos blanco, rojo, rosa, morado o magenta.

En nuestro país, la norma oficial mexicana NOM-011-STPS-1994 es la que comprende las reglas relativas a las condiciones de seguridad e higiene de las industrias generadoras de ruido, determinando los niveles de ruido y tiempos de exposición que pueden afectar la salud de los trabajadores. (Ver anexo 1)

2.5 LA PLANTA DE ASFALTO DEL DISTRITO FEDERAL

El 28 de Junio de 1956, bajo la regencia del Lic. Ernesto P. Uruchurtu, fue creada la Planta Productora de Mezclas Asfálticas de Mixcoac, la que se ubicó en la Avenida San Antonio 423, colonia Carola, en Mixcoac, Delegación Álvaro Obregón, antecedente de la actual Planta de Asfalto del Distrito, con el propósito de atender la demanda de mezclas asfálticas para la pavimentación de la red vial que iba surgiendo como consecuencia del crecimiento de la Ciudad de México.^{2,16}

Al inicio de sus operaciones en aquella época, contaba con una capacidad de producción de 120 toneladas por hora y para su operación técnica y administrativa se utilizaban los servicios de 25 trabajadores. Desde 1975, sus instalaciones se reubicaron a su actual domicilio, en avenida del IMAN 263, colonia Ajusco, Delegación Coyoacán y en 1988 se constituyó como órgano desconcentrado, adscrito a la propia Secretaría de Obras y Servicios.¹⁶

La Planta de Asfalto tuvo su mayor auge en la década de los setentas, ya que contaba con maquinaria moderna y logró atender la demanda ocasionada por la construcción de los ejes viales, llegando a tener una producción máxima de 11,000 ton/día.

Hacia 1988, la Planta se incorpora al Reglamento Interior de la Administración Pública del Distrito Federal como órgano desconcentrado del gobierno capitalino que depende de la Secretaría de Obras y Servicios. Teniendo como objetivos institucionales:

- Producir mezcla asfáltica, demandada por las delegaciones y direcciones generales de la Secretaría de Obras y Servicios y otras dependencias del Gobierno del Distrito Federal, para sus trabajos de pavimentación, repavimentación y mantenimiento de las vialidades de la Ciudad de México.
- Regular el precio y la calidad de la mezcla asfáltica en el mercado metropolitano. Desarrollar programas de investigación tecnológica para el mejoramiento de su producción.^{2,16}

En la actualidad la unidad Industrial se conforma por dos entidades: la Planta Productora de Mezclas Asfálticas, ubicada en la Delegación Coyoacán que es conocida como Planta Imán; y la Planta Productora de Triturados Basálticos localizada en las cercanías del poblado de Parres (kilómetro 38 + 171 de la carretera federal México – Cuernavaca), en la Delegación Tlalpan.

La Planta productora de Mezclas Asfálticas es la encargada de la trituración de piedra basáltica y la producción de mezcla asfáltica para la construcción y restauración del pavimento de la Ciudad de México. Sus instalaciones están conformadas por dos conjuntos de trituración, los que suman una producción de 375,000 toneladas anuales de triturado basáltico, tres unidades productoras de mezcla asfáltica y 8 unidades de maquinaria pesada que apoyan la producción de triturado a partir de piedra en greña.

La capacidad instalada de producción de mezcla asfáltica es de 4,200 ton./día en dos turnos, lo que significa una producción de 1,050,000 toneladas anuales, al considerar 250 días hábiles.

La Planta productora de Triturados Basálticos es la encargada de la explotación y trituración de roca basáltica. La cantera tiene una vida útil estimada de 20 años de acuerdo al volumen de roca basáltica susceptible de explotación en el predio. Cuenta con dos conjuntos de trituración y 20 unidades de maquinaria pesada para realizar los trabajos de extracción de roca mediante el uso de explosivos, y tiene una capacidad de producción de 2,500 ton./día en dos turnos, lo que significa una producción de 625,000 toneladas anuales, al considerar 250 días hábiles.¹⁶

Los trabajadores de la Planta de Asfalto son rotados en las diferentes áreas de trabajo, por diferentes periodos. Es por esto que son capacitados en las diferentes actividades de explotación y trituración de la piedra basáltica, así como en la producción de mezcla asfáltica.



Planta de Asfalto del D.F.

Tomado de www.obras.df.gob.mx

3. METODOLOGÍA

3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Cuáles son los efectos del ruido sobre la audición de los trabajadores de la Planta de Asfalto de la Ciudad de México?

3.2 OBJETIVO GENERAL.

Detección de los efectos del ruido sobre la audición de los trabajadores de la Planta de Asfalto de la Ciudad de México.

3.3 OBJETIVOS SECUNDARIOS.

Analizar el grado y tipo de hipoacusia obtenido por las curvas audiométricas.

Valorar la correlación de los años de exposición al ruido y el daño auditivo

Determinar el nivel de máxima discriminación fonémica mediante la logaudiometría.

Detectar otras patologías auditivas no relacionadas a la exposición al ruido.

Examinar los hallazgos de la timpanometría.

Valorar los reflejos estapediales y la presencia de reclutamiento.

Determinar comorbilidades.

3.4 JUSTIFICACIÓN.

Se han reportado diversos estudios en diferentes tipos de industrias, haciendo hincapié en los efectos generales del ruido sobre la salud y principalmente a nivel del oído.

Se estima que un tercio de la población mundial padece algún grado de hipoacusia causada por exposición a ruidos de alta intensidad. En los Estados Unidos de Norteamérica, la pérdida auditiva por exposición a ruido de origen

industrial es una de las diez enfermedades ocupacionales más frecuentes, y se estima que más de 20 millones de trabajadores de la producción están expuestos a ruidos peligrosos que podrían causar sordera.

En México la frecuencia de la sordera traumática fue de 19 286 casos registrados durante el periodo de 1982 a 1996, y en 1996 estas enfermedades representaron 49.9% del total de las enfermedades ocupacionales registradas.

La exposición al ruido tiene efectos más importantes de los que podamos pensar, ya que la incapacidad para la comunicación reduce la calidad de vida del ser humano y su socialización, representa además un alto costo económico y afecta a la sociedad entera.

Tradicionalmente la fuente más común de ruido se encuentra en los lugares de trabajo; actualmente se considera que 600 millones de trabajadores, a nivel mundial, se encuentran expuestos a ruido laboral. Se ha reportado en otras investigaciones una alta incidencia de daño auditivo, y a pesar de que por normatividad se indica la valoración audiológica de los trabajadores, ésta generalmente no se lleva a cabo y cuando se realiza no se informan los resultados.

3.5 MATERIAL Y MÉTODO.

Diseño

Estudio observacional, prospectivo y transversal.

Población

Trabajadores de la Planta de Asfalto de la Ciudad de México que cumplan los criterios de ingreso al estudio.

Criterios de selección de la muestra:

Criterios de inclusión:

1. Trabajadores femeninos y masculinos.
2. Mayores de edad.
3. Trabajadores de la Planta de Asfalto de la Ciudad de México que deseen participar en el estudio

Criterios de exclusión:

1. Todo aquel sujeto que no desee voluntariamente participar en el estudio.
2. Antecedente heredofamiliar de patología auditiva.
3. Antecedente de exposición a otra fuente de ruido.

Criterios de eliminación.

1. Que no concluyan sus estudios.

Definición de las variables

Independiente: Exposición a ruido laboral en la Planta de Asfalto de la Ciudad de México.

Dependiente: Hipoacusia neurosensorial.

Otras variables:

1. Edad
2. Sexo
3. Años de exposición a ruido
4. Comorbilidad
5. Timpanometría
6. Reflejos estapediales
7. Reclutamiento

Definiciones conceptuales.

Ruido: Sonido desagradable o indeseable, generalmente de carácter aleatorio que no presenta componentes de frecuencia bien definidos.

Exposición a ruido laboral: Es la interrelación del agente físico ruido y el trabajador, en un ambiente laboral.

Hipoacusia Neurosensorial: Pérdida de la capacidad auditiva parcial o total, causada por la afección del órgano de Corti, nervio coclear o por patología central.

Edad: Tiempo de existencia desde el nacimiento.

Sexo: Características biológicas que definen a un ser humano como hombre o mujer.

Años de exposición a ruido: Tiempo en el que existe la interrelación del agente físico ruido y el trabajador, en un ambiente laboral.

Comorbilidad: Toda patología que presente un paciente diferente a los problemas audiológicos.

Tipo de timpanograma: Los descritos por Liden y Jerger, siendo curvas A, As, Ad, B y C.

Reflejo estapedial: Contracción del músculo del estribo consecuente a la exposición a ruido de intensidades elevadas.

Reclutamiento: Fenómeno paradójico basado en la capacidad que poseen algunos oídos hipoacúsicos de no percibir el sonido a intensidades normales, mientras que por encima del umbral tienen capacidad para oír igual o mejor que un oído normal.

Definiciones operativas.

Ruido. Obtenido por cuantificación con el sonómetro y dosímetro.

Hipoacusia neurosensorial: Obtenida mediante la audiometría. (Anexo 3)

Edad: Se obtiene mediante restar a la fecha actual, la fecha de nacimiento.

Sexo: Se evalúa mediante la observación de los caracteres fenotípicos del sujeto.

Años de exposición al ruido: Tiempo de antigüedad laboral registrada en recursos humanos de la Planta de Asfalto de la Ciudad de México.

Comorbilidad: Interrogatorio directo.

Tipo de timpanograma: Determinado con los valores de presión y complianza medidos con el impedanciómetro. (Anexo 5)

Reflejo estapedial: Obtenido a través de la variación de la impedancia que ocurre como consecuencia de la contracción del músculo del estribo ante estímulos sonoros de alta intensidad. (Anexo 5)

Reclutamiento: Obtenido por la medición del reflejo estapedial con el impedanciómetro. (Anexo 5)

Recursos Humanos:

- Dra. Paulina Concepción Murphy Ruiz, Residente de Audiología, Foniatría y Otoneurología
- Dra. Diana Judith Gutiérrez Tinajero, Médico Adscrito al servicio de Audiología del Instituto Nacional de Rehabilitación
- Dra. y M. en C. Ma. de la Luz Arenas Sordo, Médico Adscrito al servicio de Genética del Instituto Nacional de Rehabilitación

Recursos Financieros:

No se requieren.

Recursos materiales:

- Infraestructura del Servicio de Audiología del Instituto Nacional de Rehabilitación
- Consumibles de papelería.
- Consumibles de laboratorio.
- Audiómetro, impedanciómetro, otoscopio, computadora, impresora.

Tamaño de la muestra:

Todos los trabajadores de la Planta de Asfalto de la Ciudad de México enviados a valoración audiológica.

Análisis estadístico.

Se realizará estadística descriptiva, media, moda, mediana y rangos, así como grupos de las variables cualitativas y correlación de Spearman para las variables de años de exposición, decibeles de audición y trauma acústico

Procedimiento:

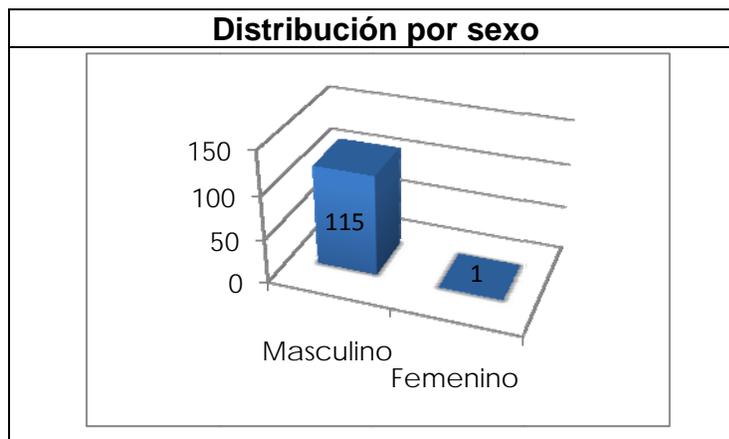
1. Explicación y firma del consentimiento informado (Anexo2)
2. Elaboración de una historia clínica completa (Anexo 3)
3. Exploración física con énfasis en los hallazgos de la otoscopia.
4. Limpieza de oídos en los casos que se requirió.
5. Realización de audiometría tonal, vía aérea y si amerita el caso, vía ósea. (Anexo 4)
6. Obtención de logaudiometría (Anexo 5)
7. Realización de la impedanciometría (Timpanometría y reflejos estapediales). (Anexo 6)
8. Análisis estadístico de los datos.

4. RESULTADOS.

4.1 ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN POR SEXO.

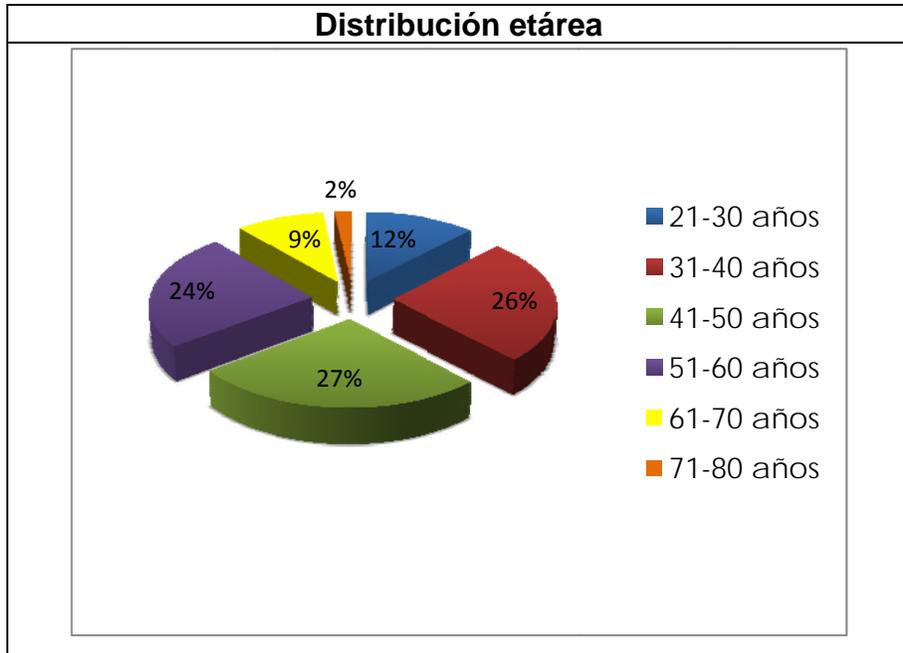
Fueron evaluados 128 trabajadores de la Planta de Asfalto del Distrito Federal, quienes acudieron al servicio de Audiología del Instituto Nacional de Rehabilitación. Se eliminaron 12 trabajadores del presente estudio, ya que no concluyeron su valoración.

La muestra final fue de 116 trabajadores, de éstos únicamente un trabajador correspondía al sexo femenino, quedando la distribución representada en la siguiente gráfica.



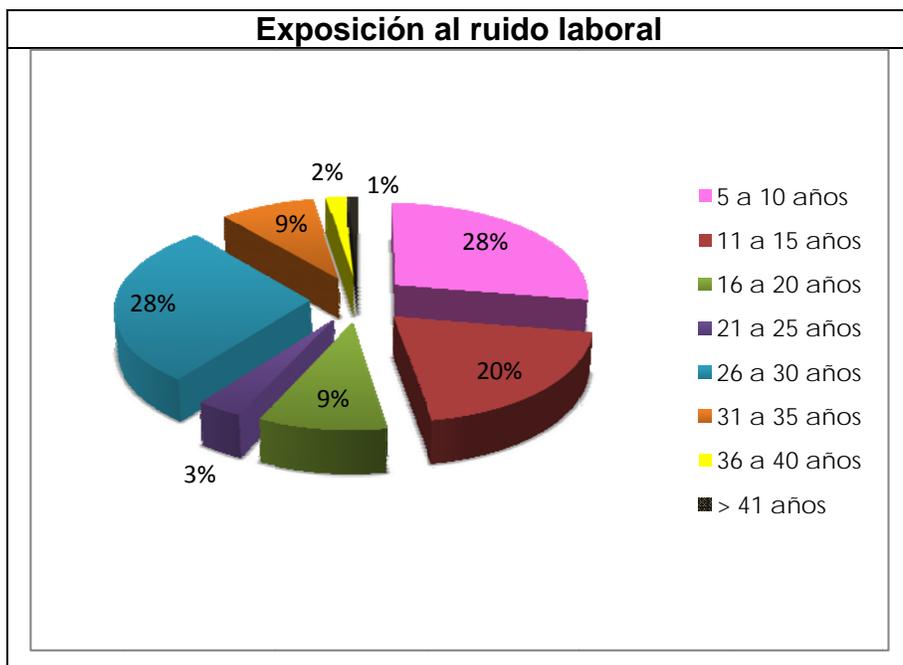
4.2 ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN POR GRUPO ETÁREO

El rango de edad fue de 21 a 80 años. Se realizó distribución etárea por décadas de edad. La mayoría se encontró en el grupo de edad de los 41 a los 50 años (31 individuos-27%).



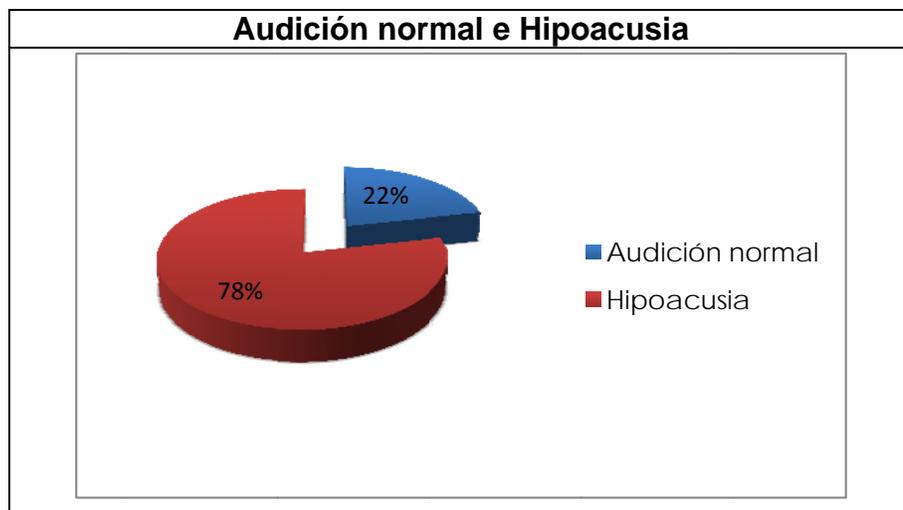
4.3 ANÁLISIS DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL RUIDO LABORAL

El tiempo de exposición al ruido laboral estuvo comprendido entre los 5 y 41 años. Los dos grupos mayoritarios se encontraron entre 26 y 30 años, y 5 a 10 años. El tiempo de exposición se clasificó por lustros.



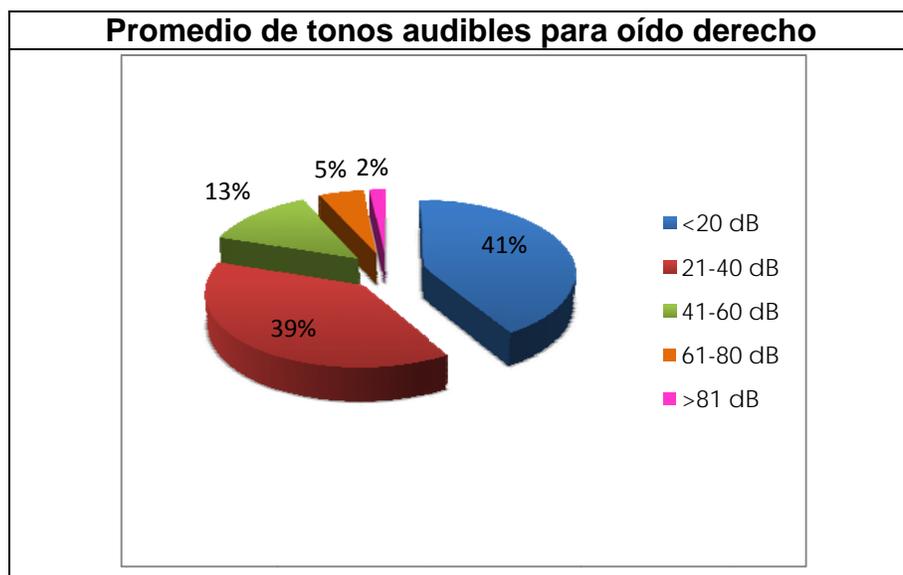
4.4 ANÁLISIS GLOBAL ENTRE AUDICIÓN NORMAL E HIPOACUSIA

El 22% de los trabajadores presentó audición normal, mientras que el resto fueron hipoacúsicos por diferentes causas, que se detallan en otras gráficas.



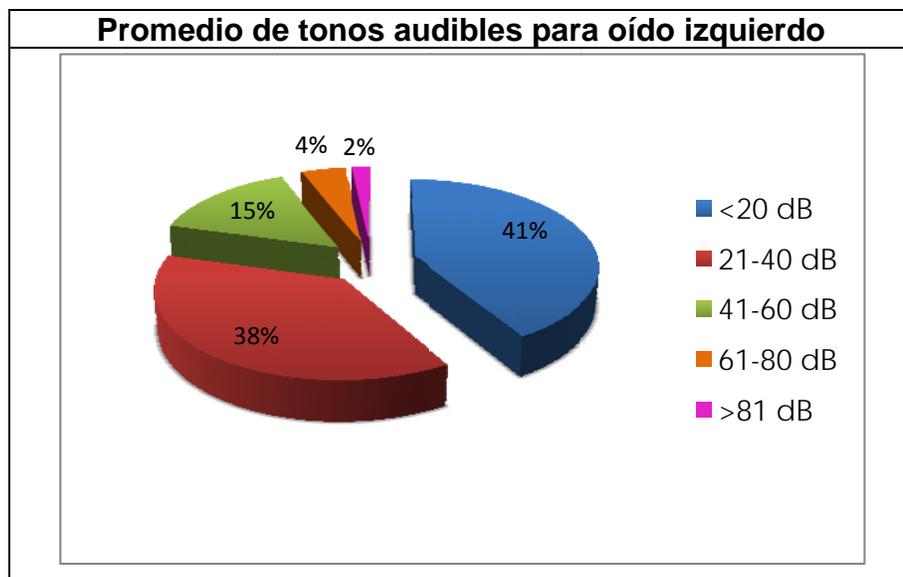
4.5 ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS AUDIOMÉTRICOS (OÍDO DERECHO)

El estudio audiométrico se analizó por oído y al clasificarlo por el grado de pérdida auditiva, el 41% de los trabajadores tuvo un umbral menor a 20dB en el oído derecho, seguido del 39% que tuvieron un umbral auditivo localizado entre 21 y 40dB en el mismo oído. El resto de los trabajadores presentaron hipoacusia de mayor grado.



4.6 ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS AUDIOMÉTRICOS (OÍDO IZQUIERDO)

La pérdida auditiva en decibeles por promedio de tonos audibles para el oído izquierdo presentó una distribución similar a la del oído derecho, quedando el 41% con un umbral menor a 20dB.



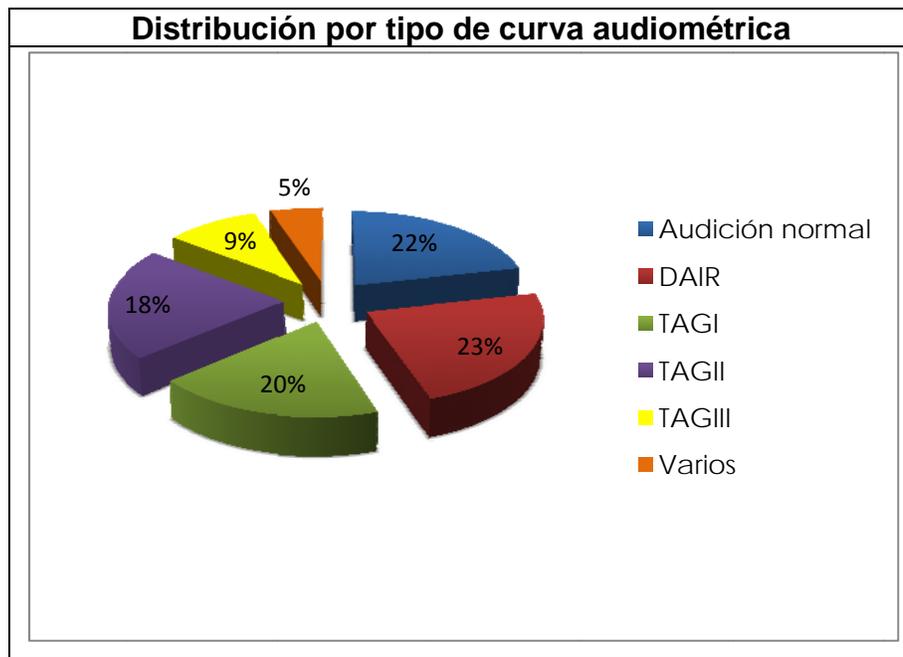
4.7 DIAGNÓSTICO AUDIOMÉTRICO

Con base en la clasificación audiométrica, el 23% de los individuos valorados presentaban daño auditivo crónico por ruido, seguido del 22% que correspondió a audición normal. El resto (47%) correspondieron a trauma acústico.

Seis trabajadores (5%) tuvieron curvas que no pudieron ser clasificadas dentro de un tipo definido, por lo que para fines de la siguiente gráfica pertenecen al grupo de varios, cuyos hallazgos describimos a continuación:

- Un trabajador con un trauma acústico grado I en oído izquierdo e hipoacusia neurosensorial post-infecciosa en oído derecho.
- Un trabajador con otosclerosis bilateral.

- Uno con secuelas de otitis media crónica bilateral
- Un trabajador con hipoacusia neurosensorial post-infecciosa en oído izquierdo y trauma acústico grado II en oído derecho.
- Un trabajador con hipoacusia neurosensorial post-infecciosa en oído izquierdo y daño auditivo inducido por ruido en oído derecho.
- Y por último un trabajador con hipoacusia neurosensorial bilateral multifactorial.



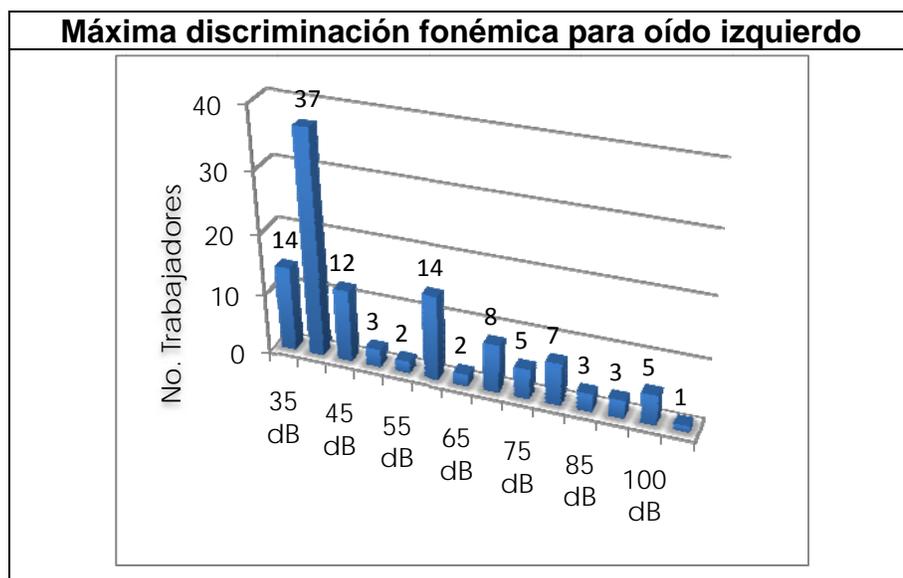
4.8 ANÁLISIS DE LA LOGOaudiometría (OÍDO DERECHO)

Se realizó logaudiometría, reportando los decibeles en los que se encontró la máxima discriminación fonémica al 100%, para oído derecho. 50 oídos presentaron el umbral entre 35 y 40dB.



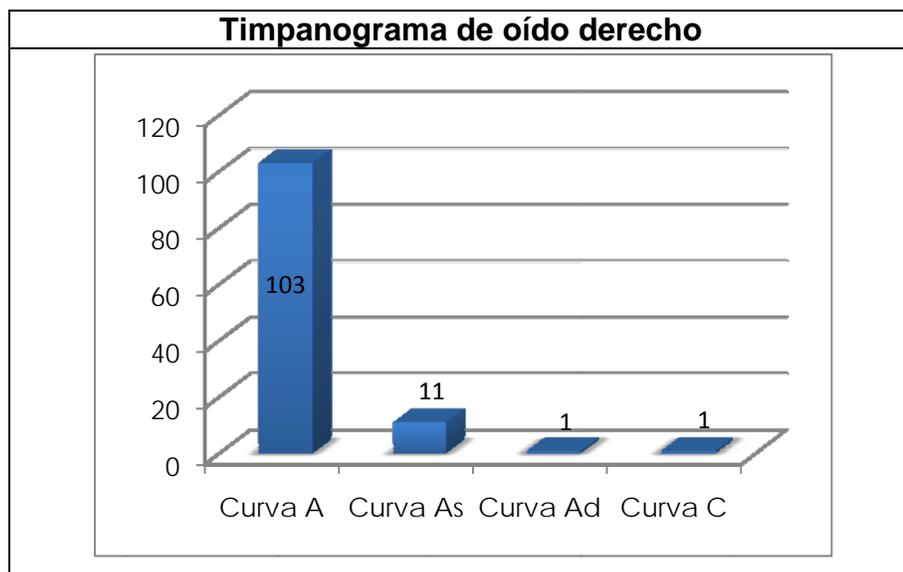
4.9 ANÁLISIS DE LA LOGOaudiometría (OÍDO IZQUIERDO)

Para el lado izquierdo, 51 oídos discriminaron al 100%, en umbrales entre 35 y 40dB.



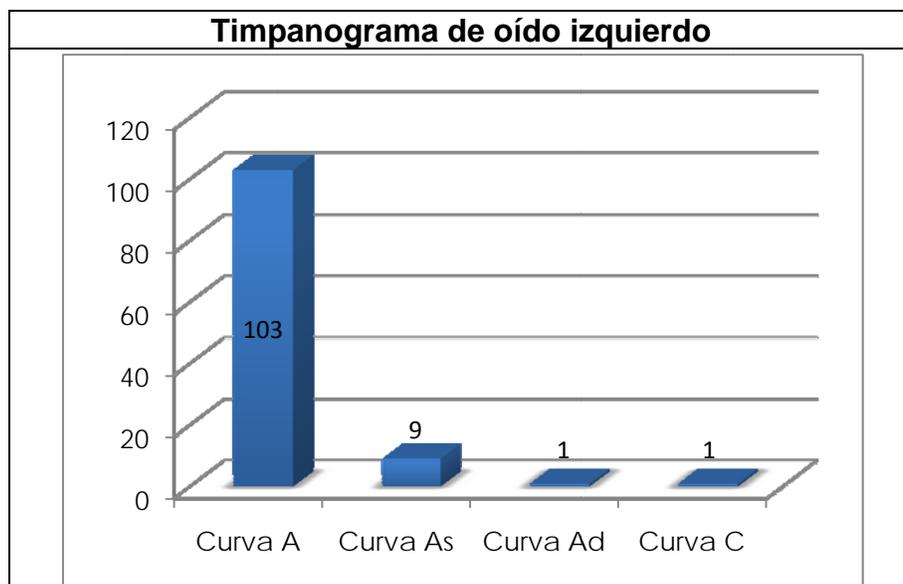
4.10 ANÁLISIS DE LA TIMPANOMETRÍA (OÍDO DERECHO)

En cuanto a la timpanometría para oído derecho, 103 trabajadores tuvieron una curva de presión y complianza normales, que corresponde a la curva tipo A de la clasificación de Jerger.



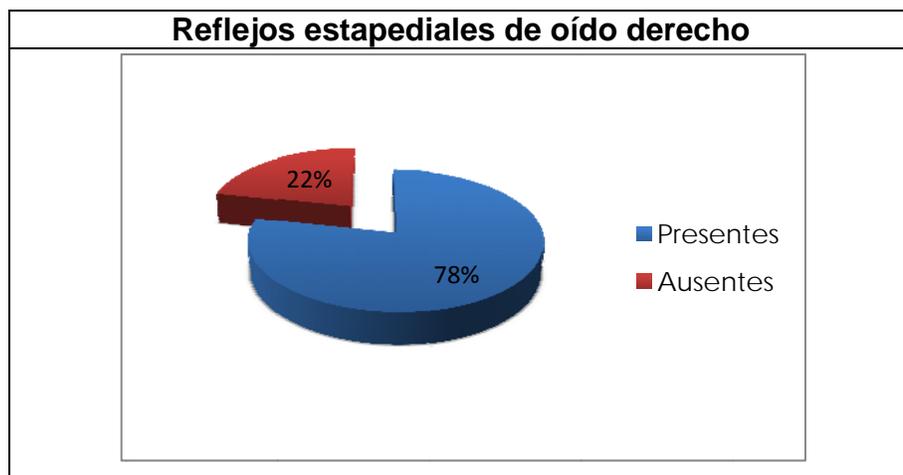
4.11 ANÁLISIS DE LA TIMPANOMETRÍA (OÍDO IZQUIERDO)

Para el oído izquierdo la distribución fue similar a la del derecho, con 103 oídos con curva tipo A de la clasificación de Jerger.



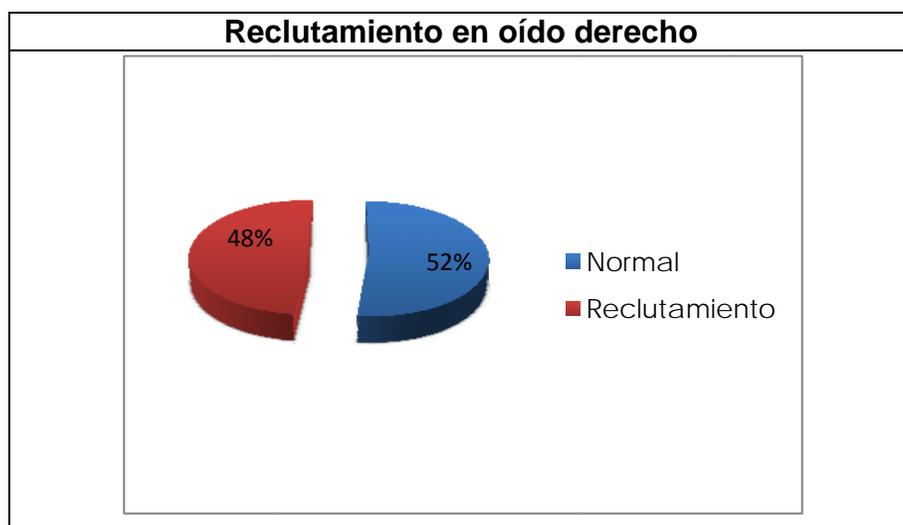
4.12 ANÁLISIS DE REFLEJOS ESTAPEDIALES - PRESENCIA O AUSENCIA (OÍDO DERECHO)

Los reflejos estapediales en oído derecho estuvieron presentes en el 78% de los casos, es decir en 91 oídos, estando en el resto ausentes.



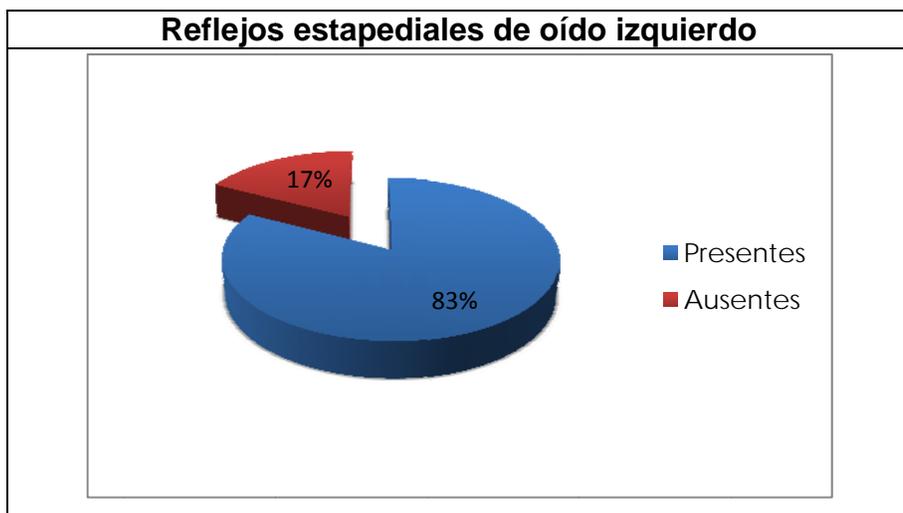
4.13 ANÁLISIS DE REFLEJOS ESTAPEDIALES - CON O SIN RECLUTAMIENTO (OÍDO DERECHO)

De los oídos derechos con reflejos estapediales presentes, el 52% fueron normales, mientras que el 48% se encontraban en intensidades correspondientes a reclutamiento.



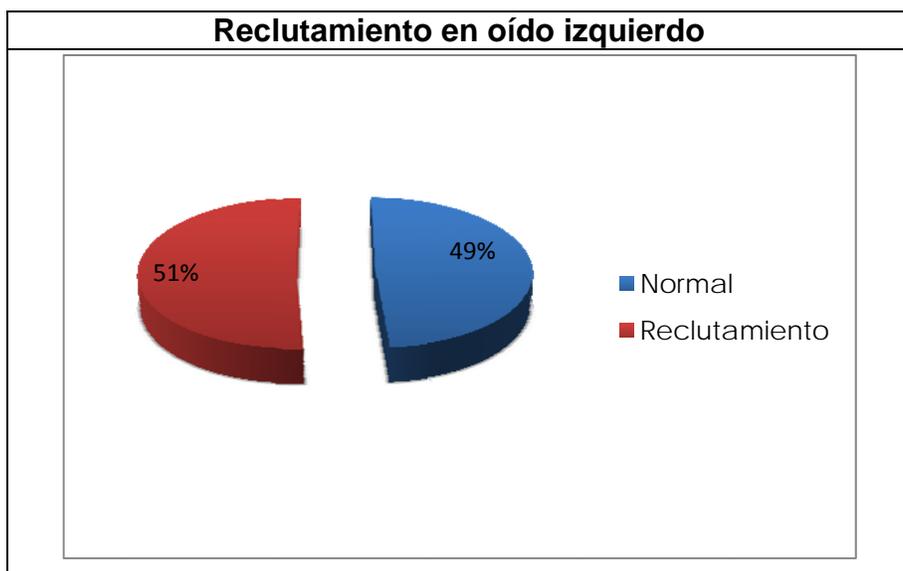
4.14 ANÁLISIS DE REFLEJOS ESTAPEDIALES - PRESENCIA O AUSENCIA (OÍDO IZQUIERDO)

Y en el oído izquierdo, la distribución correspondió al 83% de casos con reflejos presentes y en el 17% se encontraron ausentes.



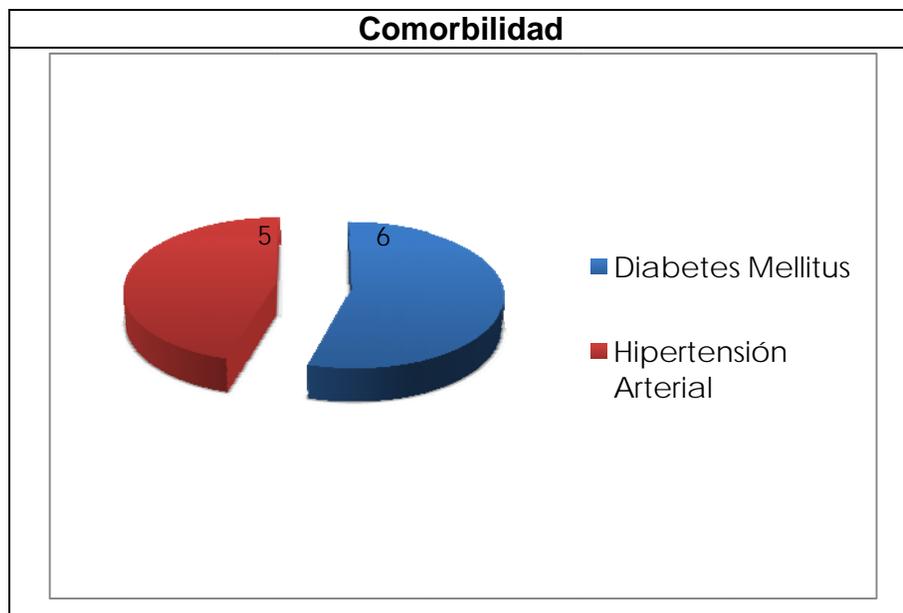
4.15 ANÁLISIS DE REFLEJOS ESTAPEDIALES - CON O SIN RECLUTAMIENTO (OÍDO IZQUIERDO)

De los oídos izquierdos con reflejos estapediales presentes, un 51% presentó respuestas en intensidades de reclutamiento, con un 49% de reflejos estapediales izquierdos normales.



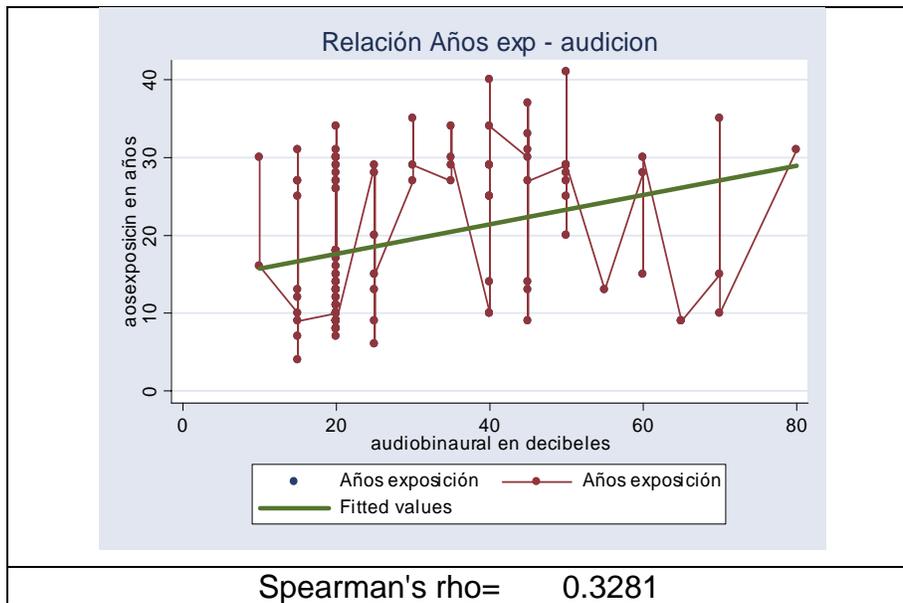
4.16 ANÁLISIS DE LA COMORBILIDAD.

En cuanto a la comorbilidad, 11 trabajadores contaban con alguna patología de base. Seis padecían diabetes mellitus y cinco, hipertensión arterial sistémica.



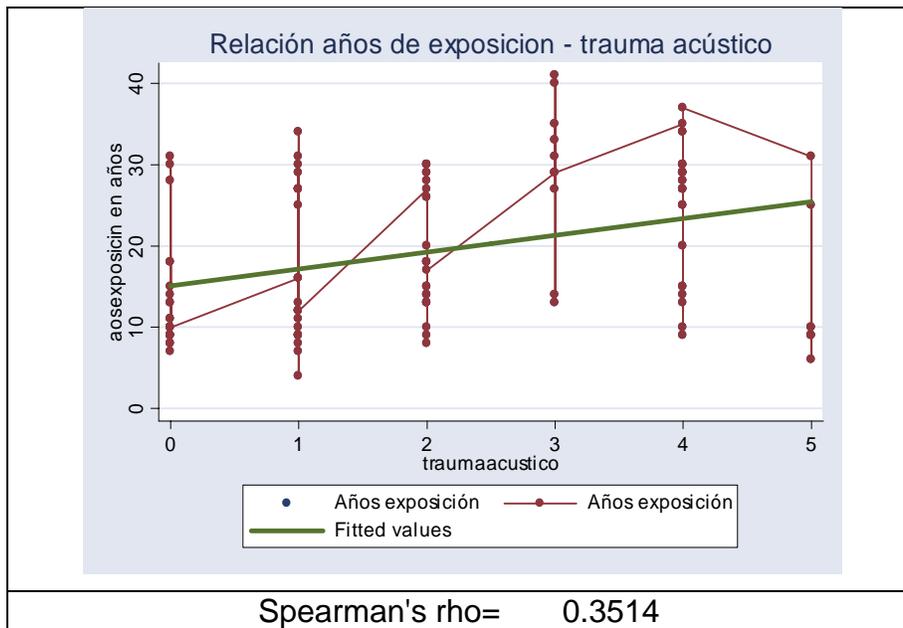
4.17 ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN- AÑOS DE EXPOSICIÓN Y GRADO DE HIPOACUSIA

Se realizó correlación entre los años de exposición al ruido con el grado de hipoacusia por trabajador, de esta manera se encontró que existe una relación pobre entre el tiempo de exposición y la pérdida auditiva, datos que se muestran en la siguiente gráfica.



4.18 ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN- AÑOS DE EXPOSICIÓN Y TIPO DE HIPOACUSIA

De la misma manera se realizó análisis de correlación entre el tipo de hipoacusia y el tiempo de exposición al ruido, encontrando también una correlación pobre.



5. DISCUSIÓN.

Durante el presente estudio fue posible valorar de manera integral a 116 trabajadores, encontrando diferentes hallazgos auditivos, además de la pérdida auditiva secundaria al ruido.

En la mayoría de las investigaciones se reporta una mayor prevalencia de daño auditivo inducido por ruido, tanto agudo como crónico, en el sexo masculino, dato que pudiera representar un sesgo ya que en diversas empresas contratan mayor proporción de hombres por el tipo de labor que se realiza, como sucedió en este estudio, en el que sólo hubo una mujer. Esto ha dificultado el determinar si el sexo es un factor de susceptibilidad decisivo, sin embargo se ha podido observar que el tiempo de recuperación sí es más corto en el sexo femenino, pero no se ha determinado la causa.

El tiempo de exposición al ruido entre los trabajadores fue variable, la gran mayoría llevaba laborando cerca de 30 años, indicándonos que los trabajadores permanecen expuestos al ruido durante la mayoría de su vida. Debido a la rotación de los trabajadores por las diversas áreas de la Planta de Asfalto, se exponen a diferentes intensidades y tipos de ruido, dificultando encontrar la relación estricta entre el tipo e intensidad del ruido y el daño auditivo.

Examinando el promedio de tonos audibles obtenidos por el estudio audiométrico, tanto para oído derecho como para el izquierdo, encontramos oídos con umbrales menores a 20dB, a pesar del antecedente y tiempo de exposición al ruido, lo que se explica principalmente por la individualidad genética que permite que algunas personas cuenten con alguna protección genómica, y otras, por el contrario, sean más susceptibles. Estos datos se corroboraron con el umbral de máxima discriminación fonémica en la logaudiometría.

Al analizar el diagnóstico audiométrico de ambos oídos, encontramos que el 23% de los trabajadores tenían DAIR, seguidos de un 22% de trabajadores con audición normal. La diferencia en los datos encontrados entre el grado y tipo de pérdida se deben a que el ruido no afecta todas las frecuencias por igual, lesionando especialmente las frecuencias de 3000, 4000 y 6000 Hz; usualmente las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz no son afectadas, lo que al realizar el promedio de tonos nos indica rangos de audición normal.

En los timpanogramas predominó el patrón de curva de complianza y presión normales, correspondiente a una curva tipo A de Liden y Jerger. Esto indica que el factor del ruido generalmente no afecta al oído medio, únicamente se han llegado a reportar casos de ruptura de la membrana timpánica en exposiciones agudas a ruidos de alta intensidad. Los hallazgos del timpanograma nos afirman la integridad del funcionamiento del oído medio en la mayoría de los trabajadores.¹⁸

Los resultados de este estudio muestran que el reflejo estapedial en ambos oídos, estuvo presente en el 80% de los casos, de los cuales aproximadamente la mitad presentó datos de reclutamiento, característica que no ha sido estudiada por otros autores. Esto indica que existe un daño a nivel de oído interno, lo que se corrobora con los hallazgos de otros estudios.^{2,12} Se ha reportado que el sitio primario de lesión es a nivel de las células ciliadas externas del órgano de Corti y dependiendo de los estímulos, el ruido puede causar daño parcial o total. La exposición crónica al ruido ocasiona que posteriormente se dañen las células pilosas internas al igual que las de sostén.^{9,18}

Entre los trabajadores, 11 presentaban alguna patología de base, seis con diagnóstico de diabetes mellitus y cinco con hipertensión arterial sistémica. Estas dos comorbilidades afectan la audición, generalmente disminuyendo la irrigación sanguínea a nivel del oído interno, datos que han sido reportados en diversos estudios.¹⁹ El bajo porcentaje de trabajadores con estas enfermedades nos permiten considerar que las alteraciones auditivas encontradas pudieran ser, principalmente, resultado de la exposición al ruido.

Encontramos correlación pobre entre los años de exposición al ruido y la magnitud de la pérdida auditiva con una rho de Spearman de 0.3281, así mismo con los años de exposición y el tipo de daño auditivo, cuya rho de Spearman fue de 0.3514. Ambas aunque pobres, fueron positivas.

La susceptibilidad individual varía enormemente, incluso pueden existir alteraciones genéticas en la cóclea que contribuyan a esta susceptibilidad. Aunque hay una enorme lista de factores predisponentes, tales como el tabaquismo, enfermedades cardiovasculares, diabetes, hipercolesterolemias, etc. muchos son inespecíficos; otros, como la pigmentación de la piel o la edad, se han reportado como decisivos. Otro factor considerado como determinante es el antecedente familiar de hipoacusia, ya que se ha encontrado que al existir familiares en primer grado con daño auditivo es más probable que se produzcan lesiones, aún por una única exposición al ruido.²⁰

Uno de los trabajadores presentó otoesclerosis, sin datos de daño por ruido, probablemente por la protección que la primera le confirió al estar disminuidos los umbrales auditivos, como ha sido informado en algunos casos, pero no se ha podido determinar con precisión.²¹

Considerando que en la mayoría de las situaciones el ruido aparece como un efecto no deseado, y que conlleva a producir daños a la salud de las personas, debemos considerarlo como un factor de contaminación ambiental tan preocupante como cualquier otro y por tanto, dedicar esfuerzos y recursos necesarios para controlarlo y mantener las intensidades en niveles aceptables.

El factor ruido causa un defecto orgánico en el oído interno que a la vez desarrolla una alteración funcional que puede ocasionar discapacidad auditiva, que representa una minusvalía que no puede ser curada a través de los tratamientos médicos, quirúrgicos o rehabilitadores. Esto, conduce a una disminución de la calidad de vida por parte del paciente y, además conlleva a un alto costo económico para el paciente y la sociedad.²

Los datos encontrados deben ayudar a hacer valer la legislación o para permitir establecer nuevas estrategias para mejorar las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. Aunque no fue un dato que se solicitó con detalle en la presente investigación, el uso de protectores auditivos en las áreas de trabajo es obligatorio por norma. A pesar de esto, muchos trabajadores referían que no los utilizaban o si los usaban no era de la manera adecuada (tipo y uso), algo que contribuye a que el daño por ruido sea mayor.^{22,23}

Los programas aplicados en las industrias deben estar encaminados a prevenir la pérdida de la audición inducida por ruido y otros efectos a la salud derivados de la exposición y por consiguiente se reduce el ausentismo laboral, mejora la productividad y las condiciones administrativas de las empresas.^{2,24}

6. CONCLUSIONES.

El ruido es un factor de riesgo a la salud, principalmente a nivel auditivo. El que se genera por la actividad humana es parte de la contaminación ambiental que afecta seriamente a nuestro entorno.

No fue posible determinar la relación de la exposición al ruido con el daño auditivo dependiendo el sexo de los trabajadores, ya que sólo uno de los participantes correspondió al sexo femenino. Es posible inferir que en la actualidad predominan los obreros del sexo masculino en las industrias y por ende son los más afectados.

El diagnóstico audiométrico fue variable, siendo más frecuente el daño auditivo inducido por ruido.

El 78% de los trabajadores estudiados presentó hipoacusia, en su mayoría por la exposición al ruido.

El 22% de los trabajadores presentaron promedio de tonos audibles menor a 20dB, incluidos aquellos con trauma acústico grado I y grado II.

En el daño auditivo inducido por ruido la lesión se presenta a nivel del oído interno principalmente, dato que se apoya por la integridad del oído medio en la mayoría de los trabajadores.

Es frecuente la presencia de reclutamiento valorado por la intensidad a la que se presenta el reflejo estapedial en los trabajadores expuestos a ruido, dato importante para determinar el tipo de adaptación protésica.

Se presentaron pocos casos de comorbilidad en los trabajadores, por lo que se concluye que el daño auditivo encontrado se debió principalmente a la exposición al ruido.

Existe una correlación positiva pero pobre entre los años de exposición a ruido y el grado de hipoacusia, así como entre el tiempo de exposición y el tipo de daño, debido a la influencia de la susceptibilidad individual. Será necesario en estudios posteriores considerar otros factores que influyan en el daño por ruido.

No fue posible determinar la intensidad y tipo de ruido específicos para cada trabajador, ya que por reglamento de la empresa, los empleados son rotados por las diferentes áreas que integran la Planta de Asfalto.

Se debe considerar en futuras líneas de investigación no sólo los efectos auditivos, sino también los generales en la salud humana.

Es importante revisar de manera detallada, en futuros estudios, la eficacia de los protectores auditivos e insistir en su uso.

7. ANEXOS

ANEXO 1. NORMA OFICIAL MEXICANA: NOM-011-STPS-1994. RELATIVA A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO DONDE SE GENERE RUIDO.

1. Objetivo y Campo de Aplicación.

Establecer las medidas para mejorar las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que por sus características, niveles y tiempo de acción sean capaces de alterar la salud de los trabajadores, así como la correlación entre los niveles máximos permisibles de ruido y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo.

2. Referencias.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículo 123 Apartado "A" fracción XV.

Ley Federal del Trabajo, artículos 512 y 527.

Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Título Octavo, Capítulo II artículo 140.

3. Requerimientos.

3.1 Para el Patrón.

3.1.1 Efectuar el reconocimiento y la evaluación a fin de conocer las características del ruido y sus componentes de frecuencia, así mismo, cumplir con las medidas de control necesarias para prevenir alteraciones en la salud de los trabajadores expuestos, tomando en cuenta la naturaleza del trabajo y en su caso lo siguiente:

A) Las características de las fuentes emisoras.

B) Las características del ruido en lo que respecta a magnitud y componentes de frecuencia.

C) Las características, tiempo y repetición de la exposición de los trabajadores al ruido.

D) Las alteraciones en la salud de los trabajadores que puedan derivarse de dicha exposición.

E) Los métodos generales y específicos de prevención y control.

3.1.2 Conservar, mantener actualizado y exhibir a las autoridades laborales; cuando le sea requerido el expediente de registro de los niveles: sonoros continuos equivalentes y/o de ruido impulsivo según sea el caso y los tiempos de exposición de los trabajadores; con las fechas y horas en que se practiquen las evaluaciones respectivas, vigilar que no se rebasen los niveles máximos permisibles de exposición a ruido que se indican en la tabla 1 y gráfica 1 de esta NOM-STPS- y adoptar las medidas de seguridad e higiene que sean necesarias para cumplir con lo dispuesto en la presente NOM-STPS-.

3.1.3 Informar a sus trabajadores y la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene de las posibles alteraciones en la salud por la exposición a ruido y orientarlos sobre la forma de evitarlos o atenuarlos.

3.2 Para el Trabajador:

3.2.1 Colaborar en las medidas de evaluación y observar las de control que se establezcan en los centros de trabajo donde desempeñen sus actividades. Cuando la exposición al riesgo requiera el equipo de protección personal auditivo deberá seguir las instrucciones dadas por el patrón.

3.3 La Comisión Mixta de Seguridad e Higiene colaborará en el desarrollo del programa de protección a la audición, en el que se refieren las medidas de control

en esta NOM-STPS-, así como, supervisará el uso del equipo de protección personal auditivo.

3.4 Las autoridades del trabajo, los patrones y los trabajadores promoverán, mediante exámenes médicos iniciales y periódicos, el mejoramiento de las condiciones de salud de los trabajadores que vayan a estar o estén expuestos a ruido en los centros de trabajo a que se refiere esta NOM-STPS- o dichos exámenes se llevarán a cabo con la periodicidad que se requiera, de acuerdo a la exposición de cada caso.

3.5 La Secretaría del Trabajo y Previsión Social, escuchando la opinión de los sectores involucrados y con base en las experiencias disponibles y adecuadas, realizará las investigaciones y los estudios necesarios para actualizar los niveles máximos permisibles a que se refiere la presente NOM-STPS-.

En el Anexo No. 1 Que forma parte de la presente NOM-STPS- para todos los efectos correspondientes, se sugieren los puntos básicos que deberán comprender los exámenes médicos que practiquen a los trabajadores expuestos al ruido.

4 Requisitos.

4.1 Del Reconocimiento.

- A) Identificar las áreas y fuentes emisoras.
- B) Delimitar las zonas donde exista el riesgo de exposición.
- C) Seleccionar el método para efectuar la evaluación en las áreas de trabajo.
- D) Determinar la instrumentación de acuerdo al método seleccionado para efectuar la evaluación en las áreas de trabajo.

4.2 De la Evaluación.

A) Emplear los métodos de evaluación e instrumentos de medición señalados en la NOM-080-STPS.

B) Cuantificar periódicamente en función del riesgo los niveles sonoros continuos y/o de ruido impulsivo, según sea el caso, aplicando cualquiera de los métodos indicados en el Anexo 2 de la presente NOM-STPS-, que forma parte del mismo para todos los efectos correspondientes.

C) Asentar los resultados en el expediente de registro.

4.3 Del Control.

4.3.1 Cuando la magnitud de los niveles de ruido, puedan alterar la salud de los trabajadores, según los niveles máximos permitidos de exposición referidos en la presente NOM-STPS-, se establecerá un programa de conservación de la audición, para lo cual deberán observar, en su orden, las siguientes medidas:

A) Modificar o sustituir la maquinaria o equipo que este alterando el medio ambiente de trabajo con ruido capaz de causar daño a la salud de los trabajadores por otro que no lo cause.

B) Modificar el procedimiento de trabajo.

C) Modificar los componentes de frecuencia con mayor posibilidad de daño para la salud de los trabajadores.

D) Atenuar la magnitud del ruido utilizando técnicas y materiales específicos que no produzcan nuevos riesgos a los trabajadores, procurando:

D.1 Aislar las fuentes emisoras y/o;

D.2 Disminuir su propagación.

E) Desarrollar un programa de utilización del equipo de protección personal auditivo.

F) Manejar los tiempos de exposición de los diferentes trabajadores por jornada de trabajo mediante la rotación de los mismos, a efecto de no exceder los máximos permisibles.

4.3.2 Cuando el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE) en los centros de trabajo, se encuentre comprendido entre 90 y 105 dB(A), el tiempo de exposición de los trabajadores, con jornada diaria de 8 horas, no excederá el consignado en la tabla No. 1, si el resultado de la exposición se encuentra comprendido entre dos de las magnitudes consignadas en dicha tabla, se deberá consultar la gráfica 1 para obtener el tiempo máximo permisible de exposición preciso. Para valores mayores de 105 dB(A) no se permitirá exposición alguna.

4.3.3 Cuando se utilicen equipos de protección personal, en la aplicación de la tabla 1, se deberán considerar los niveles de atenuación que, conforme a la Norma Oficial Mexicana correspondiente, proporcionan dichos equipos, así como el tiempo que estos sean utilizados. El método para determinar la reducción en dB(A), a partir del análisis de frecuencia, será el señalado en el Anexo 3 de esta NOM-STPS-, que forma parte del mismo para todos los efectos correspondientes.

4.3.4 Los centros de trabajo de nueva creación deberán ser planeados, instalados, organizados y puestos en funcionamiento de modo que la exposición de los trabajadores a ruido no exceda los niveles máximos permisibles. Al efecto se observarán las medidas a que se refiere la presente NOM-STPS-.

Tabla No. 1

Tiempo Máximo Permisible de Exposición por jornada de trabajo en función del Nivel Sonoro Continuo Equivalente.

Tiempo (horas)	NSCE dB(A)
8	90
4	93
2	96
1	99
0.5	102
0.25	105

Anexo 1.

1. Introducción.

Las presentes son recomendaciones de los puntos que debieran contemplar los exámenes médicos a realizarse a aquellos trabajadores expuestos a los Niveles Máximos Permisibles de ruido.

2. Exámenes médicos que comprendan principalmente:

A) Antecedentes laborales, con énfasis en la exposición a agentes capaces de dañar el sistema auditivo.*

B) Antecedentes heredo-familiares y personales patológicos que permitan identificar alteraciones previas en el sistema auditivo.*

C) Exploración otoscópica y rinofaríngea.

* A) y B), únicamente examen inicial.

3. Estudio audiométrico que contenga como mínimo:

A) Exploración de vías aéreas en el intervalo de 125 a 8000 Hz.

B) Exploración de vías óseas en el intervalo de 250 a 6000 Hz., y

C) Logaudiometría (sólo que la audiometría tonal se encuentre alterada).

4. Otros estudios complementarios que de acuerdo con los resultados de estudio clínico, se requieran.

5. La periodicidad de los exámenes médicos deberá ser determinada en base a las características del ruido y de la exposición de los trabajadores; en el desarrollo de estos exámenes debiera contemplarse lo mencionado en los puntos 2, inciso "C", 3, incisos "A" y "B" y 4, de este Anexo.

Anexo 6.

Definiciones de los términos y conceptos técnicos empleados en este NOM-STPS-

Decibel: Es una unidad de relación, expresada como 10 veces el logaritmo común (de base 10) del cociente de dos cantidades proporcionales en alguna forma a la potencia acústica. Se abreviará dB. Si el denominador del cociente es una cantidad cuyo valor ha sido previamente establecido, el decibel expresará una forma particular del significado del cociente, denominado nivel.

Exposición a ruido: Es la interrelación del agente físico ruido y el trabajador, en un ambiente laboral.

Frecuencia: La frecuencia de una función periódica es el recíproco del período de la misma. Su unidad es el Hertz (Hz). (ANSI S1.1-1960).

Índice compuesto de exposición al ruido: Es la suma de los índices parciales de exposición al ruido para todos los niveles sonoros durante una semana de trabajo de 40 horas.

Índice parcial de exposición al ruido: Es el índice denominado por un Nivel Sonoro y su duración durante una semana de trabajo de 40 horas.

Nivel de presión acústica (NPA): Es igual a 20 veces el logaritmo decimal de la relación entre una presión acústica y una de referencia determinada. Se expresa en decibeles.

Nivel Sonoro "A": Es el nivel de presión acústica ajustado a la función de ponderación denominada "A", con una presión eficaz de referencia de 20 Micro Pa. Se abreviará NS "A". El Nivel Sonoro se expresará como un número dado en dB(A).

Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE): Nivel Sonoro dB(A) que si estuviera presente durante 40 horas por semana, daría el mismo índice compuesto de exposición al ruido, que los distintos niveles sonoros medidos en una semana.

Presión Acústica eficaz: La raíz cuadrada de la media aritmética del cuadrado de la presión acústica instantánea registrada en un punto y en el intervalo de tiempo de observación dado, el cual es determinado por las condiciones del método particular de medición.

Ruido: Es un sonido desagradable o molesto, generalmente aleatorio que no tiene componentes bien definidos. Es todo sonido que causa molestias interfiere con el sueño, trabajo o que lesiona o daña física o psicológicamente al individuo, la flora, la fauna y a los bienes de la nación o de particulares. Para efectos de esta NOM-STPS- se entenderá como ruido a los sonidos cuyos niveles de presión acústica en combinación con el tiempo de exposición de los trabajadores a ellos, pueden ser nocivos a su salud o bienestar.²⁴

ANEXO 2: CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

México, D.F. a _____ de _____ de 200_

A Quien Corresponda:

Por medio de la presente, hago de su conocimiento que he dado mi consentimiento para que participe en el proyecto:

ALTERACIONES AUDITIVAS SECUNDARIAS A LA EXPOSICIÓN AL RUIDO EN LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE ASFALTO DEL DISTRITO FEDERAL a cargo de la Dra. Paulina Concepción Murphy Ruiz y la Dra. Ma. de la Luz Arenas Sordo, que se realiza en el Instituto Nacional de Rehabilitación, lo cual he aceptado en forma libre y voluntaria. Puedo contactarlas vía telefónica al 59-9910-00 extensiones 18167 y 19402 respectivamente.

Previamente, se me ha explicado en forma satisfactoria que la finalidad es saber si existe daño auditivo por la exposición al ruido. Lo anterior se realizará a través de estudios audiométricos.

Asimismo, se me ha explicado que me es posible solicitar información adicional acerca de los riesgos y beneficios de mi participación, y que estoy en libertad de negarme a participar en el presente estudio, en tal caso la atención que recibo en esta Institución no se verá afectada.

Nombre

Firma

Testigo. Nombre y firma

Teléfono:

Testigo. Nombre y firma

Teléfono:

ANEXO 3: HISTORIA CLÍNICA

Ficha de identificación:

- Nombre
- Sexo
- Fecha de nacimiento
- Lugar de origen
- Residencia
- Escolaridad

Antecedentes Heredo Familiares:

- Hipoacusia
- Problemas de lenguaje
- Enfermedades crónico-degenerativas

Antecedentes personales no patológicos

- Alergias
- Inmunizaciones
- Tabaquismo
- Alcoholismo
- Toxicomanías

Antecedentes personales patológicos

- Cirugías
- Traumatismos
- Infecciosos
- Enfermedades exantemáticas
- Diabetes mellitus
- Hipertensión arterial sistémica
- Exposición a ruido: Años de exposición, horas por día y número de días a la semana, así como uso de protectores auditivos. Se interrogarán sobre la exposición a otras fuentes de ruido tanto laborales (ajenas a la Planta de Asfalto) como recreativas.

Padecimiento de Hipoacusia

- Tiempo de evolución
- Inicio
- Evolución
- Síntomas asociados
 - Acúfeno
 - Plenitud ótica
 - Vértigo
 - Algiacusia y otros.

ANEXO 4: AUDIOMETRÍA TONAL

La audiometría es un estudio fundamental de la audición, el que manifiesta la sensibilidad auditiva en función de una serie de frecuencias que van desde 125 Hz hasta los 8000 Hz, con variaciones usuales entre ellas de una octava. La escala vertical del audiograma describe la sensibilidad auditiva. Esta se conforma de un rango de posibilidades, desde la audición normal, con umbrales promedio entre menos 10 y 25 dB y posteriormente varios niveles de hipoacusia hasta la pérdida total de la audición o anacusia.

Se determina el umbral auditivo, es decir el nivel de presión de sonido mínimo efectivo de una señal acústica la cual produce una señal auditiva. Los umbrales son registrados en el audiograma mediante el método ascendente.

El método ascendente comienza con la familiarización del estímulo, en el que el sujeto evaluado es habituado a la tarea, previo a la determinación del umbral, presentando una señal suficientemente intensa como para producir una respuesta. La familiarización se realiza al presentar un estímulo a 50dB, si no hay respuesta, el estímulo se eleva en 10dB HTML hasta que se obtiene una respuesta.

Después de la familiarización se realiza el procedimiento para determinar el umbral, se comienza la prueba presentando un estímulo 10dB bajo el mínimo nivel de respuesta obtenido en la familiarización, si no se obtiene respuesta, el nivel se aumenta en pasos de 5dB hasta que ésta ocurra, cuando esto sucede la intensidad se disminuye 10dB y se comienza otra serie ascendente. Los tonos presentados deben tener una duración de 1 a 2 segundos y el intervalo entre los tonos debe ser variable, pero no menor la duración del estímulo entregado.

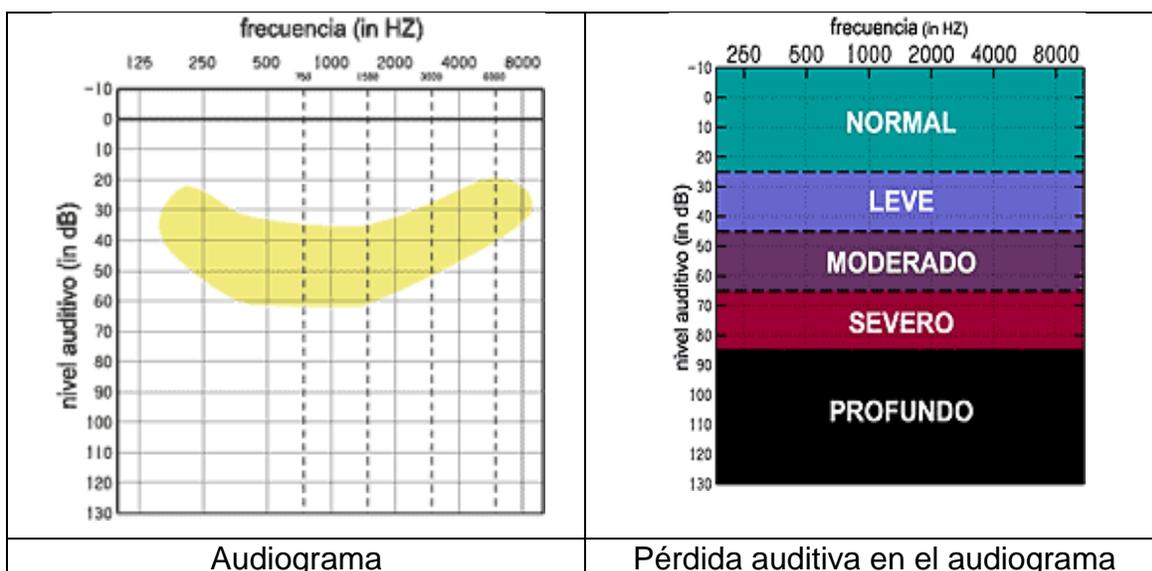
Se considera umbral al menor nivel de intensidad en que ocurren las respuestas en al menos la mitad de las series ascendentes, con un mínimo de respuesta en cada serie.

Una vez obtenida la curva de la vía aérea, se realiza la vía ósea en los casos que lo ameriten, es decir en todo umbral que no corresponda a audición normal. Se coloca el vibrador ósea sobre la zona retroauricular del oído a investigar, teniendo cuidado de que quede bien sujeta sin apretar demasiado; al mismo tiempo se colocan los auriculares sobre ambas orejas.

Una vez hecho esto hay que tomar la vía ensordeciendo el oído opuesto. Se considera que para el enmascaramiento se calcula como la suma de la vía aérea del oído no testado más el efecto de oclusión más tres incrementos sucesivos de 5dB. Una vez hecho esto, se comienza buscando el umbral óseo en el tono de 1000Hz, siguiendo el temperamento explicado para la vía aérea.²⁵

Categoría de pérdidas auditivas.

- 1) Audición normal: si el promedio de audibilidad es menor de 20 dB HL.
- 2) Hipoacusia superficial: si la pérdida auditiva es de 21 a 40 dB HL.
- 3) Hipoacusia media: si la pérdida auditiva es de 41 a 60 dB HL.
- 4) Hipoacusia severa: si la pérdida auditiva es de 61 a 80 dB HL.
- 5) Hipoacusia profunda: si la pérdida auditiva es mayor a 81 dB HL.
- 6) Restos auditivos: respuesta solamente en 4 frecuencias.
- 7) Anacusia: cuando no existe respuesta a la máxima intensidad del audiómetro



Tomado de sld.cu

ANEXO 5. LOGOAUDIOMETRÍA

La logaudiometría definida por Martin en 1987 como “la determinación cuantitativa de la capacidad de un oyente para reconocer sonidos del habla”.

Considerando que los tonos más importantes que entran en la formación de la palabra son principalmente 500, 1000 y 2000Hz, se puede considerar este nivel tonal con objeto de comprender las dificultades de un sonido sordo para comprender la palabra. Mediante la logaudiometría se busca hallar la captación y discriminación del oído para el lenguaje, estableciendo el porcentaje de palabras entendidas correctamente con la necesaria intensidad para que sean medidas y expresadas en decibeles relativos.

La prueba se efectúa como una audiometría común: se coloca al paciente dentro de la cámara sonoamortiguada haciéndole comprender que debe repetir las palabras que se le van a ir pasando a través de los audífonos.

Colocado el enfermo en las condiciones precisas, se le indica que nos diga cuándo comienza a oír la voz, aunque no la entienda. Se comienza a 0dB y se va aumentando de 10 en 10dB; cuando nos avise que oye, aunque no entienda se toma la intensidad. A continuación se advierte que repita las palabras en cuanto crea entenderlas. Se anota la intensidad en que contesta correctamente la primer palabra. Se sigue de esta forma aumentando 10dB y pasando las listas anotando los resultados hasta que llegue a responder el 100% de las palabras o en caso de que no llegue a dicho porcentaje, hasta que el rendimiento del audiómetro no permita continuar la prueba.

Una vez realizada la prueba en la forma dicha, los resultados se anotan en un eje de coordenadas: en las ordenadas se anotan los porcentajes y en las abscisas, las intensidades.

Cuatro umbrales se anotan en el gráfico:

1. Umbral de detectabilidad de la voz: Cuando se oye la voz pero no se entiende.
2. Umbral de detectabilidad de la palabra: Cuando se contesta correctamente la primer palabra.
3. Umbral de captación o inteligibilidad: Es la intensidad en la que se contestan correctamente 50% de las palabras.
4. Umbral de discriminación o de máxima comprensión: En el sujeto normal llega al 100%. Este umbral representa el mayor número de palabras repetidas correctamente.

En el oído normal, corresponde el umbral de la voz a 13dB, el de la palabra a 17, el de captación a 33dB y 56dB el de discriminación.^{25,26}

ANEXO 6. IMPEDANCIOMETRÍA

La impedanciometría es la batería de tests que consiste en timpanometría, producción del reflejo acústico contralateral e ipsilateral y la determinación de la impedancia acústica.

La impedancia es un fenómeno general de todos los sistemas vibrantes, una resistencia a la vibración, a la oscilación, compuesta de elementos variados que presentan relaciones definidas. En el oído medio, se encuentran involucrados todos los elementos que conforman el oído medio: membrana timpánica, cadena osicular, articulaciones, ligamentos, músculos, ventan oval y redonda, líquidos laberínticos y aire del oído medio. Todos estos elementos ofrecen cierta resistencia equivalente en alguna medida a la fricción, rigidez y otorgan a su vez complacencia.

La **timpanometría** es el procedimiento por el cual se pueden determinar los cambios de la complacencia de la membrana timpánica y la cadena osicular por la variada presión de aire en el conducto auditivo externo. Doscientos milímetros de presión de agua son introducidos dentro del conducto auditivo externo obturado, la presión es reducida gradualmente hasta alcanzar un punto donde está la máxima absorción del sonido a través del tímpano y la cadena osicular, punto denominado de máxima complacencia. En el oído externo varía entre +50 y -50 de presión de agua. Se deduce que ésta es la presión de aire en el oído medio.

La presión en el conducto auditivo externo es reducida gradualmente a -400mm de agua. Para graficar la complacencia de la membrana timpánica y de la cadena osicular se utiliza un eje de coordenadas en donde la línea vertical representará la complacencia y el eje horizontal la presión de aire. Así se obtiene el timpanograma.

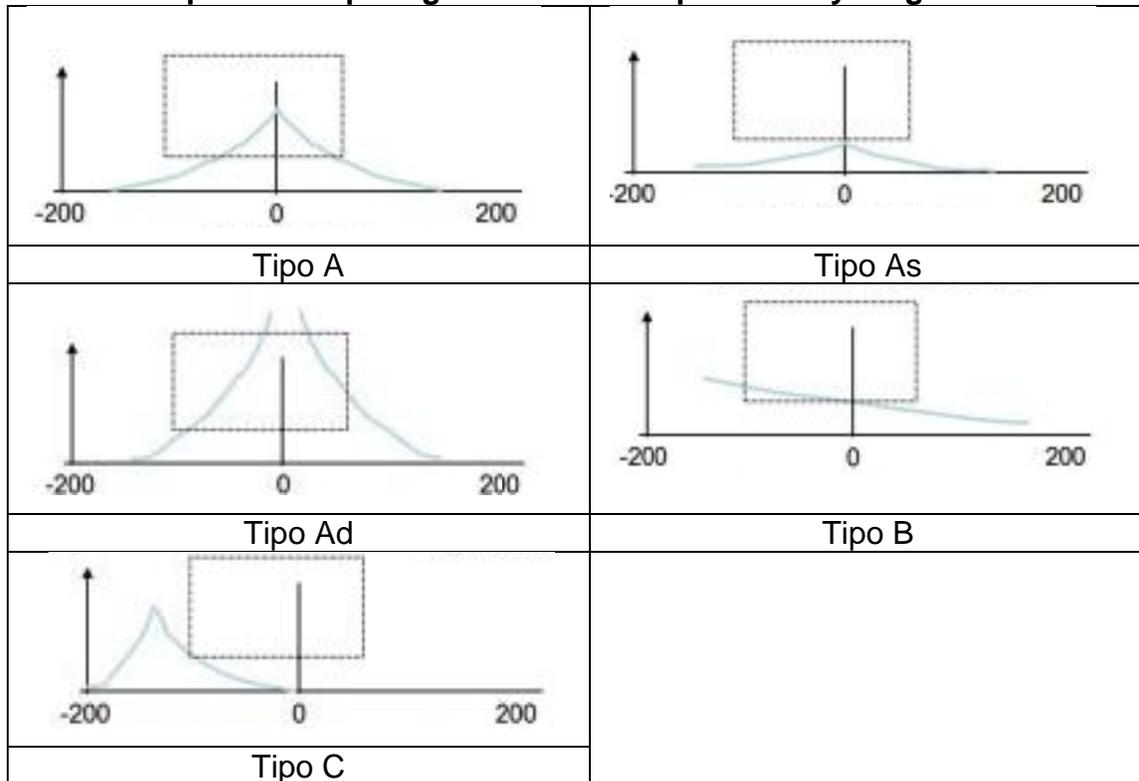
Mediante la timpanometría es posible valorar la integridad del sistema de transmisión del oído medio, estimar la presión del oído medio, estimar el volumen

del conducto auditivo o el oído medio y valorar la función de la trompa de Eustaquio. Las morfologías timpanométricas varían de manera notoria, según el componente de admitancia medido y la frecuencia de tono de la sonda (226 Hz y 678 Hz) que se utiliza para ello.¹⁸

Tipos de Timpanograma de 226 Hz descritos por Liden y Jerger:

- Tipo A. Es normal. La admitancia pico es normal en cuanto a amplitud y presión. Este tipo de timpanograma tiene 2 subdivisiones:
 - Tipo As. Es similar al timpanograma anterior excepto en su amplitud máxima, o admitancia estática, se encuentra reducido, fenómeno típico de rigidez anormal en el oído medio causada por otosclerosis.
 - Tipo Ad. Muestra también una morfología timpanométrica y presión en oído medio normales, pero la admitancia pico es anormalmente alta. Este incremento en la amplitud guarda relación con discontinuidad osicular o patología del tímpano como membranas neoformadas o placas de timpanoesclerosis.
- Tipo B. Es un timpanograma plano característico de líquido en el oído, perforación de la membrana timpánica, permeabilidad de un tubo para igualar presiones o cerumen impactado.
- Tipo C. Se caracterizan por picos a presiones muy negativas, típicamente – 150 daPa. Esta negatividad guarda relación con disfunción de la trompa de Eustaquio.

Tipos de timpanograma descritos por Liden y Jerger



Tomado de ncbi.nlm.nih.gov

El **reflejo estapedial** constituye otra de las pruebas objetivas que comprende el estudio impedanciométrico, a través de éste se observa la variación de la impedancia que ocurre como consecuencia de la contracción del músculo del estribo; el cual se contrae como mecanismo protector ante estímulos sonoros de alta intensidad.^{18,25}

El reflejo acústico es bilateral, consensual; ya que como en todo arco es necesaria una vía centrípeta, el trabajo neural está localizado en el tallo cerebral bajo y consiste en rutas ipsilaterales y contralaterales. El reflejo aparece tras un breve periodo latente, de alrededor 1/10 de segundos.

El procedimiento requiere que se realice una medida de la impedancia acústica en el tímpano y mientras se efectúa el monitoreo se introduce un estímulo acústico en el oído ipsilateral o contralateral.

Si el músculo del estribo se contrae posteriormente al estímulo acústico dará como resultado un aumento en la impedancia acústica, quedando graficada la intensidad a la que se presentó el fenómeno.

Por lo general, el reflejo se presenta cuando la intensidad del sonido está entre 70 a 90dB sobre el umbral del paciente, dependiendo de la intensidad sonora de dicho umbral. De tal manera si el reflejo se desencadena a intensidades inferiores, se deduce que la afección es de tipo coclear (reclutamiento); y si por el contrario el reflejo se desencadena a intensidades mayores de 90 dBSPL, puede considerarse que la alteración es sugestiva de afección retrococlear.¹⁸

En hipoacusia neurosensorial coclear el reflejo estapedial se presenta con un bajo nivel de sensación. En pacientes con reclutamiento la intensidad sonora necesaria para producir el reflejo será inversamente proporcional al grado de reclutamiento, es decir, si un sonido de 20 a 30dB sobre el umbral es percibido con la suficiente intensidad sonora puede despertar el reflejo.

Clasificación del reflejo patológico desde un punto de vista cuantitativo:

- 1) Reclutamiento Parcial: cuando la intensidad necesaria para producir el reflejo oscila entre 65 y 50dB sobre el umbral tonal.
- 2) Reclutamiento Total: cuando la intensidad para provocar el reflejo se encuentra entre los 45 y 30dB sobre el umbral tonal.
- 3) Sobrerreclutamiento. Cuando la intensidad necesaria para producir el reflejo es menor que 30dB sobre el umbral tonal.^{18,25}

8. BIBLIOGRAFIA.

1. Gutiérrez T, Valoración audiológica en despachadores de gasolineras, INCH México 2000
2. Chávez J. Ruido: Efectos Sobre la Salud y Criterio de su Evaluación al Interior de Recintos. *Ciencia y trabajo* 2006; 8:20
3. Martínez M. Efectos del ruido por exposición laboral. *Salud de los Trabajadores* 1995; 3: 2.
4. Lonsbury B, Martín. G. Auditory dysfunction from excessive sound stimulation. In: Cummings. *Otolaryngology Head Neck Surgery*. Cap. 161. 2885-2900.
5. Antonomov, M. Determinación de regularidades dosis-tiempo-efecto. *Gig Sanit* 1988; 6:42-44.
6. Armario A, et al. Chronic noise and water restriction as stress models in relation to food and water intake and hormonal profiles in adult male rats. *Nutrition Reports* 1983; 26:6.
7. López A, Fajardo G, et al. Hipoacusia por ruido: Un problema de salud y de conciencia pública. *Rev Fac Med UNAM* 2000; 43:2
8. Hongzhe L, Steyger P. Synergistic ototoxicity due to noise exposure and aminoglycoside antibiotics. *Noise Health*. 2009; 11(42): 26–32.
9. Goodhill V. *El Oído*. Ed Salvat. España.
10. Krishnamurti S. Sensorineural Hearing Loss Associated with Occupational Noise Exposure: Effects of Age-Corrections. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2009, 6, 889-899.
11. Daniell W, McDaniel M, Camp J. Noise exposure and hearing loss prevention programmes after 20 years of regulations in the United States. *Occup Environ Med* 2006;63:343–351.
12. Giordano C, Garzaro, M, et al. Noise-induced hearing loss and hearing aids requirement. *Acta Otorhinolaryngologica Italica* 2008;28:200-205
13. Evidence-Based Statement. Noise-induced Hearing Loss, *JOEM* 2003; 45, 6.
14. Cotanche D. Genetic and pharmacological intervention for treatment/prevention of hearing loss. *J Commun Disord* 2008; 41(5): 421–443.

15. Bodmer D. Protection, regeneration and replacement of hair cells in the cochlea: implications for the future treatment of sensorineural hearing loss. *Swiss Med Wkly* 2008; 138:708–712.
15. Arganis J. La Planta de Asfalto del Distrito Federal: Una industria comprometida con el cuidado del medio ambiente. México, 2000.
16. Planta de Asfalto del Distrito Federal. Secretaría de obras y servicios de la Ciudad de México.
17. Cohen, E. Impedancia Acústica. Panamericana. Argentina 1985
18. Chamberlain J. Hearing loss and metabolic disorders. *NEJM* 2001; 223:22
19. Organización Mundial de la Salud, Guidelines for community noise, Ginebra, 1999.
20. LePrell C, Yamashita D. Mechanisms of Noise-Induced Hearing Loss Indicate Multiple Methods of Prevention. *Hear Res.* 2007 April; 226: 22–43.
21. Sebastián G, Audiología práctica. Panamericana. Barcelona 1999.
22. Jerry C. The role of expectancies in workers' compliance with a hearing loss prevention program. In: Proceedings of the National Hearing Conservation Association Meeting, 1996;22-24.
23. Norma Oficial Mexicana: NOM-011-STPS-1994. Relativa a las Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se genere Ruido.
24. Katz. Handbook of clinical audiology. Lippincott Williams & Wilkins, 2001
25. McBride DI, Williams S. Audiometric notch as a sign of noise induced hearing loss. *Occup Environ Med* 2001; 58:46 – 51.