



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
DE LA FACULTAD DE QUIMICA

PROGRAMA DE CONSERVACION DE LA
AUDICION EN UNA CENTRAL
TERMoeLECTRICA

TRABAJO ESCRITO



INGENIERO QUIMICO
JUAN APOLONIO GOMEZ RIVAS

México D.F ,

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

INDICE	PAG.
INTRODUCCION - - - - -	1
I EL SONIDO	
1.1 NATURALEZA DEL SONIDO - - - - -	2
1.11 Onda sinusoidal	
1.12 Tipos de ondas sonoras	
1.13 Energía del sonido	
1.2 PROPAGACION Y VELOCIDAD DEL SONIDO - - - - -	6
1.3 CARACTERISTICAS FISICAS - - - - -	8
1.31 Periodo	
1.32 Frecuencia	
1.33 Longitud de onda	
1.34 Amplitud de onda	
1.35 Fase	
1.36 Altura o tono	
1.37 Intensidad	
1.38 Timbre	
1.4 FENOMENOS FISICOS ASOCIADOS CON EL SONIDO - -	11
1.41 Reflexión	
1.42 Refracción	
1.43 Difracción	
1.44 Efecto Doppler	
1.45 Interferencia	
1.46 Pulsación	
1.47 Absorción	

1.48	Resonancia	
1.49	Reverberación	
1.5	UNIDADES DE MEDIDA	18
1.51	Nivel de intensidad acústica	
1.52	Nivel de presión acústica	
1.53	Nivel de potencia acústica	
1.54	Relación de potencia, intensidad y presión de sonido	
1.6	FOCOS O MANANTIALES SONOROS	21
II	EL OIDO Y LA AUDICION	
2.1	EL OIDO	24
2.11	Oído externo	
2.12	Oído medio	
2.13	Oído interno	
2.2	UMBRAL AUDITIVO	30
2.21	Nivel sonoro	
2.3	ANORMALIDADES AUDITIVAS	34
2.31	Sordera de conducción	
2.32	Sordera nerviosa	
2.4	AUDIOMETRO	36
2.41	Audiograma en la sordera nerviosa	
2.42	Audiograma en la sordera de conducción	

III	EL RUIDO	
3.1	DEFINICION	41
3.2	ANTECEDENTES HISTORICOS	41
3.3	PROPIEDADES DEL RUIDO	43
3.4	CLASIFICACION DEL RUIDO	43
3.5	MEDICION DEL RUIDO	45
3.51	Sonómetro	
3.52	Analizador de frecuencias	
3.53	Dosímetro	
3.6	EFFECTOS DEL RUIDO EN EL SER HUMANO	50
3.61	Efectos sobre mecanismo auditivo	
3.62	Efectos generales	
3.7	EXPOSICION ADMISIBLE AL RUIDO	58
3.71	Normas de exposición al ruido	
3.72	Aspectos legales de exposición al ruido	
3.8	EL RUIDO EN UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA	78
3.81	Transformaciones de energía en una central de generación eléctrica	
3.82	Centrales Termoeléctricas	
3.83	Equipo de una central termoeléctrica	
3.84	Central ciclo combinado Tula	
3.85	Equipos y eventos de producción de ruido	

IV	PROGRAMA DE CONSERVACION DE LA AUDICION	
4.1	OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE CONSERVACION DE LA AUDICION	88
4.2	RESPONSABLES DEL PROGRAMA DE CONSERVACION DE LA AUDICION	88
4.3	CONTENIDO DEL PROGRAMA DE CONSERVACION DE LA AUDICION	89
4.31	Determinación e identificación del riesgo acústico de las áreas	
4.32	Determinación de los puestos con mayor exposición a riesgo acústico.	
4.33	Métodos de control del ruido	
4.34	Selección, Dotación y uso de equipos	
4.35	Estudios audiométricos	
4.36	Entrenamiento de personal	
	CONCLUSIONES	107
	BIBLIOGRAFIA	109

INTRODUCCION

La demanda creciente de energía eléctrica para el avance industrial de México ha originado que C. F. E. instale termoelectricas de mayor capacidad de generación. Al igual que otros muchos procesos industriales, implica que en el medio ambiente de trabajo exista ruido acústico, causante de malestar o daños permanentes entre los trabajadores expuestos. De ahí que en este trabajo se pensó en encontrar respuesta a la pregunta ¿cómo solucionar el problema de la conservación de la audición en una central termoelectrica? por ello, el objetivo de esta investigación es: implantar un programa permanente para la conservación de la audición, con el fin de solucionar un aspecto del ámbito de la higiene industrial.

Se sabe como ya se señalo que el problema de pérdida de audición, perjudica al propio trabajador y a la institución: la pérdida de audición para el trabajador, es causa de malestar y problema, no solamente en su trabajo, sino también fuera de él, con su familia y otras personas que lo rodean. Así mismo, a la institución le origina problemas económicos al disminuir la productividad, así como las indemnizaciones que debe erogar y el incremento en las cuotas del I.M.S.S. a consecuencia de aumento de grado de riesgo.

En consecuencia, la implantación de un programa permanente para la conservación de la audición será de gran beneficio tanto para el trabajador como para la empresa.

I EL SONIDO

1.1 NATURALEZA DEL SONIDO

El sonido es todo movimiento ondulatorio de tipo elástico, que se propaga desde su fuente de origen, a través de un medio en todas direcciones y que por sus características físicas es capaz de activar nuestro oído y ser interpretado por el cerebro. Todos los sonidos se producen por movimientos: algunos por movimientos de vibración constante; otros, por movimientos transitorios. Sin embargo, no todo movimiento produce sonido. Se necesita un medio elástico para transmitir la energía del movimiento al oído.

1.11 ONDA SINUSOIDAL

Ciertos cuerpos uniformes vibran con un movimiento simple. Las ondas sonoras que producen, en las que se trata de moléculas de aire alternativamente comprimidas y expandidas, presentan un patrón sencillo de cambio de presión aérea. Las moléculas chocan entre sí en una área comprimida y se separan en una área expandida. Ya que la presión del aire consiste meramente en la densidad de las moléculas aéreas, la presión en un determinado punto estará situada primeramente por encima y luego por abajo de la presión normal. Una representación gráfica de los cambios de presión aérea con la distancia a partir de la fuente de vibraciones, ofrece la imagen de una onda sinusoidal simple de cambio de presión aérea, en cada momento dado. (Fig. 1.1)

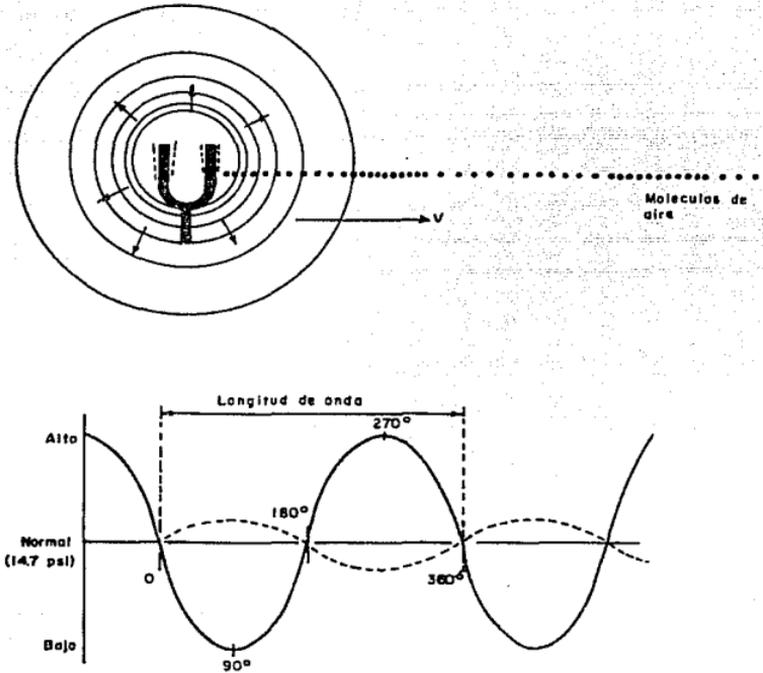


Fig. 1.1 Características de la energía sonora. Vibraciones de un diapasón que originan choques con moléculas de aire que irradian variaciones de presión de - aire en todas las direcciones a 331 m/seg., variaciones que pueden representarse como una onda sinusoidal simple, que posee características de amplitud, longitud de onda, frecuencia y fase.

1.12 TIPOS DE ONDAS SONORAS

Las ondas sonoras han sido expuestas en términos de cambio de presión de aire a partir de un cuerpo que vibra simplemente y que produce una onda sinusoidal simple de variación de presión con el tiempo a la distancia. El cambio es simple y periódico y da lugar a un tono simple (Fig. 1.1). Un cuerpo complejo puede vibrar con más de una frecuencia y las ondas sonoras de presión que resultan pueden ser periódicas o aperiódicas. Si el cuerpo vibrante complejo posee múltiples partes, cada una de ellas con su frecuencia y amplitud de vibración propias, se producirán simultáneamente diversas ondas de variación de presión (Fig. 1.2).

Cuando estas ondas sinusoidales entran y salen de fase debido a sus diferentes frecuencias de vibración, se reforzará o anularán mutuamente de un modo alternativo, por lo que se refiere a los cambios de presión aérea. Tendrá lugar un patrón de ondas complejo, pero repetido: una onda periódica compleja que se oírán como un tono complejo. Sin embargo, si las partes componentes del cuerpo vibrante comienzan y terminan de vibrar en momentos distintos, la onda compleja no se repetirá a sí misma: será aperiódica. Las vibraciones complejas aperiódicas constituyen ruidos, especialmente cuando existen en él complejo muchos componentes de frecuencia alta. Como resultado de ello, el ruido suena de modo inarmónico y es de características variables.

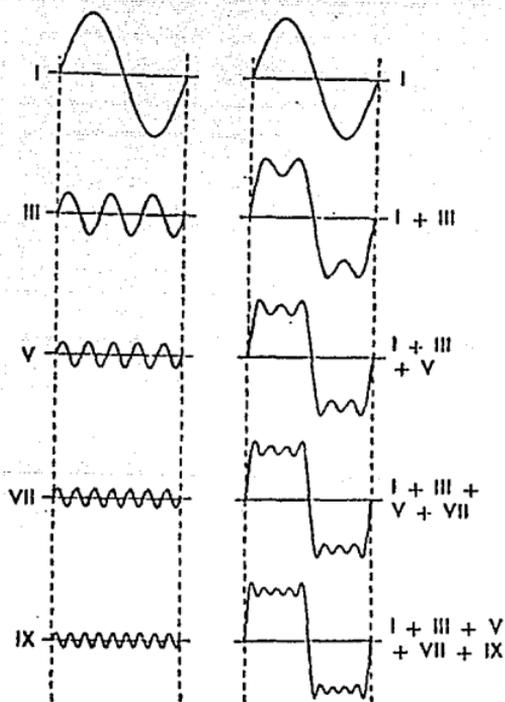


Fig. 1.2 Componentes de una onda sonora compleja. Cuando las ondas sinusoidales representadas a la izquierda se agregan a la onda fundamental representada en la parte superior, resultan las ondas periódicas crecientemente complejas que se muestran a la derecha de la figura.

1.13 ENERGIA DEL SONIDO

Dado que el sonido contiene energía es capaz de realizar trabajo. Algunos efectos observables del sonido demuestran que así ocurre. ejemplos del trabajo que es capaz de realizar el sonido son: 1) hacer sonar la vajilla, 2) causar un alud, 3) quebrar una capa parcialmente llena de agua, 4) hacer mover el diafragma del microfono o la membrana del tímpano del oído.

1.2 PROPAGACION Y VELOCIDAD DEL SONIDO

El sonido requiere un medio elástico para transmitirse y por consiguiente no se propaga en el vacío. Partiendo de su fuente de emisión se propaga en todas direcciones. Las ondas de sonido pueden viajar a través de medios gaseosos, líquidos o sólidos a la llamada velocidad de propagación.

El físico Francés LAPLACE, realizo estudios teóricos que le permitieron establecer la siguiente fórmula para la velocidad del sonido en los gases.

$$v = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}}$$

En esta formula P representa la presión del gas, ρ su masa especifica y γ es un coeficiente que depende de la atomicidad del gas, o sea del número de átomos que contiene una molécula del mismo. Para los gases monoatómicos $\gamma = 1.67$; para los diatómicos y sus mezclas $\gamma = 1.40$; para los triatómicos $\gamma = 1.32$.

MEDIO	TEMPERATURA °C	VELOCIDAD m/seg.
Aire	0	331.3
Hidrógeno	0	1286
Oxígeno	0	317.2
Nitrógeno	0	337
Amoníaco	0	415
Agua	15	1450
Glicerina	15	1920
Petróleo	15	1325
Alcohol Etilico	15	1240
Plomo	20	1230
Aluminio	20	5100
Cobre	20	3560
Hierro	20	5130
Mármol	20	4810
Madera	20	3939
Corcho	20	500
Vidrio	20	5300
Cristal de Roca	20	4550
Valores Extremos		
Granito	0	6000
Goma Vulcanizada	0	54

TABLA 1.1 VELOCIDAD DEL SONIDO EN DIFERENTES MEDIOS.

1.3 CARACTERISTICAS FISICAS

Definido el sonido como una onda sinusoidal, es necesario describir algunos conceptos básicos que identifiquen dicha onda. Posteriormente precisar los factores o características básicas que intervienen para que cada sonido tenga sus propiedades físicas, esto es: intensidad, tono y timbre.

1.31 PERIODO

Se designa por período (T) al tiempo en segundos que demora en propagarse una onda sonora completa (compresión y depresión).

1.32 FRECUENCIA

Se llama frecuencia (f) al número de veces que la onda completa se repite por unidad de tiempo. La onda completa se designa como ciclo y la unidad de frecuencia es el ciclo por segundo (Ciclo/seg.), denominada también Hertz (Hz).

La frecuencia de las ondas de presión aumenta al vibrar más aprisa el objeto que produce el sonido.

Hay una gran variedad de frecuencias dentro de las cuales se pueden generar ondas mecánicas longitudinales, estando las ondas sonoras restringidas a los límites de frecuencias que pueden estimular el oído y el cerebro humano dando la sensación del sonido. Estos límites son de 20 Hertz a cerca de 20 000 Hertz y constituyen los límites -

audibles. Una onda mecánica longitudinal, cuya frecuencia sea inferior al límite audible se llama onda infrasonica, y onda mecánica longitudinal, cuya frecuencia sea superior al límite audible, se denomina onda ultrasonica.

1.33 LONGITUD DE ONDA

Longitud de onda (λ) es la distancia en metros que recorre una onda completa en su propagación, que equivale a la distancia recorrida en el tiempo de un periodo.

Para la velocidad del sonido en el aire igual a 342 m/seg. y una frecuencia de 20 Hz. la longitud de onda es igual a: 17.1 metros y para una frecuencia de 20 000 Hz, la longitud de onda es igual a: 1.71 cm.

1.34 AMPLITUD DE ONDA

Es el valor del máximo desplazamiento que asume la onda por efecto de las variaciones de presión en relación con el punto normal o neutro.

De las definiciones anteriores se deduce que la frecuencia es igual al valor recíproco del periodo ($f = 1/T$) y que la velocidad de propagación es igual al producto de la frecuencia por la longitud de onda ($v = f \times \lambda$)

Los cambios de amplitud son detectados por el oído como cambios de intensidad. La intensidad del estímulo es proporcional al cuadrado de la amplitud de cambio de presión.

Para medir la amplitud de una onda sonora es utilizado un promedio complejo de la cuantía de variación de presión durante cada ciclo, en el que se integra la raíz cuadrada del cuadrado medio de variación de presión. (RMS). Esto se hace porque un tono de frecuencia alta presenta variaciones de presión más rápidas y contiene más energía que un tono de frecuencia baja y de la misma amplitud.

1.35 FASE

Una onda completa de presión sonora va desde la presión normal a la compresión, a la presión normal de nuevo y luego a la expansión, para volver de nuevo a la presión normal. El punto alcanzado por la onda de presión alternante en un momento y un lugar determinados puede ser especificado en términos de 360° como un ciclo completo (Fig. 1.1). El punto inicial puede considerarse situado a los 0° , con la primera expansión máxima a los 90° , normal a 180° , con presión a 270° y normal de nuevo a 360° . Si una onda sinusoidal está en compresión, mientras que la otra está en expansión, la primera estará en 90° dentro del ciclo y la segunda a 270° . Habría por tanto, fuera de fase 270° menos 90° , o sea 180° y se ejercerían efectos opuestos de presión de aire en dicho momento.

1.36 ALTURA O TONO

Es la cualidad subjetiva del sonido que depende de su frecuencia. Cuando la frecuencia es elevada se dice que el sonido tiene un tono alto o agudo y cuando la frecuencia es pequeña el tono es bajo o grave.

1.37 INTENSIDAD

La intensidad del sonido es la mayor o menor fuerza con que este se percibe, de acuerdo con esto los sonidos se dividen en fuertes y débiles.

La intensidad del sonido depende de la amplitud de las vibraciones de la fuente que lo produce. así como de la superficie de la fuente sonora y de la distancia a que se encuentra esta.

Finalmente, la intensidad depende de la naturaleza del medio elástico que se encuentra entre la fuente y el oído. Los medios no elásticos, como la lana, el fieltro, Etc. debilitan considerablemente los sonidos.

1.38 TIMBRE

El timbre es la cualidad por la cual se distinguen sonidos producidos por instrumentos diferentes, aunque sea de igual altura e intensidad y depende de la naturaleza de los armónicos que la integran y de sus amplitudes relativas.

1.4 FENOMENOS FISICOS ASOCIADOS CON EL SONIDO

Hay veces en que el sonido parece que no sigue ninguna regla. Puede formar eco en una pared y ser absorbido por otra ascender como si se perdiera en el espacio y regresara la tierra a varios kilometros para confundir a la gente, o penetrar a un cuarto por una ventana entreabierta y llenarlo

completamente. Sin embargo, no se conduce caprichosamente, puesto que es un fenómeno físico que toma la forma de ondas; como tal, obedece ciertas leyes inmutables de la física. El sonido empieza con una perturbación mecánica; por ejemplo, la causada por la voz, por dar un portazo o por pasar un arco sobre las cuerdas de un violín. Las vibraciones de la fuente sonora hacen que se formen ondas que irradian en todas las direcciones. Son estas ondas las que oímos como sonido desde su nacimiento, todos sus movimientos, difracciones, ecos y desaparición son susceptibles de explicación.

Los fenómenos principales que afectan a las ondas sonoras son:

Reflexión

Refracción

Difracción

Efecto Doppler

Interferencia

Pulsación

Absorción

Resonancia

Reverberación.

1.41 REFLEXION

Este es uno de los aspectos más familiares del sonido. Todos hemos oído alguna vez el eco. este puede ser producido simplemente, oponiéndole al sonido una barrera suficientemente

grande (una pared o un cañón) y produciendo un golpe de sonido fuerte de corta duración. Si el oyente está lo suficientemente lejos, podrá escuchar el eco, o sea su reflexión.

1.42 REFRACCION

Las ondas pueden refractarse cuando la rapidez de propagación de las mismas en dos medios adyacentes no son iguales. La refracción también se produce con el sonido. La refracción explica por qué las voces pueden recorrer grandes distancias sobre un lago helado y continuar siendo escuchadas. Cuando el sonido (onda) sube desde el hielo, como el aire es más caliente arriba, su velocidad será mayor a una altura ligeramente superior. Por eso, el sonido se curva y alcanza nuevamente la superficie del hielo, donde es reflejado y comienza nuevamente el recorrido eso explica porque una buena parte del sonido aparece como si se hubiera reflejado varias veces entre dos superficies: El suelo y otra superficie encima de éste.

1.43 DIFRACCION

La propiedad de difracción fue una de las primeras indicaciones de que el sonido es un fenómeno ondulatorio. Difracción es una propiedad de las ondas que las hace contornear un obstáculo. El fenómeno depende de la longitud de onda y puede ser observado por cualquiera que escucha lo que esta pasando en un cuarto si esta parado fuera del mismo, a un costado de una entrada abierta. Una observación cuidadosa de -

muestra que se pueden escuchar sonidos de tono bajo (ondas largas) a alguna distancia de la pared exterior de un cuarto. Más cerca de la entrada se escucharán mejor los tonos altos.

1.44 EFECTO DOPPLER

Así como es observado en otros fenómenos ondulatorios, el efecto doppler se presenta también en el sonido. Se conocen muchos ejemplos en la vida diaria de este efecto con el sonido. En todos los casos, la fuente del sonido se aleja o se acerca al observador; o el observador se aleja o se acerca a la fuente; o ambos, el observador y la fuente están en movimiento relativo alejándose o acercándose entre sí, produciéndose un cambio en la altura o tono del sonido (frecuencia). Una experiencia común es el cambio de tono en el silbido de la locomotora cuando se acerca o se aleja. Los autos de carreras, aviones, etc. producen un cambio similar en el tono en tanto se acercan o alejan.

1.45 INTERFERENCIA

Puede realizarse una combinación de ondas cualquiera mediante superposición de dos ondas. Se produce interferencia cuando se combinan dos ondas de la misma frecuencia para dar como resultante una sola onda. Si X es la amplitud de la onda resultante y X_1 y X_2 las de las ondas componentes entonces,

$X_1 + X_2 \gg X$ ocurre una interferencia constructiva

$X \ll X_1 + X_2$ ocurre una interferencia destructiva.

Cuando el ángulo de fase entre las dos ondas es cero, entonces $X_1 + X_2 = X$ y la interferencia es constructiva. En el caso especial, cuando $X_1 = X_2$ y el ángulo de fase entre las dos ondas es 180° , tenemos una interferencia destructiva total y $X_1 + X_2 = 0$.

1.46 PULSACION

Otro fenómeno que implica interferencia, es producido cuando dos ondas que se propagan en el mismo medio tienen frecuencias que difieren poco entre sí. Como estas dos ondas viajan a la misma velocidad en el medio, y como difieren ligeramente en longitud de onda, si se hallan inicialmente en fase, a medida que se alejan del punto se defasan más y más. Finalmente, resulta un lugar donde las fases de las dos ondas se defasan en 180° , es decir, resulta una interferencia destructiva. Alejándose aún más, pueden volver a estar en fase, resultando una interferencia constructiva. El efecto del sonido será la disminución de la intensidad durante la interferencia destructiva y aumento durante la interferencia constructiva.

1.47 ABSORCION

Cuando el sonido da contra una cortina, alfombra o losera acústica, literalmente es absorbido, como el agua por las esponjas. Esta absorción se debe a una característica que tienen todos los materiales absorbentes: Al igual que las esponjas, son muy porosos.

Al entrar las ondas en estos materiales rebotan localmente en miles de bolsas de aire hasta que pierden buena parte de su energía de movimiento convirtiéndose en calor. En condiciones normales, el alza de temperatura es tan pequeña que sólo es perceptible mediante instrumentos especiales .

1.471 EL SABIN

El sabin es una unidad de absorción de sonido muy importante que expresa la cantidad de absorción de sonido que puede ser obtenida de una área dada de un material absorbente.

Matemáticamente, el sabin en m^2 , puede ser expresado para un panel hecho de un material simple como sigue:

$$A = \alpha S \quad (\text{sabin})$$

donde:

A = absorción del panel en sabin, en m^2

α = coeficiente de absorción

S = área del panel, en m^2

1.48 RESONANCIA

Las vibraciones que una fuente sonora comunica al aire pueden amplificar las de una fuente cercana o incluso provocarlas si los períodos de ambas fuentes son iguales o múltiplos enteros uno de otro.

Si se ponen, por ejemplo, dos cuerdas idénticas, a la misma tensión y de igual longitud, una al lado de otra, y se hace vibrar una de ellas, la otra entra en vibración.

1.49 REVERBERACION

La reverberación ocurre cuando persiste el sonido después de que la recepción directa del sonido ha sido parada. Es decir es el efecto producido por fuentes acústicas parásitas, causadas por la reflexión del sonido emitido por una fuente original, en los confinamientos de un recinto.

para poder determinar la intensidad que produce un foco sonoro de una determinada potencia en un recinto cerrado necesitamos, una medida para la elevación del nivel sonoro producida por la reflexión en las paredes del recinto. Esta medida es el tiempo de reverberación, T. Se define como el tiempo durante el cual la energía sonora en el interior del recinto se reduce a una millonésima del valor inicial o, lo que es lo mismo, 60 dB después de desconectar el foco sonoro. El tiempo de reverberación depende naturalmente de la capacidad de absorción media de las superficies que limitan el recinto, y también del volumen.

$$T = 0.163 \frac{V \text{ (m}^3\text{)}}{A \text{ (m}^2\text{)}} \text{ (Seg.)}$$

Donde T = tiempo de reverberación (Seg.)

V = volumen del recinto (m³)

A = absorción del sonido (m²)

1.5 UNIDADES DE MEDIDA

1.5.1 NIVEL DE INTENSIDAD ACUSTICA

Todo lo que vibra emite un sonido, bajo la forma de ondas de expansión y compresión que se propagan, para que se produzca la formación de estas ondas, es necesario que la fuente libere una cierta energía en el aire que le rodea, la energía liberada por la fuente se reparte uniformemente sobre las ondas de expansión y compresión. A medida que se alejan de su fuente de emisión su superficie aumenta.

La energía acústica promedio por unidad de tiempo pasando a través de una unidad de área sobre la dirección de propagación, se define como intensidad del sonido.

Para una superficie esferica la intensidad es expresada por:

$$I = \frac{P^2}{\rho V}$$

Donde:

P = Presión eficaz del sonido (RMS)

ρ = Densidad del medio

V = Velocidad del sonido en el medio

Tomando en cuenta que el rango de las presiones audibles del sonido más débil al más fuerte sin que cause dolor varía de 2×10^{-3} a 20 N/m^2 y que corresponde a una intensidad acústica mínima de referencia de $10^{-12} \text{ Watts/m}^2$, son -

cifras difíciles de manejar por lo cual es conveniente un procedimiento más cómodo para efectuar las mediciones del sonido, se basa éste en la determinación del nivel que la intensidad de un sonido cualquiera tiene en relación con una base de comparación fija, empleando una relación logarítmica. Como unidad de este nivel se utiliza el decibel (dB), o sea la décima parte de un Bel, unidad cuyo nombre fue puesto en honor de Alexander Graham Bell.

Según ISO R131, el decibel (dB) se define como una relación logarítmica de la intensidades, tal que

$$L_i = 10 \text{ Log } \frac{I}{I_0} \quad (\text{dB})$$

Donde:

L_i = Nivel de intensidad acústica, (dB)

I = Intensidad acústica (Watt/m²)

I_0 = Intensidad acústica de referencia igual a 10^{-12} Watt/m²

1.52 NIVEL DE PRESION ACUSTICA (NPA)

La presión acústica es el valor de la presión del medio de propagación debida a la presencia de una perturbación acústica. Se mide en Newton/m² (N/m²). Debido a que en frecuencias altas se presentan variaciones de presión más rápidas y contienen más energía que en frecuencias bajas y de la misma amplitud, se utiliza un promedio (RMS).

Como la intensidad se relaciona con el cuadrado de la presión eficaz, el nivel de presión acústica se define en los

terminos siguientes:

$$L_p = 20 \text{ Log } \frac{P_x}{P_0} \text{ (dB)}$$

Donde:

P_x = Presión eficaz del sonido que se evalúa (N/m^2)

P_0 = Es la presión base de comparación que en acústica habitualmente corresponde a la presión del más débil sonido audible por el oído normal con un valor igual a $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$

L_p = Nivel de presión acústica en (dB)

1.53 NIVEL DE POTENCIA ACUSTICA

La potencia acústica de la fuente corresponde a la energía liberada por unidad de tiempo.

$$W = I_p 4\pi r^2$$

Donde:

I_p es la intensidad del sonido promedio a una distancia r de la fuente de sonido, la potencia acústica es W y la cantidad $4\pi r^2$ es área de una esfera.

El nivel de potencia acústica L_w de la fuente esta expresado igualmente en decibeles.

$$L_w = 10 \text{ Log } \frac{W}{W_0} \text{ (dB)}$$

Donde:

L_w = Nivel de potencia acústica (dB)

W = Potencia acústica, Watts

W_0 = Potencia acústica base de comparación, 10^{-12} Watts.

1.54 RELACION DE POTENCIA DE SONIDO, INTENSIDAD DE SONIDO, Y PRESION DE SONIDO.

Algunos problemas de control de ruido requieren de la aplicación de ecuaciones que relacionen estos parámetros.

$$W = I_p \cdot 4\pi r^2 = \frac{P^2 \cdot 4\pi r^2}{\rho v}$$

$$\text{Donde } P = \sqrt{\frac{W \rho v}{4\pi r^2}}$$

Donde W esta dada en watts.

r esta en m.

p esta en N/m².

1.6 FOCOS O MANANTIALES SONOROS

Como focos sonoros, hay que considerar todos los fenómenos que tengan por consecuencia variaciones de la densidad del aire o movimientos alternativos del aire, cuyas frecuencias quedan dentro del campo de sensibilidad del oído humano. Fenómenos de esta clase existen en tan gran número, seleccionaremos algunos grandes grupos de manantiales sonoros que se diferencian principalmente entre sí, en cuanto al mecanismo de la producción del sonido.

En un primer grupo de manantiales sonoros, el sonido es producido por la irradiación de cuerpos vibrantes, excitados en sus vibraciones propias. a este grupo de manantiales sonoros pertenecen, por ejemplo, placas y membranas vibran -

tes (bocinas de autos y varillas), y también columnas de aire, como son los instrumentos de aire de cualquier clase.

En un segundo gran grupo de manantiales sonoros, el sonido se produce por la excitación, por impacto o choque de cuerpos sólidos, esta excitación puede realizarse en sucesión rápida o lenta. Esta categoría comprende, por ejemplo, los engranes, en los cuales el sonido se produce por el choque periódico de los flancos de los dientes, mandos por cadena, máquinas de coser de marcha rápida, rechinar de cojinetes, molino de bolaa etc.

En un tercer grupo de manantiales sonoros, el sonido es producido al deshacer corrientes de aire. Ejemplos típicos de estos son las sirenas, propulsores y tuberías de escape de motores de émbolos.

Un cuarto grupo esencial de manantiales sonoros son los torbellinos formados en la periferia de los chorros de gas que se mueven rápidamente. En esta relación hay que citar ante todo las salidas de vapor y producción de ruidos por turbo propulsores. Los manantiales sonoros propiamente dichos en este caso, son los remolinos que se forman en la capa límite entre un medio que se mueve y otro que está quieto. La magnitud del remolino formado determina el campo de frecuencias en el que el ruido tiene su máxima intensidad.

PRESION DE SONIDO N/m ²	NIVEL DE PRESION DE SONIDO dB (REF.O.00002 N/m ²)	EJEMPLO
0.00002	0	Umbral de la audición.
0.000063	10	
0.0002	20	Estudios para películas sonoras.
0.00063	30	Susurros de voz baja (a 1.5m)
0.002	40	Oficina tranquila
0.0063	50	Hogares normales oficinas grandes.
0.02	60	Lenguaje ordinario (a 1.0m)
0.063	70	Tren de carga (a 30 m)
0.10	74	Automóvil normal (a 10 m)
0.20	80	Restaurant sumamente ruidoso fábrica normal.
0.63	90	Metro, taladro, neumático, imprensa.
2	100	Telares de una planta textil vecindad de un horno eléctrico.
6.3	110	Carpintería vecindad de una forja.
20	120	Prensa hidráulica umbral del dolor.
200	140	Avión a reacción.
2000	160	Túnel aerodinámico
20000	180	Rampa de lanzamiento de un proyectil.

TABLA 1.2 PRESION DE SONIDO Y VALORES EN DECIBELES DE ALGUNOS SONIDOS TÍPICOS.

II EL OIDO Y LA AUDICION

2.1 EL OIDO

Es el órgano de el ser humano que censa un 30% de la información externa, es el encargado de la recepción del sonido y es, además, el órgano del equilibrio. Es bilateral y esta alojado en su mayor parte en el hueso temporal.

Es capaz de transducir diferencias en cuanto a frecuencia amplitud y patrones de armónicos, a impulsos nerviosos, de modo tal que el cerebro puede detectar las correspondientes diferencias de altura, intensidad y timbre. Como receptor cambia las vibraciones de presión aérea en vibración de un medio líquido. Las vibraciones de líquido a su vez, provocan impulsos nerviosos actuando sobre las células cilindricas del órgano de Corti, un "receptor táctil" modificado. La distribución en el tiempo y el espacio de los impulsos nerviosos proporciona al cerebro las claves relativas a las características básicas del sonido.

El oído consta de tres secciones:

oído externo

oído medio

oído interno

2.11 OIDO EXTERNO

El oído externo está compuesto por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo, es el receptor de las ondas

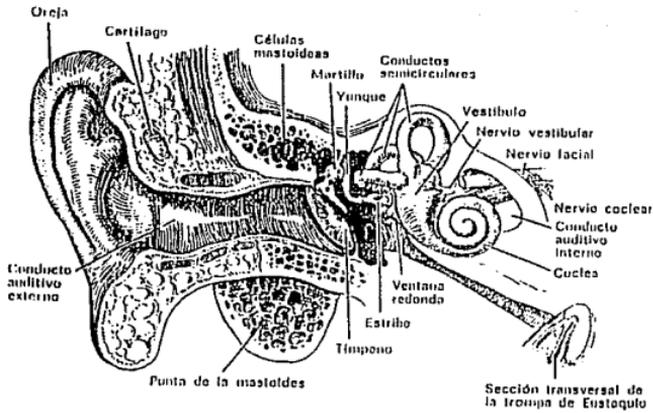


Fig. 2.1 Esquema transversal del oído humano.

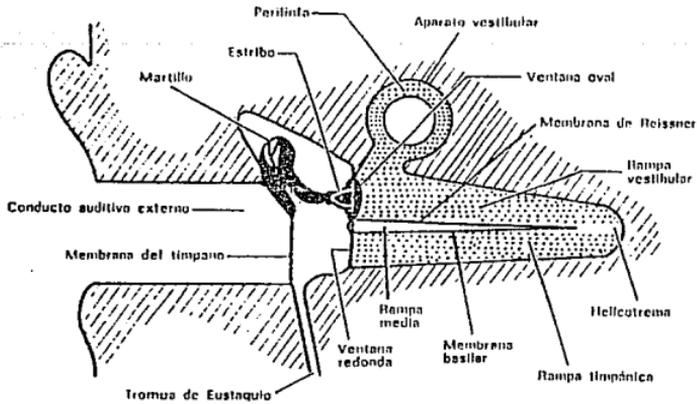


Fig. 2.2 Dibujo esquemático de los componentes del oído (cóclea desenrollada).

sonoras. El tercio externo es cartilaginoso y los dos tercios internos forman un canal óseo que termina en la membrana timpánica.

El hombre ha perdido casi todo el control muscular de su oreja, pero hay animales como los perros y los asnos que mueven las orejas, para orientarse hacia la fuente de un sonido.

El conducto auditivo externo es parecido a un tubo de órgano con un extremo cerrado. Tiene una longitud de 27 cm, a proximadamente y un diámetro promedio de 0.7 cm. protege la membrana del tímpano de los daños exteriores, proporciona una temperatura constante (temperatura del cuerpo) y de humedad para la membrana del tímpano, impide la entrada al polvo, polen y otros cuerpos extraños a las partes internas del oído medio, las cuales son arrojados luego al exterior por secreciones ulteriores de cera.

2.12 OIDO MEDIO

Se encuentra alojado en una cavidad ósea, que limita por dentro con el oído interno por las ventanas oval y redonda, con las células mastoideas del temporal y por la faringe por la trompa de eustaquio. El oído medio esta compuesto por la membrana timpánica y osículos.

El oído medio es un órgano colector y amplificador del sonido aumenta en 30 dB las ondas sonoras; al mismo tiempo este sistema tímpano osicular puede disminuir la transmi -

sión de ondas muy intensas, por disminución de la tensión timpánica.

2.121 EL TIMPANO DEL OIDO (O MEMBRANA TIMPANICA)

Es una membrana en forma de cono asimétrico, su área esta comprendida entre 0.52 y 0.90 cm², su diámetro vertical - promedio es de 11.8 mm y el promedio horizontal es de 8.9 mm., tiene un espesor de aproximadamente 0.1 mm, consta de tres capas de tejido. Actua en forma parecida al diafragma de un micrófono, se mueve por las variaciones de presión del aire transmitiendo su movimiento a los huesecillos, comunicandose a través de estos con la ventana oval.

2.122 OSICULOS

Los huesecillos que conforman el oído medio: martillo, yunque y estribo, tienen sus músculos propios. Su función es transferir al fluido coclear en el oído interno, la energía que activa la membrana del tímpano.

El martillo esta ligado a la membrana del tímpano por su vértice, a la altura del centro. Esta pieza está conectada al yunque el que a su vez se une al estribo, cuya base plana presiona la ventana oval del oído interno.

Estos huesos están en la parte superior de la cavidad que conduce a la garganta a través del tubo o trompa de eustaquio, que cuando se encuentra cerrada en su estado normal, sella la cavidad. El tubo puede ser abierto al tragar o al

bostezar para permitir la entrada o salida de aire, pudiendo igualarse así las presiones en los dos lados de la membrana del tímpano.

2.13 OIDO INTERNO

El oído interno es adyacente al estribo, el cual le provee de la mayoría de los estímulos acústicos. En el oído interno los estímulos mecánicos se convierten en impulsos nerviosos que son recogidos por el nervio acústico y luego transmitidos al cerebro. Estructuralmente el oído interno consiste de dos partes que son anatómicamente adyacentes pero fisiológicamente independientes. Estas son el apófisis vestibular (laberinto) y la cóclea (caracol).

2.131 APOFISIS VESTIBULAR

Sirve para el mantenimiento del equilibrio direccional y no tiene relación con la audición. La apófisis vestibular consiste de tres canales semicirculares colocados de tal modo que forman ángulos rectos el uno respecto del otro y están orientados de modo que se hallan en tres planos mutuamente perpendiculares. En las afecciones de aparato vestibular se observan trastornos de la locomoción, vértigos y otros. En algunas personas durante los viajes marítimos, aéreos, o yendo en automóvil, se presentan síntomas del denominado mal del mar, que consiste en mareos, vómitos, etc. La causa de esta afección radica comúnmente en el aumento de excitabilidad del aparato vestibular.

2.132 COCLEA

Es la estructura del oído interno que tiene la función de oír. Es un tubo ligeramente cónico, retorcido, semejante al caparazón de un caracol. El tubo, con un diámetro medio de alrededor de 1.5 mm., tiene 2 vueltas $3/4$ y una longitud total de 35 mm. la cóclea esta dividida en dos canales llenos de fluido perilinfa, que esencialmente presenta la composición iónica del líquido cefalorraquídeo, diferenciando se un tanto en la composición proteica.

Los dos canales se denominan galerías superior y la inferior, o rampa del vestíbulo y rampa del tímpano, y la única manera por la cual el fluido puede comunicarse entre la galería superior y la inferior es mediante una pequeña abertura llamada helicotrema, cuya área es aproximadamente 0.3 mm^2 y esta localizada en el extremo pequeño de la cóclea. El extremo abierto de las galerías superior e inferior está cerrado por las ventanas oval y redonda en ese orden. La separación aural entre las galerías es una estructura complicada, consiste en tres membranas: La inferior (membrana basilar baja) la intermedia (membrana tectoria) y la superior (membrana de reissner) y esta llena de una sustancia altamente viscosa llamada endolinfa, cuya composición es más parecida a la del líquido intracelular, dado que contiene altas concentraciones de potasio.

2.133 ORGANNO DE CORTI

El órgano de Corti es la estructura receptora que se apoya sobre la membrana basilar. Tiene alrededor de 20 000 células ciliadas colocadas en cuádruple dicha membrana. Transduce vibraciones de la membrana basilar en impulsos nerviosos cuando las células ciliadas se doblan por los movimientos de la membrana basilar. Los cilios o pestañas de las células ciliares se doblan porque están introducidas en la membrana tectoria, superpuesta. El órgano de Corti se extiende a lo largo de la membrana basilar, desde su base hasta su vértice.

En el pasado se describió el órgano de Corti como una arpa de mil cuerdas que resonaban con sus sonidos específicos. Hoy día se estima que el mecanismo es un fenómeno hidrodinámico por el cual las células responden selectivamente a la frecuencia de las ondas fluidas; las células de la base del caracol responden a las altas frecuencias y las de la región del vértice a las bajas frecuencias. El estímulo nervioso se transmite al centro de la audición, que está localizada en el lóbulo cerebral temporal.

2.2 UMBRAL AUDITIVO

Para que un sonido sea audible es necesario que su frecuencia y su intensidad estén comprendidas entre ciertos límites. El umbral auditivo o zona de sensibilidad del oído humano está limitado por el lado de la frecuencia; por la zona de infrasonidos y la zona de ultrasonidos, por el lado

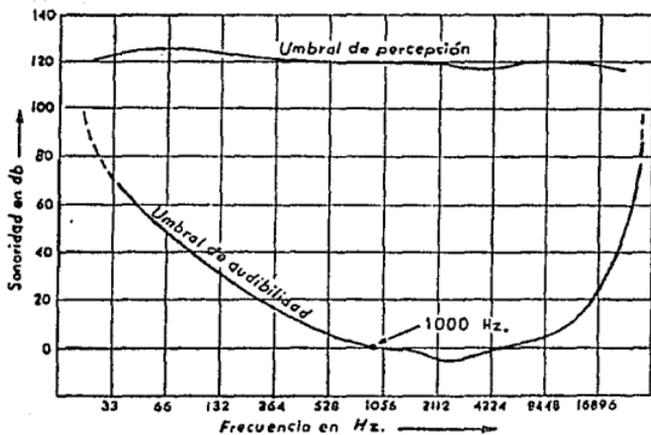


FIG. 2.3 UMBRAL AUDITIVO

de intensidad; por el umbral de la sensibilidad y el umbral del dolor. (Fig. 2.3)

Solamente pueden oírse los sonidos cuyas frecuencias están comprendidas entre 20 y 20 000 Hz., aunque los límites precisos dependen de las personas, fuera de estos límites los sonidos no son audibles por intensos que sean.

La máxima sensibilidad del oído humano o sea las frecuencias que son oídas con menos intensidad que las otras, es de 1000 a 4000 Hz. Esta sensibilidad disminuye hacia las frecuencias más altas que requieren mayor intensidad para ser audibles y que corresponden a la zona que se altera primero con la edad (presbicia). Las frecuencias correspondientes a la audición de la voz hablada están entre los 500 y los 2000 Hz.

Los infrasonidos corresponden a sonidos de frecuencia inferior a 20 Hz.

Los ultrasónidos corresponden a sonidos de frecuencia superior a 20 000 Hz.

El umbral de audibilidad es la curva que representa, para cada frecuencia, el valor del nivel de presión acústica mínimo susceptible de provocar una sensación sonora.

El umbral del dolor representa el nivel de presión acústica por encima del cual la sensación producida es la de dolor.

Este nivel máximo es prácticamente el mismo para todas las frecuencias y es del orden de 120 dB. Esta tolerancia no depende mucho de la frecuencia, aunque las altas frecuencias producen las sensaciones más desagradables.

2.21 NIVEL SONORO (SONORIDAD)

Para evaluar o medir un ruido atendiendo a sus posibles consecuencias no basta el decibel como unidad de medida. En efecto, el nivel del ruido medido desde el punto de vista físico, con un instrumento, es diferente del nivel de ruido que percibe el oído humano. Este órgano no responde en forma igual a todos los tipos o frecuencias de sonidos y puede ocurrir que dos niveles sonoros iguales sean percibidos por el oído como de distinta intensidad. El concepto de intensidad del sonido debe entenderse en este caso como la magnitud de la sensación auditiva que una persona normal experimenta en relación con un sonido dado. (se trata de una aceptación arbitraria, porque intensidad en física del sonido tiene otro significado).

A fin de poder considerar debidamente estas características particulares que presenta el oído humano, fue necesario crear una unidad que permita medir el nivel sonoro que realmente percibe el oído. Esta unidad se denomina Fon y mide el nivel del sonido en forma análoga al decibel, pero sobre la base de una frecuencia fija de comparación de 1000 Hz. De esta manera si a una persona se le hace oír un ruido y se compara con un sonido de frecuencia 1000 Hz. hasta que los perciba iguales en intensidad y ocurre que el sonido de frecuencia 1000 Hz. debió alcanzar -

un nivel de 50 dB. para la igualdad de percepciones, se dice que el ruido tiene su nivel de intensidad de 50 Fones.

Basándose en experiencias desarrolladas con conjuntos de personas debidamente seleccionadas y entrenadas en la percepción de sonidos, Fletcher y Munson construyeron una serie de curvas llamadas de igual intensidad (Fig. 2.4) cada curva representa todas las combinaciones de nivel, en dB, y de frecuencia, en Hz. cuyos sonidos provocan en el oído la misma sensación audible como si todos tuviesen un mismo nivel sonoro. Cada curva corresponde a un nivel dado de intensidad en Fones. Lógicamente el nivel en dB y en Fones coincide en cada curva en la frecuencia de 1000 Hz.

2.3 ANORMALIDADES AUDITIVAS

La pérdida total o parcial de la audición conocida como sordera, puede ser unilateral o bilateral, su motivo son los defectos o anomalías de cualquier parte del mecanismo auditivo, desde el oído externo hasta la corteza cerebral. Se han identificado dos tipos de sordera; cada uno de ellos se relaciona con una porción diferente de la vía auditiva.

2.3.1 SORDERA DE CONDUCCION

Es producida por interrupción del pasaje de las ondas sonoras a través del oído externo o del oído medio, afecta por igual a todas las frecuencias. En general es provocada por la colección de cera, pus o exudados. Esta condición es rela

CURVAS DE FLETCHER Y MUNZON

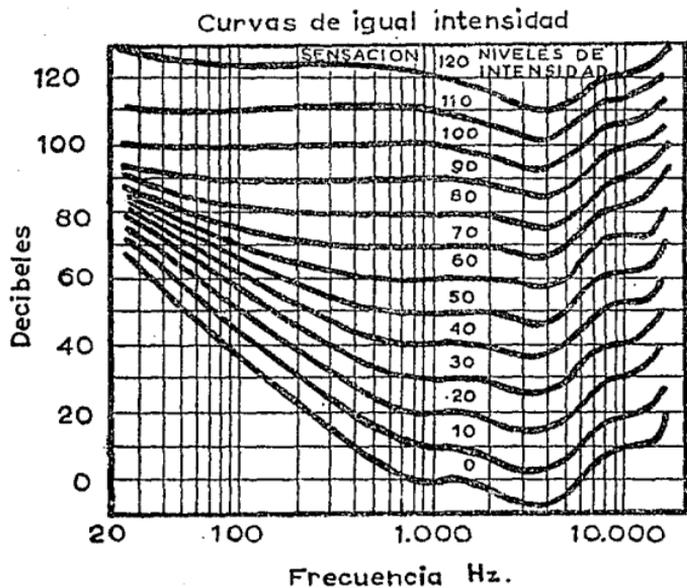


FIG. 2.4. CURVAS DE IGUAL INTENSIDAD (FLETCHER Y MUNZON)

tivamente fácil de tratar, removiendo la cera o controlando la infección con antibióticos. Más seria es la sordera causada por enrosamiento de la membrana tímpanica, debido a infección o otosclerosis. Esta última es causada algunas veces por infección, pero por lo general se le considera una enfermedad hereditaria. Cualquiera que sea la causa, esta situación provoca la adherencia de los huesecillos a la pared ósea del oído medio. En otros casos, el estribo queda fijado como resultado del crecimiento óseo. El paciente con otosclerosis puede ser ayudado por medio de un audífono; también es posible la corrección quirúrgica.

2.32 SORDERA NERVIOSA

Es causada por la degeneración de las células sensoriales del órgano de Corti o por lesiones del nervio auditivo producidos por tumores y otras causas. En este tipo de sordera se hallan afectadas tanto la conducción aérea como la ósea, dado que el daño se localiza en los receptores o en las fibras que transmiten los impulsos al sistema nervioso central. Una causa común de este tipo de impedimento auditivo es la exposición frecuente a sonidos altos, los cuales destruyen las células sensoriales. En el pasado se le denominaba "sordera de los fabricantes de ollas", dado que afectaba a los que trabajaban con metal en fundiciones o lugares similares.

2.4 AUDIOMETRO

Para determinar la naturaleza de las perturbaciones auditivas

vas se utiliza el audiómetro. Se trata simplemente de un auricular conectado a un oscilador electrónico capaz de emitir tonos puros abarcando desde las frecuencias bajas hasta las altas. Basándose en estudios previos de personas normales, se calibra el instrumento de modo que el nivel -cero de intensidad de sonido en cada frecuencia es el volumen que apenas puede ser escuchado por la persona normal. Sin embargo, un control de volumen calibrado puede aumentar o disminuir la intensidad de cada tono por arriba o abajo del nivel cero. Si la intensidad de un tono debe ser aumentada hasta 30 dB por arriba de lo normal antes de que pueda ser escuchado, se dice que la persona tiene una pérdida auditiva de 30 dB. para ese tono particular.

Al llevar a cabo una prueba auditiva utilizando un audiómetro se evalúan aproximadamente 8 a 10 frecuencias que cubren el espectro auditivo, y se determina la pérdida auditiva para cada una de estas frecuencias. Luego se traza el denominado "audiograma" como se muestra en las figuras 2.5 y 2.6 representando la pérdida auditiva para cada una de las frecuencias del espectro auditivo.

Además de estar equipado con un auricular para evaluar la conducción aérea del oído. El audiómetro también tiene un vibrador electrónico para evaluar la conducción ósea desde la apófisis mastoides hasta la cóclea.

2.41 AUDIOGRAMA EN LA SORDERA NERVIOSA

En la sordera nerviosa, donde se incluye las lesiones de la cóclea, del nervio auditivo o de los circuitos prove -

nientes del oído del sistema nervioso central, la persona tiene disminuida o totalmente perdida su capacidad para oír sonidos según es evaluada por el aparato para conducción aérea y por el aparato para conducción ósea. En la Fig. (2.5) se muestra un audiograma que representa una sordera nerviosa parcial. En esta figura, la sordera es fundamentalmente para sonidos de alta frecuencia. Tal sordera puede ser provocada por daño en la base de la cóclea (órgano de Corti). Este tipo de sordera se produce en cierto grado en prácticamente todas las personas de edad.

Frecuentemente se encuentran otros patrones de sordera nerviosa, como los siguientes: 1) sordera para sonidos de baja frecuencia causada por exposición excesiva y prolongada a sonidos muy intensos (ruido industrial o el motor de un avión jet) debido a que los sonidos de baja frecuencia son usualmente más intensos y más perjudiciales para el órgano de Corti, y 2) sordera para todas las frecuencias causadas por sensibilidad a algunos antibióticos como la estreptomina, kanamicina y clorafenicol.

2.42 AUDIOGRAMA EN LA SORDERA DE CONDUCCION

Un segundo y frecuente tipo de sordera es el provocado por fibrosis que se produce en la enfermedad hereditaria denominada otosclerosis. En este caso las ondas sonoras no pueden ser transmitidas con facilidad a través de los huesecillos desde la membrana timpánica hasta la ventana oval. La fig. 2.6 ilustra el audiograma de una persona con "sordera del oído medio" de este tipo. En este caso la conducción -

Ósea es esencialmente normal, pero la conducción aérea - está sumamente disminuida para todas las frecuencias, en especial para las bajas. En este tipo de sordera, la base del estribo frecuentemente se "anguilosa" por crecimiento óseo excesivo hacia los bordes de la ventana oval. En este caso, la persona se torna totalmente sorda para la conducción aérea, pero puede lograrse que oiga nuevamente en forma casi normal extirpando el estribo y reemplazándolo por una diminuta prótesis de teflón o metal que transmite el sonido desde el yunque hasta la ventana oval.

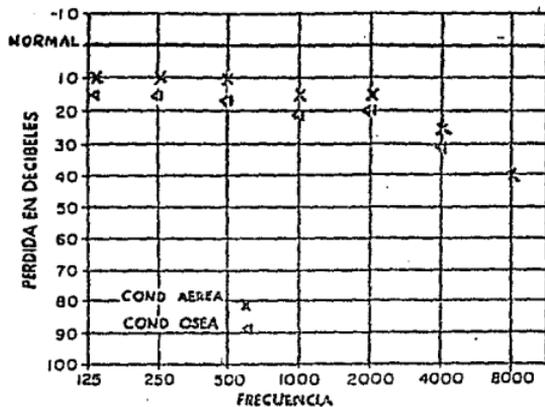


Fig. 2.5 Audiograma de la sordera nerviosa - propia de la ancianidad.

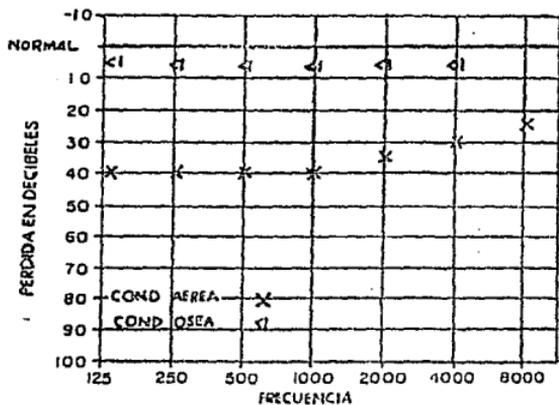


Fig. 2.6 Audiograma de la sordera que resulta de esclerosis del oído medio.

III EL RUIDO

3.1 DEFINICION

La palabra ruido proviene del latín "rugitus", y significa, por lo común sonido articulado y confuso más o menos fuerte, o conjunto de ellos.

Desde el punto de vista físico o acústico no existe ninguna diferencia entre el sonido y el ruido. La diferencia es exclusivamente de orden psicológico o práctico y es así como usualmente se define al ruido como un sonido que produce desagrado o que molesta interfiriendo la actividad normal. Podría agregarse que el ruido es la resultante de la superposición anárquica de ondas sonoras de diferente amplitud y frecuencia, para diferenciarlo de la música en que esta superposición obedece a un plan determinado, previamente establecido y con un objeto preciso.

3.2 ANTECEDENTES HISTORICOS

Una tabla de escritura cuneiforme ha revelado que hace - 5000 años ya había un molesto trasiego urbano en Sumer. En tre otros detalles, da cuenta del ruido que hacia un maestro al gritar a sus alumnos. Semejantes relatos bíblicos - hacen aparecer al ruido como causante de terribles consecuencias.

Alejandro Magno usaba un cuerno para llamar a sus tropas a gran distancia, y una de las torturas chinas consistia en

someter a los condenados a ruidos de muerte, que hacían - estallar la cabeza. Efectivamente, estallaban los vasos sanguíneos, estallaban las células cerebrales y morían.

Fueron los Romanos quienes distinguieron el sonido del rugitus, etimología del ruido y rugido. Y fueron también ellos quienes promulgaron los primeros bandos municipales para controlar los niveles de emisión acústica. Uno de - ellos prohibía uno de los espectáculos públicos más populares: no se podían celebrar carreras de cuadrigas por las noches.

En la edad media también hubo disposiciones sobre algunos oficios que se desempeñaban a martillazos, como la calderería y la orfebrería. Un reglamento municipal de Berna llegó a prohibir en el siglo XV la circulación rodada por - caminos y senderos en mal estado, o con baches que provocaran ruido excesivo al paso de los carruajes. Con la revolución industrial aumentaron los problemas de ruido y los intentos por combatirlo. A mediados del siglo XIX se queja - ban en Birmingham de los martillazos en el yunque, del traqueteo y silbido de las máquinas de vapor. Luego llegó el motor de explosión, el mayor contaminante acústico de la historia.

Los avances tecnológicos de nuestro siglo han creado un - mundo mejor, sin embargo nuestro mundo resulta más ruidoso. Cuando el hombre pilotea un jet, construye un puente o trabaja en una fábrica, hace ruido. Parece como si no se pudiesen hacer grandes cosas sin hacer mucho ruido; pero el hombre que produce el ruido, trata también de eliminarlo ,

y gasta mucho dinero al año para reducirlo.

3.3 PROPIEDADES DEL RUIDO

Habiendo definido al ruido como un sonido, las características y propiedades físicas de este son extensivas para el ruido. Para cuestiones prácticas algunas características revisten mayor importancia en la evaluación de los efectos del ruido en el oído humano. Algunas de estas características son; la intensidad (o la presión), la frecuencia y la duración. Cuanto más elevado es el ruido, mayor es la elevación de la intensidad. Así mismo, los ruidos de alta frecuencia son más nocivos al oído que los de baja frecuencia y, cuanto más prolongada es la exposición al ruido, más pronunciado será el daño producido al aparato auditivo humano.

3.4 CLASIFICACION DEL RUIDO.

El ruido puede clasificarse en cinco divisiones diferentes:

Ruido estable

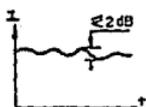
Ruido inestable

Ruido intermitente fijo

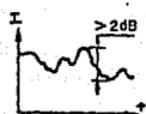
Ruido intermitente variable

Ruido de impulso/impacto

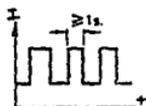
El ruido de impulso/impacto puede darse interrelacionado con los otros tipos de ruido, así encontramos ruido estable-impulsivo, fluctuante-impulsivo o intermitente-impulsivo (Fig. 3.1)



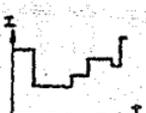
RUIDO ESTABLE



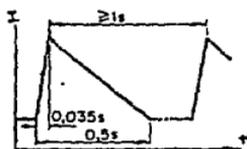
RUIDO INESTABLE



RUIDO INTERMITENTE
FIJO



RUIDO INTERMITENTE
VARIABLE



RUIDO DE IMPULSO/IMPACTO



Ruido estable-impulsivo

Ruido fluctuante-impulsivo



c) Ruido intermitente-impulsivo

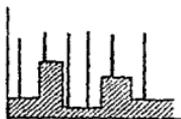


FIG. 3.1 Diferentes tipos de ruido

3.5 MEDICION DEL RUIDO

La medición del sonido ha mejorado a ritmo acelerado desde los estudios efectuados inicialmente por Thomas A. Edison en 1887. Su reproducción ha avanzado también extraordinariamente, en particular con la intervención de los tubos e electrónicos.

Aunque los instrumentos de medida del ruido presentan variaciones según sea el fabricante operan sobre la base de los mismos principios y están destinados a los mismos fines.

Los instrumentos de medición del ruido para efectuar estudios para su control, son básicamente tres:

Sonómetro (decibelímetro)

Analizador de frecuencias

Dosímetro

Existen varios accesorios que se pueden usar con los instrumentos básicos. Es posible grabar el ruido en una cinta magnetofónica o registrar gráficamente su nivel para efectuar estudios posteriores. Se suelen emplear analizadores de impactos y de vibraciones, calibradores, y para trabajos más refinados, osciloscopios y oscilógrafos, que permiten la reproducción visible de las ondas sonoras.

3.51 SONOMETRO

Tiene por objeto medir el nivel del ruido en decibeles, - por lo que suele llamársele también decibelímetro. Consta, especialmente de un micrófono que convierte las ondas sonoras en ondas eléctricas y de un circuito electrónico compuesto de atenuador, amplificador, un conjunto de filtros eléctricos, rectificador e indicador de las mediciones. - Funciona mediante pilas o baterías eléctricas colocadas - dentro del instrumento. Las ondas eléctricas producidas por el micrófono son amplificadas suficientemente y registradas por el indicador. El amplificador opera por acción manual en forma discontinua, en saltos de 10 decibeles. Los filtros eléctricos, operados con un control manual, son tres generalmente y tienen por objeto aproximar las mediciones del nivel del sonido que da el instrumento a las respuestas que para el mismo sonido da el oído.

3.511 MICROFONO

La medida del ruido comienza con un micrófono, que convierte las variaciones de presión en variaciones de voltaje. Siendo la parte más delicada de los instrumentos de medición, cualquier distorsión de su respuesta frente al sonido falsea las mediciones. Tres tipos de micrófonos se usan en la medida del sonido: piezoeléctricos, de condensación y dinámicos. El micrófono más popular para medidas de sonido ha sido durante mucho tiempo el tipo piezoeléctrico de sal de Rochelle, debido a su alta salida y buena respuesta a la frecuencia. Su mayor inconveniente es su sensibilidad a

la temperatura y la humedad, se recomienda no usarlo en temperaturas ambientes que excedan 45°C . En caso de temperaturas mayores debe usarse otro tipo de micrófono, como el dinámico que, sin embargo, es muy sensible a sufrir daños en ambientes polvosos.

3.512 FILTROS ELECTRICOS

Denominados también redes de compensación, basadas en datos de respuesta a las frecuencias, tienen por objeto convertir la presión incidente, en algo más representativo de la forma en que oímos los sonidos. Las características de las redes de compensación, están especificadas en la norma 51.4 de ASA (American Standard Association), titulada "Norma Americana de Medidores de Niveles Sonoros para la Medida del Ruido y otros Sonidos" (Fig. 3.2). Estas normas están internacionalmente adoptadas a través de la ISO (International Standard Organization).

En el sonómetro estándar se han incorporado 3 redes de compensación: la red A es menos sensible a las frecuencias bajas y se usa para los niveles de presiones acústicas de menos de 55 dB, la red B es un paso intermedio para la gama de 55 a 85 dB, la red C tiene una respuesta plana y se usa para las que sean de más de 55 dB.

Para identificar con que red de compensación se ha efectuado la lectura, se adiciona a las unidades el tipo de red : ejemplo dB (A).

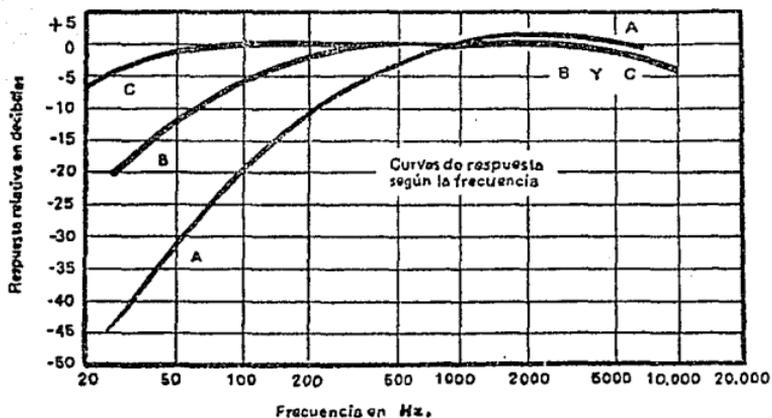


FIG. 3.2 Respuesta a la frecuencia de las Redes de compensación, captadas por los sonómetros en las escalas A, B y C normalizadas por la ASA (American Standard Association)

3.52 ANALIZADOR DE FRECUENCIAS

El analizador de frecuencias nos permite conocer los valores de nivel del ruido en diversas regiones de frecuencia dentro del rango audible, a diferencia del decibelímetro - que solo nos indica un valor numérico que corresponde al ruido como un todo, es decir, como una resultante de los diversos sonidos puros que lo componen.

El analizador de frecuencias que se usa en el estudio de ruidos industriales pertenece al tipo denominado de ancho banda distinto y fructuante. Se caracteriza porque las diversas fajas de frecuencia que es posible seleccionar son de ancho (número de ciclo) diferentes una de otras y además, dentro de cada banda es posible establecer ciertas subdivisiones en forma limitada.

Las bandas en que está dividido el rango de análisis de frecuencia son las llamadas octavas, en que el ancho de una banda cualquiera es el doble de la que procede. La primera banda empieza en 37.5 Hz. y llega a 75; la segunda, va de 75 a 150; la tercera, de 150 a 300, y así sucesivamente hasta la última, que habitualmente es de 4800 a 9600 Hz. sin embargo, el instrumento tiene un rango total de medición de 20 a 20000 Hz. lo que permite medir además niveles de ruido entre las frecuencias 20-37.5 y 9600-20000 y el nivel total de todo el rango. El rango de bandas de 37.5 a 9600 Hz. es suficiente, en la práctica para el estudio de los efectos del ruido y de las medidas de control que correspondan.

Estos instrumentos no están provistos de micrófono, de modo que generalmente se usan acoplándoles un decibelímetro. El analizador no mide el nivel máximo que alcanza el ruido en cada banda de frecuencias, sino el valor promedio.

Algunos fabricantes ofrecen un equipo que consta de un decibelímetro y un analizador, constituyendo una sola unidad.

3.53 DOSIMETRO

El dosímetro de ruido es el aparato que integra en el tiempo la energía sonora que recibe, es decir, mide el producto de la energía sonora por el tiempo durante el cual dicha energía está presente.

El uso del dosímetro se aconseja para efectuar una correcta evaluación del problema higiénico al cual está expuesto un trabajador que se mueva a lo largo del día por una zona en la que existan niveles de presión sonora variables con el tiempo y con la situación.

3.6 EFECTOS DEL RUIDO EN EL SER HUMANO

La capacidad para oír es uno de nuestros preciados dones. Sin ella, sería difícil vivir a plenitud, tanto en el trabajo, como fuera de él.

El excesivo ruido puede destruir nuestra capacidad auditiva y puede causar tensiones (stress) sobre otras partes del cuerpo, incluyendo el corazón.

Para la mayoría de los efectos producidos por el ruido, en nuestro organismo, no hay remedio. Sólo el prevenir la excesiva exposición al ruido, puede evitar el deterioro de nuestra salud.

Los efectos del ruido en el ser humano se clasifican en:

Efectos sobre mecanismo auditivo

Efectos generales

3.61 EFECTOS SOBRE MECANISMO AUDITIVO

Estos efectos pueden definirse como cualquier reducción de la capacidad auditiva. Por comparación con la de una persona "normal".

Los factores que intervienen en la producción de la pérdida de la audición son: a) intensidad del ruido, b) frecuencia de las ondas sonoras, c) tiempo de exposición del ruido.

- a) Intensidad del ruido: se ha determinado experimentalmente que las intensidades mayores de 90 dB producen daño.
- b) Frecuencia de las ondas sonoras: los sonidos agudos son más nocivos que los sonidos graves, porque producen mayor fatiga coclear.
- c) Tiempo de exposición: corrientemente se requiere una exposición prolongada.

Sin embargo fuera de los factores ambientales propios del medio y del tipo de industria, existe un factor individual que depende de una susceptibilidad personal o de lesiones contemporáneas del oído, tales como otitis crónicas medias. Un factor que debe tomarse en cuenta es la edad, ya que a la pérdida de la audición provocada por el ruido se agregan los daños causados por la edad (Fig. 3.3).

Los efectos sobre el mecanismo auditivo, pueden ser clasificados en:

Trauma acústico (agudo)
Neurosensorial (crónico)

3.611 TRAUMA ACUSTICO

Debido a un ruido repentino e intenso, generalmente se debe a explosiones o detonaciones, cuyas ondas de presión rompen el tímpano y dañan, incluso la cadena de huesecillos: la lesión resultante del oído interno es de tipo leve o moderado. El desgarro timpánico cura generalmente sin dejar alteraciones, pero si la restitución no tiene lugar, puede desarrollarse una alteración permanente. Los ruidos esporádicos industriales pueden compararse, por sus efectos, a pequeñas detonaciones.

3.612 NEURO-SENSORIAL

Debido a una exposición continua, la acción del ruido en el mecanismo conductor puede ocasionar la fatiga del sistema osteomuscular del oído medio, permitiendo pasar al oído

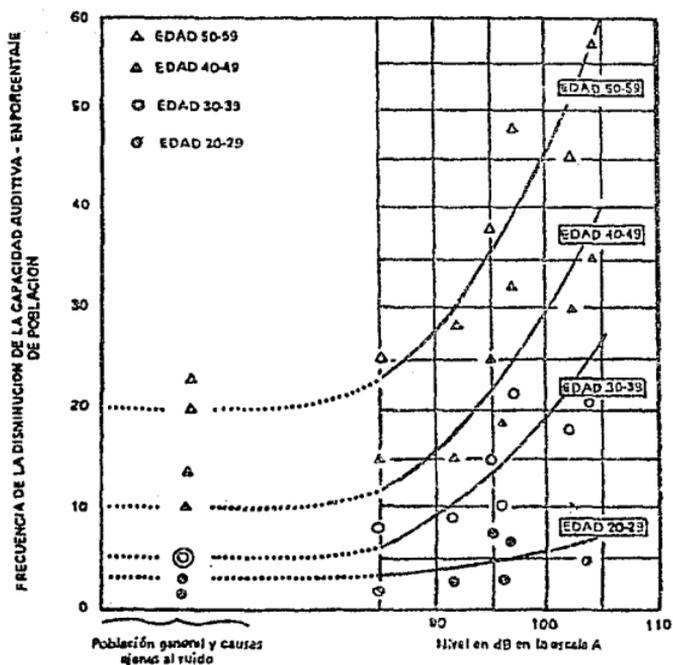


Fig. 3.3 Frecuencia de la disminución de la capacidad auditiva expresada en porcentajes (American Industrial Higiene Association Journal oct. 1967)

medio más energía de la que puede resistir el órgano de Corti. A esta fase de fatiga sigue la vuelta al nivel normal de sensibilidad. De esta manera el órgano de Corti está en continuo estado de fatiga y recuperación. Esta recuperación puede presentarse en el momento en que cesa la exposición al ruido, o después de minutos, horas o días.

Con la exposición continua, poco a poco se van destruyendo las células ciliadas de la membrana basilar, proceso que no tiene recuperación, y es, por tanto, permanente. Es por esto que el ruido continuo es más nocivo que el intermitente.

3.613 SORDERA PROFESIONAL (HIPOACUSIA OCUPACIONAL)

La destrucción progresiva del oído interno no se manifiesta en un principio como sordera, ya que al individuo le llamará la atención el proceso cuando no oiga la voz hablada, o sea, cuando ya se han producido lesiones definitivas en otras bandas. La frecuencia que es efectivamente dañada por el ruido es la de 4000 Hz. Este daño se expande hacia arriba y hacia abajo hasta comprometer el espectro total de la audición si persiste la acción del agente ruido, que se medirá en déficits de decibeles en las distintas frecuencias.

La sordera profesional se caracteriza fundamentalmente por los siguientes aspectos:

- a) Es bilateral
- b) Se exagera con el trabajo y se atenúa con el reposo

- c) Cesa de progresar si el individuo es retirado del ambiente ruidoso.

El cuadro clínico de la sordera profesional ha sido descrito en cuatro períodos:

- 1o. Período: El ruido produce una pérdida transitoria de la agudeza auditiva; hay una pérdida de 50 dB en la banda de 4000 Hz. El individuo tiene la sensación de oído "algodonado" después de la jornada de trabajo y a veces la adaptación es penosa y está acompañada de manifestaciones generales, como ansiedad, excitabilidad y falta de fuerza.
- 2o. Período: Llamado de latencia total. Se caracteriza por la falta de síntomas clínicos. Se puede producir un deficit permanente de 40 o más dB en la banda de 4000 Hz. esta fase puede durar igual dos a tres años o diez a veinte, según las condiciones ambientales.
- 3o. Período: Llamado de latencia subtotal. No se aprecia la voz cuchicheada y el individuo está consciente de su sordera. Se observa en el examen audiométrico una pérdida de 50 a 80 dB en la banda de 4000, pérdida que se extiende a 2 ó 3 octavas, desde 1000 a 8000 Hz. y que en las bandas de 500 a 2000 Hz. no debe ser mayor a 45 dB.
- 4o. Período: Llamado terminal o de sordera manifiesta. El individuo difícilmente sigue la conversación y presen

ta acúfenos y tinitus (sensación de silbidos agudos y campanilleo en contacto con un ambiente sonoro o simplemente con un ruido aislado). El audiograma (Fig. 3.4) acusa un vasto déficit auditivo que compromete las bandas agudas y sobre pasa en las bandas graves la frecuencia de 500 Hz.; se observa a veces un pequeño ascenso en la banda de 8000 Hz. a diferencia del daño producido por la edad. Este período sería definitivo y sin empeoramiento posterior tanto en, como fuera del riesgo. Algunos autores opinan que podría haber cierto grado de recuperación algún tiempo después de abandonado el trabajo ruidoso.

La sordera profesional puede producirse en algunos meses o años y, a veces, puede ser de predominio unilateral.

Los trabajadores con deterioro en la audición comúnmente dicen "puedo oírle, pero no puedo entenderle". Ocurren distorsiones cuando en el fondo hay ruido o mucha gente hablando. Y a medida que la conversación se torna difícil de entender, la persona afectada se va aislando de su familia y de sus amigos. No se puede gozar de la música y de los sonidos de la naturaleza. Un audífono puede aumentar el tono de la conversación, pero no la hace más clara. Rara vez los audífonos son remedio satisfactorio para la pérdida de la audición.

3.62 EFECTOS GENERALES

El ruido también puede imponer stress sobre otras partes del cuerpo, los trabajadores expuestos se quejan algunas

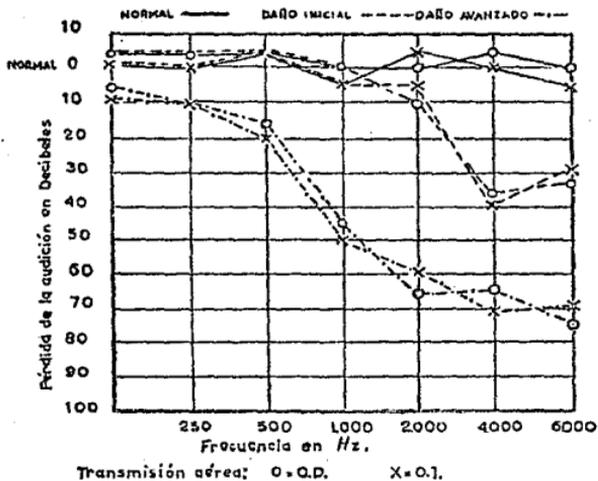


FIG. 3.4 Audiograma típico de pérdida de la audición por causa profesional.

veces de nerviosidad, neurosis, insomnio y fatiga. La exposición excesiva a ruido también puede reducir el rendimiento en el trabajo y causar un alto promedio de ausentismo.

Dentro de los trastornos somáticos que puede causar el ruido tenemos: aumento de la presión arterial, aceleración de la actividad cardiaca y del metabolismo vasoconstricción periférica, reducción de la actividad digestiva y aumento de la tensión muscular, dilatación de la pupila, secreción de adrenalina. Algunos grupos de trabajadores expuestos al ruido presentan la palidez de la piel, alteraciones de la mucosa bucal y faríngea.

3.7 EXPOSICION ADMISIBLE AL RUIDO:

Desde que se tuvo la certeza de que la exposición al ruido puede ocasionar sordera profesional, se intentó establecer un criterio que definiera lo que debía entenderse por un ruido que constituyera riesgo de daño.

Los primeros límites que se fijaron fueron más bien vagos y se suscribían a la intensidad admisible del ruido, así las primeras plantas establecieron que un ruido de menos de 85 dB debe considerarse inofensivo; que entre 90 y 100 podría producir daños permanentes en exposiciones prolongadas durante años; que exposiciones diarias entre 100 y 120 dB durante periodos largos producen daños en una proporción considerable de expuestos y que por sobre 120 dB los daños son evidentes en pocos meses.

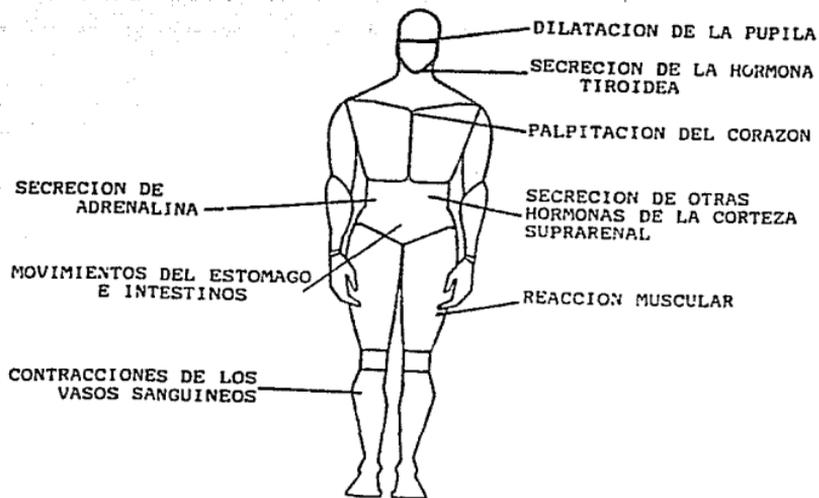


Fig. 3.5 Daños generales causados en el ser humano por el stress del ruido.

CLASE	DEFINICION	PERDIDA EN dB	OBSERVACIONES
I	Normal	Menos de 15	Dentro de los límites normales
II	Casi Normal	Más de 15	Sin dificultad en la conversación ordinaria a una distancia de - 6.5 m
III	Pérdida Mínima	Más de 25 Menos de 40	Dificultad en la conversación ordinaria cuando la distancia excede 1.66 m
IV	Pérdida Moderada	Más de 40 Menos de 65	Dificultad con la conversación en voz alta cuando la distancia excede 1.66 m
V	Pérdida Severa	Más de 65 Menos de 75	Dificultad con la voz gritada cuando la distancia excede de 1.66m
VI	Pérdida Profunda	Más de 75 Menos de 85	Dificultad con la voz gritada a menos de 1.66 m
VII	Prácticamente Pérdida total	Más de 85	Pérdida de la audición prácticamente para la voz.

TABLA 3.1 Clasificación de las pérdidas auditivas.

Pérdida promedio en dB @500, 1000 y 2000 Hertz.

En el oído mejor (normalizada por el subcomite en ruidos de la Academia Americana de Oftalmología y Otorrinolaringología).

Estos límites consideran sólo una de las características del ruido prescindiendo de la frecuencia, que junto con la intensidad son los factores causales de la sordera profesional.

La inclusión de la frecuencia condujo a fijación de nuevos límites, más adecuados desde el punto de vista práctico. Estos límites fijan un máximo de 110 dB para frecuencias hasta 75 Hertz., 100 dB entre 75 y 300, 90 dB entre 300 y 1200 y 85 dB para las frecuencias restantes.

La fig. 3.6 muestra los límites más difundidos y aceptados de exposición al riesgo, en función del nivel y de la frecuencia del ruido.

3.71 NORMAS DE EXPOSICION AL RUIDO

El criterio de la OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) sobre la exposición al ruido ocupacional es dado en la norma 1910.95, donde se expone lo siguiente:

Exposición al ruido ocupacional

- a) La protección en contra de los efectos de la exposición al ruido puede ser estipulado por la tabla 3.2 cuando los niveles de sonido exceden a éstos.
- b) (1) Cuando los empleados son sometidos a niveles de sonido excediendo los registrados en la tabla 3.2 debe ser necesario el control de ingeniería. Además, es necesario

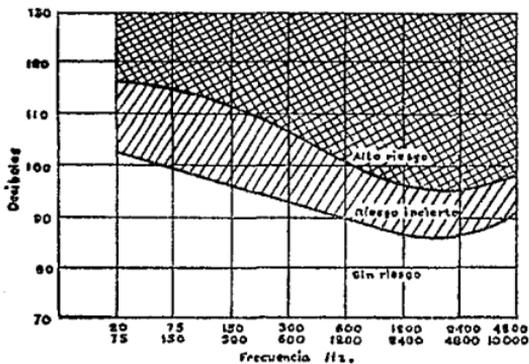


FIG. 3.6 Límites de exposición al riesgo del ruido (OSHA).

NIVEL SONORO dB(A)	TIEMPO PERMITIDO T	NIVEL SONORO dB(A)	TIEMPO PERMITIDO T
85	16 hr. 00 min	101	1 hr. 44 min
86	13 56	102	1 31
87	12 08	103	1 19
88	10 34	104	1 09
89	9 11	105	1 00
90	8 00	106	0 52
91	6 58	107	0 46
92	6 04	108	0 40
93	5 17	109	0 34
94	4 36	110	0 30
95	4 00	111	0 26
96	3 29	112	0 23
97	3 02	113	0 20
98	2 50	114	0 17
99	2 15	115	0 15
100	2 00		

TABLA 3.2 Límites de exposición permisible para ruido continuo (OSHA).

equipo de protección personal para reducir niveles de sonido dentro de los niveles estipulados en la tabla.

- (2) Si las variaciones en el nivel del ruido envuelve una máxima a intervalos de un medio de segundo o menos; - está considerado como ruido continuo.
- §3) Para estar en complacencia con las regulaciones de OSHA. Un programa de conservación de la audición puede ser establecido y mantenido para los empleados que reciban una dosis diariamente.

Para buscar una solución práctica se estableció la siguiente fórmula que considera los cambios de nivel que, puede sufrir la exposición durante ocho horas diarias de trabajo:

$$D = \frac{E_1}{P_1} + \frac{E_2}{P_2} + \dots + \frac{E_n}{P_n} \times 100$$

Donde:

E = Es la duración de la exposición real

P = Es la duración permitida a varios niveles

3.72 ASPECTOS LEGALES DE EXPOSICION AL RUIDO

La Secretaría de Trabajo y Previsión Social con fundamento en la ley orgánica de administración pública federal, en la ley federal de trabajo, en el reglamento de seguridad e higiene en el trabajo, expidió el siguiente:

INSTRUCTIVO No. 11 RELATIVO A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO DONDE SE GENERE RUIDO.

(I) DISPOSICIONES GENERALES

- (1) El presente instructivo es de observancia obligatoria y tiene por objeto establecer 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.
- (2) Los patrones deberán vigilar que no se rebasen los niveles máximos permisibles de exposición a ruido que se indican en las tablas 3.3 y 3.4 y gráficas 3.7 y 3.8.
- (3) En los centros de trabajo a que se refiere este instructivo, los patrones, en la adopción de medidas preventivas, deberán tomar 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 frecuencia.
 - (c) Las características, la naturaleza, el tiempo y la frecuencia de la exposición de los trabajadores al ruido.
 - (d) Las alteraciones en la salud de los trabajadores que puedan derivarse de dicha exposición.

TIEMPO	NSCE
HORAS	dB(A)
8	90
4	93
2	96
1	99
30'	102
15'	105

El simbolo (') significa tiempo medido en minutos.

TABLA 3.3 Tiempo máximo permisible por jornada de trabajo en función del nivel sonoro continuo equivalente, para ruido estable. (INSTRUCTIVO No. 11 - STPS).

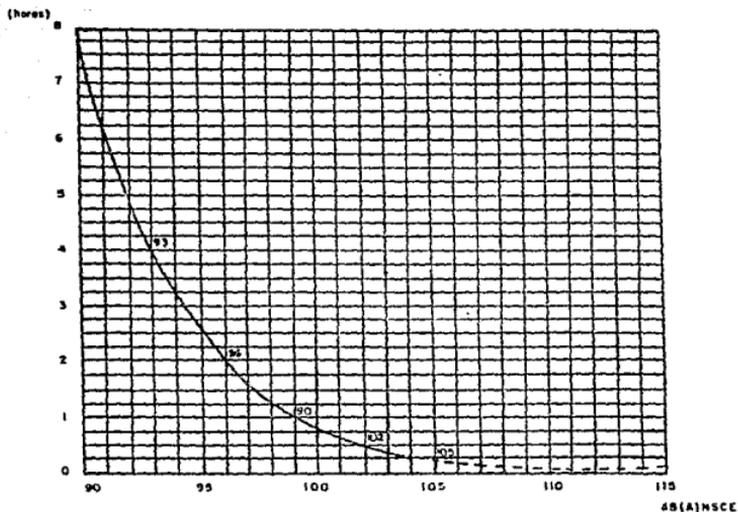


Fig. 3.7 Gráfica para determinar Tiempo Máximo Permissible de Exposición (TMPE)

NUMERO DE IMPULSOS POR JORNADA	NIVEL DE PRESION ACUSTICA MAXIMO dB
100	140
1000	130
10000	120

TABLA 3.4 Número de impulsos permitidos por jornada de trabajo de 8 Hrs. (instructivo No. 11 STPS).

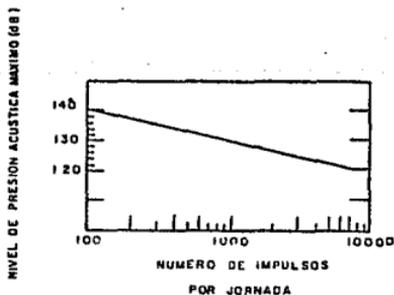


Fig. 3.8 Gráfica para determinar número de impulsos permitidos por jornada de trabajo de 8 Hrs. (instructivo No. 11 STPS).

- (e) Los métodos generales y específicos de prevención y control.
- (4) Los patrones tendrán la obligación de efectuar el reconocimiento, la evaluación y cumplir con las medidas de control necesarias para prevenir alteraciones en la salud de los trabajadores expuestos.
- (5) Los trabajadores tendrán la obligación de colaborar en las medidas de evaluación y observar las de control que se establezcan en los centros de trabajo donde desempeñen sus actividades.
- (6) Los patrones deberán llevar, conservar, mantener actualizado y exhibir a las autoridades correspondientes el registro de los niveles de ruido con las horas y fechas que se practiquen los muestreos respectivos, a fin de adoptar las medidas de seguridad que sean necesarias para no rebasar los niveles máximos permisibles de ruido.
- (7) El patrón deberá informar a sus trabajadores de las posibles alteraciones en su salud por la exposición a ruido, y orientarlos sobre la forma de evitarlas o atenuarlas.

(II) DEL RECONOCIMIENTO

- (8) Para llevar a cabo el reconocimiento, los patrones deberán:

- (a) Identificar las fuentes emisoras.
- (b) Delimitar las zonas donde exista el riesgo de exposición.
- (c) Conocer las características del ruido en cuanto a magnitud y componentes de frecuencia, así como las alteraciones que pudieran ocasionar en la salud de los trabajadores.
- (d) Señalar con avisos de seguridad las zonas de exposición en las áreas de trabajo. Dichos avisos deberán ser colocados en lugares visibles y ajustarse, en general, a la norma oficial mexicana correspondiente.

(III) DE LA EVALUACION

- (9) Para efectuar la evaluación, el patron deberá muestrear y cuantificar periódicamente los niveles de ruido, aplicando los métodos establecidos y los instructivos de medición que señalen las normas oficiales mexicanas relativas.
- (10) El nivel sonoro continuo equivalente (NSCE) se calcula aplicando cualquiera de los métodos siguientes:
 - (a) Método de cálculo matemático.

$$NSCE = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{antilog} \left(\frac{NS_i}{10} \right)^2 \right] - 10 \log t$$

Donde:

NSCE = Nivel sonoro continuo equivalente

NS_i = Nivel sonoro durante el tiempo i (dB)

t_i = Tiempo de exposición del periodo i , (hr)

t = Tiempo total de exposición, (hr)

(b) Método gráfico

Este método emplea el nomograma de la Fig. 3.9 la forma de utilizarlo es la siguiente:

10. Para cada periodo de exposición dibuje una línea recta que una el nivel sonoro (N.S.) en dB(A), localizado sobre la escala N.S. con el tiempo de exposición localizado sobre la escala t y, anote el valor de f - leído en la intersección de la recta con la escala central.
20. Sume todos los valores de f , recibidos durante la jornada de trabajo.
30. Obtenga el valor del nivel sonoro continuo equivalente sobre la escala NSCE, opuesta al valor total de f , leído en la escala correspondiente. (para obtener el valor exacto del NSCE, debe emplearse las ecuaciones mostradas en el nomograma).

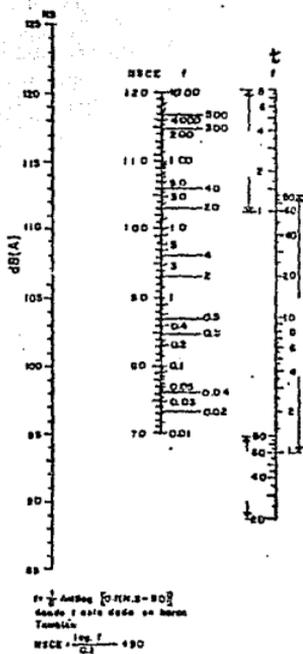


Fig. 3.9 Nomograma para calcular el nivel sonoro continuo equivalente (NSCE) (instructivo No. 11 STPS).

(c) Método de la organización internacional de normalización (ISO)

El procedimiento de cálculo de NSCE consiste en las etapas siguientes:

Para calcular el índice de exposición parcial a ruido, E_i ;

$$E_i = \frac{t_i}{6} \text{ antilog } (0.1 (NS-70))$$

Donde:

t_i = es el tiempo total por semana de exposición al NS_i , en horas.

Para el nivel sonoro equivalente:

$$NSCR = 70 + 10 \text{ Log } \sum_{i=1}^n E_i$$

- (11) Los niveles máximos permisibles de exposición a ruido impulsivo dependen del número de impulsos a que estén expuestos los trabajadores, y nunca deberán exceder de los consignados en la tabla 3.4 y grafica 3.8 .

(IV) DEL CONTROL

- (12) Cuando los niveles del ruido puedan alterar la salud de los trabajadores según los niveles máximos permisibles de exposición referidos, los patrones deberán establecer un programa de conservación de la audición ,

para lo cual se 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 los trabajadores por otros que no lo causen.

(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; procurando:

— Disminuir su propagación mediante sistemas o dispositivos específicos.

— Aislar la fuente emisora

— Disminuir la reflexión del ruido en el local de trabajo, empleando técnicas y materiales que no produzcan nuevos riesgos a los trabajadores.

(e) Dotar a los trabajadores del equipo de protección personal necesario que cumple con lo establecido en las normas oficiales mexicanas correspondientes.

(f) Manejar los tiempos de exposición de los trabajadores por jornada de trabajo mediante la rotación de los -

mismos, a efecto de no exceder los niveles máximos - permisibles.

- (13) Los trabajadores tendrán la obligación de usar el equipo de protección auditivo que se les proporcione - cuando la exposición del riesgo lo requiera.
- (14) Las autoridades del trabajo, los patronos 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.
- (15) Cuando el nivel 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 hrs. no excedera el - consignado en la tabla 3.3

Para valores mayores de 105 dB (A) no se permitira exposición alguna.

- (16) Cuando se utilicen equipos de protección personal, en la aplicación de la tabla 3.3, se deberán considerar los niveles de atenuación que conforme a la norma oficial mexicana correspondiente proporcionen dichos - equipos, así como al tiempo que estos sean utilizados. El método para determinar la reducción en dB (A), a partir del análisis en frecuencia, será el siguiente.

vel de presión acústica máximo sea superior al establecido en la tabla 3.4, grafica 3.8

(18) La Secretaría de Trabajo y Previsión Social escuchará 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.

(V) DE LOS CENTROS DE TRABAJO DE NUEVA CREACION

(19) 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.

(VI) DE LAS SANCIONES

(20) En los casos de inobservancia de las medidas a que se refiere este instructivo, la autoridad competente impondrá las sanciones previstas por la Ley Federal de Trabajo y sus Reglamentos, pudiéndose llegar incluso a la clausura parcial o total del centro de trabajo conforme a lo previsto por ellos.

3.8 EL RUIDO EN UNA CENTRAL TERMOELECTRICA

Iniciaremos por conocer que C. F. E. cuenta con 154 diferentes centrales de generación eléctrica, distribuidas en todo el país.

- 71 Centrales Hidroeléctricas
- 32 Termoelectricas Vapor
- 31 Turbozas
- 10 Diesel Eléctricas
 - 4 Termoelectricas Ciclo Combinado
 - 4 Geotérmicas
 - 1 Carboeléctrica
 - 1 Nucleo Eléctrica

3.81 Transformaciones de energía en una central de generación eléctrica.

La energía eléctrica se produce como resultado de una serie de transformaciones de energía que se realizan dentro de la Central. La cual debe de contar con alguna forma de energía disponible, a partir de la cual se inician todas las transformaciones necesarias hasta llegar finalmente a la energía eléctrica.

CENTRAL	ENERGIA DISPONIBLE
Hidroeléctrica	Potencial (agua)
Termoelectrica	Química combustible
Turbozas	Química combustible
Diesel Eléctricas	Química combustible
Geotérmicas	Calorífica (vapor)
Carboeléctricas	Química Carbón
Nucleo Eléctrica	Nuclear (uranio)

ESTA TESIS NO DEBE SALIR⁹ DE LA BIBLIOTECA

Dentro de estos diferentes tipos de Centrales de generación las diferencias se encuentran en las formas en que se encuentra la energía disponible y en las transformaciones que se deben efectuar, así como también el equipo y dispositivos necesarios para las transformaciones para llegar a la producción de energía eléctrica.

3.82 CENTRALES TERMOELECTRICAS

Enfocamos nuestra atención a este tipo de centrales de generación, que por su número y capacidad, son muy importantes en el sistema eléctrico de nuestro país.

La fuente de energía disponible es un combustible (combustible pesado, gas, diesel, carbón etc.). La energía se encuentra almacenada en el combustible según su composición química y se libera haciendo que se produzca una reacción química, que en este caso es la combustión.

Al producirse la combustión, ya se tiene la primera transformación de energía, es decir, que la energía química del combustible se transforma en calor (energía calorífica) en la flama y gases calientes producto de la combustión. La combustión se hace en el hogar de un generador de vapor.

Si la energía calorífica de los gases se emplea para calentar agua y producir vapor, ya se tiene otra transformación de energía. Los gases ceden parte de su energía al vapor, teniendo ahora vapor con mayor energía que llamaremos -térmica. (Para diferenciar con el término de energía calorífica asignado a los gases calientes).

La energía del vapor se transforma en trabajo mecánico en una turbina de vapor, con lo que se tiene otra transformación de energía.

Finalmente, si la turbina está acoplada mecánicamente a un generador eléctrico, se tiene la última transformación de la energía y se llega al objetivo: la producción de energía eléctrica.

Todas las transformaciones de energía citadas, se efectúan dentro de una central termoeléctrica, que cuenta con el equipo para realizarlas.

3.83 Equipo de una central termoeléctrica

3.831 Equipo principal

Todo el equipo de una central termoeléctrica es importante, pero de acuerdo a su participación directa en la obtención del objetivo, así como por su tamaño y costo, se clasifica a los siguientes equipos como principales.

Generador de vapor

Turbina

Condensador

Generador eléctrico

3.832 EQUIPO AUXILIAR

Al resto de equipo que participa directa o indirectamente en la obtención del objetivo se le clasifica como equipo auxiliar:

Bombas
Ventiladores
Extractores
Calentadores
Enfriadores
Compresores
Eyectores
Deareador
Tanques
Etc.

3.833 SISTEMAS DE FLUJO

Se le llama sistema de flujo o simplemente "sistema" a un conjunto formado por equipo y tuberías que manejan un fluido determinado, pudiendo ser, agua destilada, de mar, de enfriamiento, vapor, gases, combustible. Cualquier otro requerido en la central.

3.84 CENTRAL CICLO COMBINADO TULA

La Central Ciclo Combinado Tula, es la Central de mayor capacidad (482 MW) de este tipo, que actualmente tiene la Comisión Federal de Electricidad. Esta, junto con la Central "Francisco Perez Rios", que se encuentra ubicada en el mismo predio, integran el complejo generador más grande de la republica, es decir 1982 MW.

La instalación consta de dos paquetes de ciclo combinado. Cada paquete está compuesto de trenes de potencia, dos -

turbinas de gas cada una manejan un generador eléctrico y alimentando gases de escape a través de un ducto a un generador de vapor recuperador de calor, con este vapor generado en los dos recuperadores se acciona la turbina de vapor, la que simultaneamente mueve al generador eléctrico y enviando vapor de la turbina a un condensador, donde la energía calorífica del vapor se disipa al agua de enfriamiento la cual posteriormente sede este calor al ambiente en una torre de enfriamiento. El condensado recuperado en el pozo caliente del condensador, es enviado por las bombas de condensado nuevamente al recuperador de calor para continuar con el ciclo agua-vapor.

3.841 TURBINAS DE GAS

Las turbinas de gas toman aire ambiental a través de la succión del compresor axial. El aire es comprimido y mezclado con combustible (diesel ó gas natural) y quemado en la cámara de combustión y expandido a través de la sección de la turbina para accionar el generador, los gases de combustión pasan a través de la sección de escape y son descargados al ducto de transición. El gas de escape entra al recuperador por medio de ductos.

Cada turbina de gas tiene dos funciones principales:

Producir gases para manejar un generador eléctrico.

Alimentar gases calientes de escape al recuperador de calor.

Capacidad

Paquete norte: 2 turbinas de gas de 72 MW.

Paquete sur: 2 turbinas de gas de 69 MW.

3.842 GENERADOR DE VAPOR (RECUPERADOR DE CALOR)

En este equipo se lleva a cabo la producción de vapor aprovechando la energía de los gases de combustión de la turbina de gas, cuyo vapor va a utilizarse en la turbina de vapor. Las secciones de transferencia están arregladas con el sobre calentador en el punto más bajo, el evaporador de alta presión sobre éste, el economizador y evaporador de baja presión en el punto más alto, cercano a la atmósfera.

Cada generador de vapor produce aproximadamente 202,273 - Kg/hr. de vapor a un máximo de 90.2 Kg/cm^2 y 510°C .

3.843 TURBINA DE VAPOR

Este equipo tiene por objeto transformar en energía mecánica a parte de la energía térmica disponible en el vapor.

Cada turbina de vapor tiene una potencia nominal de salida de aproximadamente 107 MW y desarrolla dos funciones principales:

Produce potencia eléctrica a través de su generador acoplado.

Alimenta vapor de extracción para calentar el agua de alimentación.

3.844 GENERADOR ELECTRICO

Generador síncrono de corriente alterna trifásico, enfriado por hidrógeno, se encuentra acoplado mecánicamente a la turbina y conectado eléctricamente al banco de transformadores principales. Su función es transformar la energía mecánica que le proporciona la turbina en energía eléctrica.

3.845 EQUIPO AUXILIAR TURBINA GAS:

Bomba principal de aceite de lubricación.

Motor turba flecha

Motor arranque

Bomba principal diesel

Bomba aceite sellos

Bomba agua enfriamiento (Glycol)

Ventiladores de enfriadores.

Compresor aire de instrumentos.

3.846 EQUIPO AUXILIAR RECUPERADOR DE CALOR

Bomba agua de alimentación

Bomba agua de circulación alta presión

Bomba auxiliar de lubricación.

3.847 EQUIPO AUXILIAR TURBINA DE VAPOR

Bomba principal aceite de lubricación

Bomba auxiliar de lubricación

Bomba de aceite de lubricación de emergencia

3.844 GENERADOR ELECTRICO

Generador síncrono de corriente alterna trifásico, enfriado por hidrógeno, se encuentra acoplado mecánicamente a la turbina y conectado eléctricamente al banco de transformadores principales. Su función es transformar la energía mecánica que le proporciona la turbina en energía eléctrica.

3.845 EQUIPO AUXILIAR TURBINA GAS:

Bomba principal de aceite de lubricación.

Motor turba flecha

Motor arranque

Bomba principal diesel

Bomba aceite sellos

Bomba agua enfriamiento (Glycol)

Ventiladores de enfriadores.

Compresor aire de instrumentos.

3.846 EQUIPO AUXILIAR RECUPERADOR DE CALOR

Bomba agua de alimentación

Bomba agua de circulación alta presión

Bomba auxiliar de lubricación.

3.847 EQUIPO AUXILIAR TURBINA DE VAPOR

Bomba principal aceite de lubricación

Bomba auxiliar de lubricación

Bomba de aceite de lubricación de emergencia

Motor tornaflecha

Bomba aceite de sellos

Bombas de condensado

Bombas de agua de circulación

Ventiladores torre de enfriamiento

Bombas enfriamiento circuito cerrado

Extractor de gases del condensador vapor de sellos.

Bomba principal de aceite de control electrohidráulico

Bombas de vacío

Bombas enfriamiento circuito abierto

3.848 EQUIPOS COMUNES A LA CENTRAL

Planta desmineralizadora

Torre desgasificadora

Ventilador torre desgasificadora

Bombas de torre desgasificadora

Bombas recirculación agua desmineralizada

Bombas ácido sulfúrico

Bombas sosa caustica

Soplador para mezclado lechos mixtos

Bombas agua cruda

Compresores

Bombas agua tratada

Bombas de descarga combustible diesel

Bombas transferencia de combustible

Transformadores

3.85 EQUIPOS Y EVENTOS DE PRODUCCION DE RUIDOS:

En una Central Termoeléctrica del tipo y capacidad descrita es inevitable que los equipos con que se efectúan las diversas operaciones produzcan ruido. Así mismo existen ciertos eventos durante la operación que producen ruido.

Dentro de los equipos que producen ruido tenemos todos aquellos que se encuentran en movimiento accionados por motores eléctricos o combustión, ejemplos de estos tenemos los siguientes:

Bombas

Compresores

Ventiladores

Extractores

Turbinas

Motores

Eventos de operación que producen ruido:

Accionamiento de válvulas de seguridad en equipos sujetos a presión (deareador, domo, sobrecalentador) en arranques o disparos de unidades.

Accionamiento de válvulas de seguridad por sobrepresión de líneas de alimentación de gas combustible.

Accionamiento de drenes en líneas de vapor para su purgado.

Barridos de líneas de vapor después de limpieza química, descargando a la atmósfera.

Purgado de líneas de aire.

CICLO COMBINADO TULA

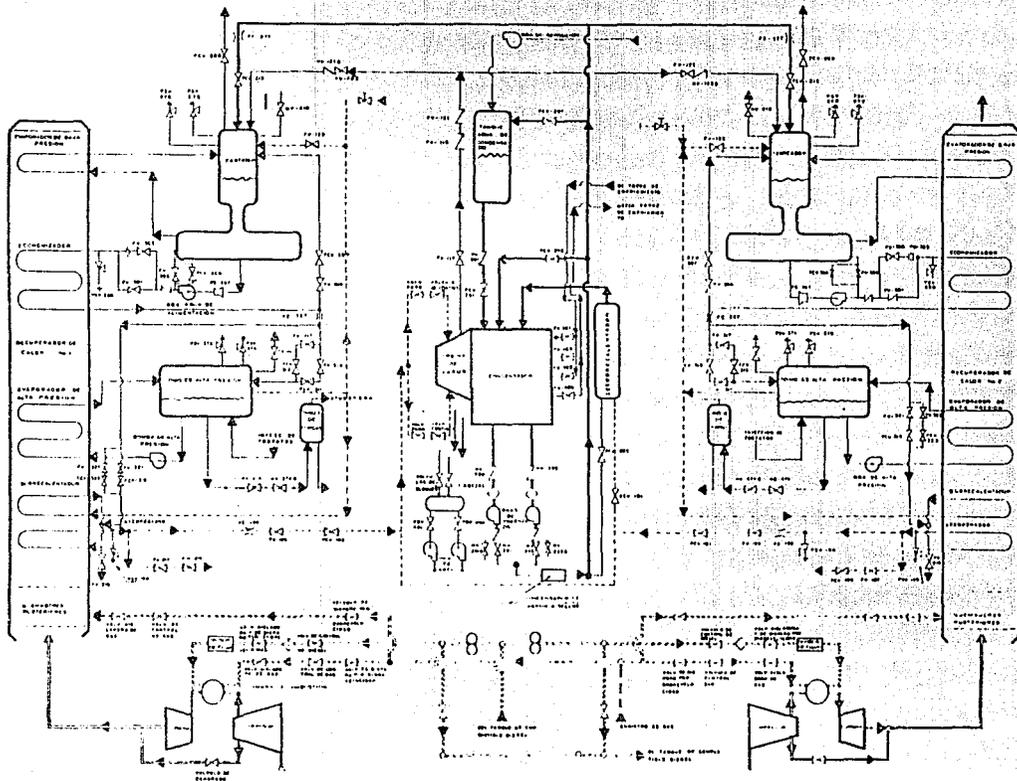


DIAGRAMA DE FLUJO PAQUETE NORTE Y PAQUETE SUR

IV PROGRAMA DE CONSERVACION DE LA AUDICION

4.1 OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE CONSERVACION DE LA AUDICION

Los objetivos que persigue el programa de conservación de la audición son:

- a) Prevenir la pérdida de la audición inducida por el ruido.
- b) Mejorar la calidad de vida en el ambiente laboral.
- c) Cumplir con las ordenanzas legales y políticas internas de la empresa.
- d) Controlar los costos generados por las pérdidas de la audición inducidas por la exposición a ruido de origen industrial, conocidas como hipoacusias ocupacionales.

4.2 RESPONSABLES DEL PROGRAMA DE CONSERVACION DE LA AUDICION.

Es muy importante que todo el personal de la central tenga algún grado de responsabilidad para que el programa pueda cumplir con los objetivos fijados.

Los departamentos o personas con responsabilidades para el buen desarrollo del programa son:

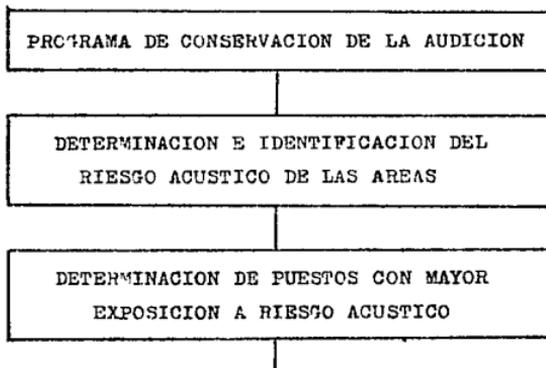
- a) Superintendencia General
- b) Jefes de Departamento y Supervisión

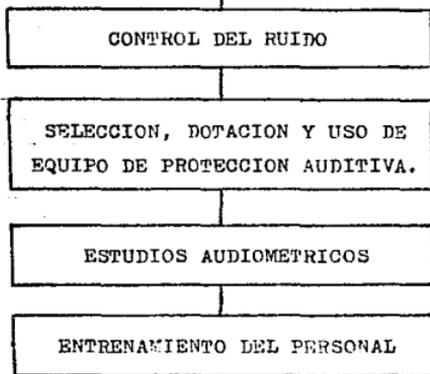
- c) Seguridad e Higiene Industrial y Comisiones Mixtas.
- d) Servicio Médico
- e) Compras
- f) Recursos Humanos (personal)
- g) Sindicato
- h) Los empleados y Trabajadores de la Empresa

Se deberá asignar a un Coordinador del programa de conservación de la audición, cuya función primordial será el vigilar el avance del mismo y su cumplimiento con los objetivos fijados.

4.3 CONTENIDO DEL PROGRAMA DE CONSERVACION DE LA AUDICION

Las diferentes etapas para la implementación del programa de conservación de la audición se muestran en el diagrama de flujo siguiente:





4.31 DETERMINACION E IDENTIFICACION DEL RIESGO ACUSTICO DE LAS AREAS.

4.311 Efectuar recorrido por todas las áreas del Centro de trabajo identificando, con sonómetro en escala (A), todos aquellos puntos en donde el nivel de presión acústica sea igual o mayor a 90 dB (A).

4.3111 A medida que se vaya efectuando cada lectura, los datos correspondientes se irán registrando en el formato para registro sonométrico, utilizando tantas hojas como resulte necesario, las cuales deben conservarse en archivo permanente, para posibles usos futuros.

4.3112 Deben elaborarse croquis en donde se identifiquen todos los puntos de medición determinados conforme al punto anterior, mismos que también se mantendrán en archivo permanente.

- 4.312 Para cada uno de los puntos con 90 o más dB (A), -
utilizando un analizador de octavas de banda, se -
determinará su espectro acústico, registrando los
datos en el mismo formato.
- 4.313 Toda área con 90 o más dB (A), debe señalarse con
avisos de "PROTECCION AUDITIVA OBLIGATORIA", así -
como identificarse claramente en los croquis co -
rrespondientes.
- 4.32 DETERMINACION DE LOS PUESTOS CON MAYOR EXPOSICION
A RIESGO ACUSTICO.

Con el objeto de obtener una información más completa acer
ca de la exposición al ruido del personal, es necesario -
realizar una dosimetría a cada trabajador que se encuentre
en movimiento continuo y no tenga un puesto fijo de traja
jo. Esto se hace mediante el uso de dosímetros de tipo -
personal, con proporción de intercambio de tiempo doble de
tres decibeles, (disminución del tiempo máximo permisible
de exposición a la mitad, por cada incremento de tres deci
beles en nivel de presión acústica, de acuerdo al instruc
tivo No. 11 de la Secretaría de Trabajo y Previsión So -
cial) determinar, para cada puesto del centro de trabajo ,
su dosis o nivel sonoro continuo equivalente (NSCE), cada
dosis o NSCE que se determine, se registrará en la " FICHA
AUDIOLOGICA PERSONAL" del trabajador, la que se mantendrá
en archivo permanente.

La frecuencia con que deben realizarse los estudios dosimé
tricos, esta determinada en base a la repetición de las -
exposiciones al ruido.

REGISTRO SONOMETRICO

CENTRAL : _____ FECHA : _____

AREA : _____

SONÓMETRO : _____

ANALIZADOR DE OCTAVA DE BANDA : _____

CALIBRADOR : _____

LECTURA INICIAL : _____ LECTURA FINAL : _____

HORA DE INICIO : _____ HORA DE TERMINACIÓN : _____

REALIZÓ : _____
Nombre y Firma

ANALISIS DE FRECUENCIAS POR OCTAVAS DE BANDA

Fecha: _____

CENTRAL:										
PUNTO No.	UBICACION	NPA dB	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	ATENUACION. R en dB

4.33 METODOS DE CONTROL, DEL RUIDO

La medición del ruido y los controles de éste juegan un papel importante para el desarrollo y el éxito del programa de conservación de la audición. Una vez que se han localizado las áreas y fuentes de ruido que son peligrosas o nocivas para la salud de los trabajadores, es necesario aplicar medidas de control para eliminar el riesgo.

Los diferentes procedimientos de control del ruido se dividen en:

Controles Técnicos

Controles Administrativos

4.331 CONTROLES TECNICOS

Los procedimientos técnicos de control tratan acerca de la reducción de los niveles sonoros en las fuentes de emisión o sobre los medios de transmisión o propagación del ruido.

Para instalaciones, existentes, una vez que se han aplicado los procedimientos de control técnico, los niveles sonoros no deberán exceder los 85 dB (A). Sin embargo, no es técnicamente o económicamente posible reducir el nivel sonoro por debajo de los 85 dB (A), por lo que se acepta que éste no exceda los 90 dB (A).

Para nuevas instalaciones, los controles técnicos se deberán diseñar de forma tal que los niveles sonoros no excedan los 85 dB (A).

a) Eliminación del ruido en su punto de origen.

Es el método más eficaz ya que soluciona el problema en su raíz. Intervienen como factores predominantes para crear ruido: el diseño, el funcionamiento no debidamente balanceado, la falta de mantenimiento y revisión oportunos y las fundaciones del equipo (bases) estas tienen importancia porque transmiten las vibraciones al piso y a los muros y estructuras del edificio. Un adecuado aislamiento mediante el uso de materiales absorbentes es la solución.

b) Separación, confinamiento o encerramiento de las fuentes de ruido.

En general, los problemas de ruido no siempre se pueden solucionar actuando sobre el origen, por lo que hace necesario en la práctica, recurrir además al método de control de interceptar el ruido en su camino de propagación.

Los procedimientos generales son:

Interferir la propagación encerrando la fuente del ruido.

Reducir el nivel de ruido del ambiente absorbiendo las ondas sonoras incidentes en diversas superficies.

4.332 CONTROLES ADMINISTRATIVOS

Los procedimientos administrativos de control tratan de la reducción de la exposición de los trabajadores a los niveles sonoros altos, nocivos para la salud de estos.

Aunque los controles administrativos son difíciles de aplicar, hay que tenerlos siempre en consideración, pues en caso de que el procedimiento técnico de control resulte ser muy costoso, o tome bastante tiempo su implementación, el método más adecuado para controlar la exposición de los trabajadores a los niveles sonoros altos será el procedimiento administrativo de control.

4.33 SELECCION, DOTACION Y USO DE EQUIPOS DE PROTECCION AUDITIVA.

Algunas veces resulta imposible reducir el ruido ambiental utilizando métodos de control técnico, ya sea por que resulten ser imprácticos o muy costosos. En estos casos se recomienda el uso de protectores auditivos. Es conveniente hacer la aclaración de que estos equipos no son una medida de control del ruido, pues este sigue existiendo en el medio ambiente. Es por esto que se recomienda el uso de protectores auditivos como último recurso después de que se han agotado todos los medios para reducir el ruido bajo niveles aceptables.

El rendimiento del equipo de protección auditivo depende tanto de la selección adecuada del mismo, así como del uso y trato que se le da a éste.

4.341 SELECCION

4.3411 Para cada punto con un nivel de presión acústica - de 90 o más dB (A), se calculará el FACTOR DE REDUCCION "R" para cada modelo o tipo de protector auditivo disponible, de acuerdo al método que establece el instructivo No. 11 de la S.T.P.S.

4.3412 Se aceptarán para su uso solamente aquellos protectores auditivos cuyo factor de reducción "R" sea suficiente para lograr que en el oído del usuario por ningún motivo se reciba un nivel de presión acústica superior a los 90 dB (A).

Hay una gran variedad de protectores auditivos en la Fig. 4.1 se muestran los diferentes tipos de protectores auditivos, los cuales se encuentran clasificados en:

- Tapones auditivos
- Orejeras

a) TAPONES AUDITIVOS

Los tapones auditivos se colocan ya sea dentro del conducto auditivo del oído externo (tapones auditivos endoaurales) o a la entrada de este (tapones auditivos semiaurales). - Estos últimos han sido diseñados para ajustarse a los oídos de todos los tamaños. Los tapones auditivos se fabrican de dos tipos: desechables y premoldeados. Los tapones auditivos premoldeados, generalmente, están hechos de plástico o

TIPO DE PROTECTOR	RANGO DE FRECUENCIAS EN HERTZ				
	1-20	20-100	100-500	500-2000	> 2000
 TAPONES	5-40	5-20	20-33	30-40	30-40
 TAPONES PEQUEÑOS	5-10	5-20	15-20	25-40	30-40
 OREJERAS	0-2	2-15	15-33	30-45	35-45
 COMBINACION DE TAPONES Y OREJERAS	10-15	15-25	25-45	30-60	40-60
 AUDIFONOS CIRCUM-AURALES	0-2	2-10	10-30	25-40	30-40
 CASCOS	0-2	2-7	7-20	20-55	30-55
 CASCO ESPACIAL	3-8	5-10	10-25	30-60	30-60

Fig. 4. 1 Tipos de protectores auditivos, protección mínima y máxima aproximada en decibeles.

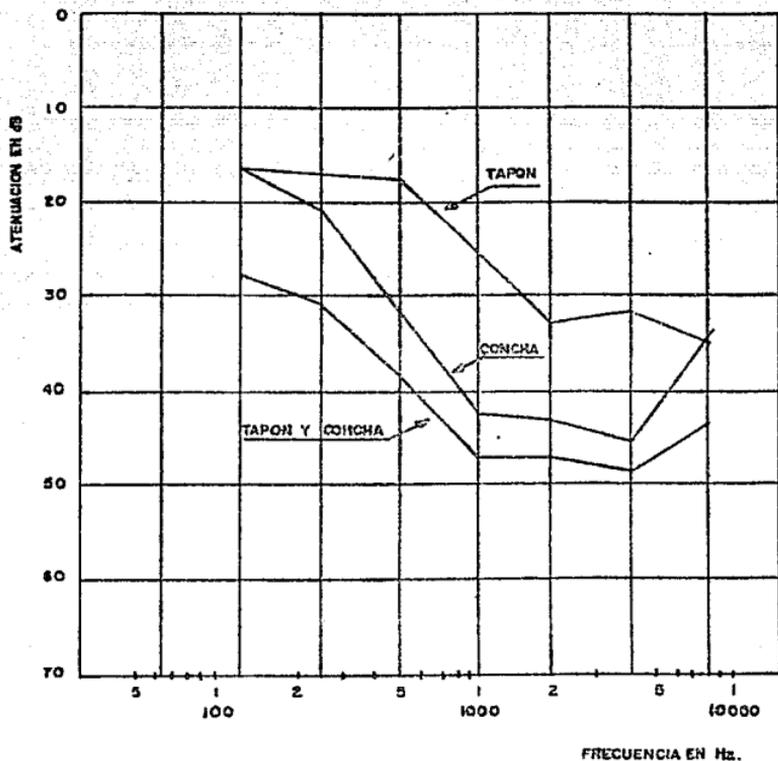


Fig. 4.2 Características de atenuación (medias) de tapones y conchas, usadas separadamente y conjuntamente.

goma (goma). En todas las formas y medidas, pero tienen una cosa en común: se pueden usar más de una vez. Estos protectores cuando están correctamente colocados en el canal auditivo, poseen una buena atenuación del ruido. Sin embargo al ser sólidos, también obstruyen el paso del aire y la transpiración, lo que puede causar una sensación de presión en el oído u otras molestias.

Es muy importante que los protectores auditivos permanentes se conserven limpios mediante un lavado regular, preferentemente cada vez que se utilizan.

Los tapones auditivos desechables son de lana de fibra mineral y otros materiales moldeables como la espuma plástica expandible. Se usan aproximadamente 10 días y después se tiran.

Uno de los tipos más comunes de tapones desechables está hecho de espuma de plástico, expandible. Su elasticidad le permite adaptarse a los cambios en la forma del conducto auditivo debido a movimientos maxilares y, al ser porosos el aire y la transpiración no son atrapados en el oído. El material utilizado con cada nuevo protector es fresco y limpio por ello son más higiénicos en la práctica que los premoldeados.

b) OREJERAS

Las orejeras contra ruido (conchas) son capas de material rígido que se fijan contra el oído y que se ajustan a la cabeza son suaves almohadillas. La presión ejercida por la

diadema, la flexibilidad del enganche entre las copas de los oídos son los factores más importantes que influyen en el confort de las orejeras.

La diadema en estas orejeras debe ejercer una firme presión inicial que deberá ir decreciendo después de unos minutos hasta llegar a un nivel confortable. Las copas tendrán que estar enganchadas a la diadema de manera tal que automáticamente adopten el ángulo correcto en cualquier forma de cabeza. Las almohadillas deben ser blandas y fácilmente intercambiables.

4.342 DOTACION Y USO

4.3421 Se deberá tener un control de inventarios que garantice el abastecimiento a cada trabajador de los equipos requeridos, en forma oportuna. El control deberá contemplar los siguientes parámetros: tiempo de entrega, consumo y, un factor de seguridad, que asegure el disponer permanentemente de ellos.

4.3422 Deberá haber en disponibilidad una variedad razonable de modelos o tipos diferentes de protectores auditivos, de entre los cuales el trabajador pueda seleccionar el que prefiera por razones de confort, anatómicas, o de gusto personal.

4.3423 Para la entrega de protección auditiva, se elaborará un documento en el que el trabajador firme de recibido por los equipos que se le entregan. Dicho documento será autorizado con la firma del supervisor

de seguridad e higiene, quien mantendrá copia del archivo permanente.

4.3424 Periodicamente, se verificará que todos los trabajadores expuestos efectivamente hayan sido dotados - con equipos de protección auditiva, mediante consulta al archivo citado en el punto anterior.

4.35 ESTUDIOS AUDIOMETRICOS

Su objetivo de este punto es establecer controles - eficientes para evitar la asignación de personal - con daños auditivos previos a áreas con riesgo acústico, así como para detectar oportunamente los casos de fatiga auditiva previa a daños permanentes, efectuando audiometrías en forma sistemática.

4.351 Todo trabajador, previo a su contratación, deberá - sujetarse a examen audiológico, elaborandose su - "ficha audiológica personal".

4.3511 En caso de detectársele alguna deficiencia auditiva, dicho trabajador no deberá ser contratado en puestos que impliquen el desarrollo de actividades en áreas con riesgo acústico.

4.3512 Debe contarse con una "ficha audiológica personal" para cada trabajador activo, permanente o temporal, base o confianza.

4.3513 En los casos de movimientos escalafonarios, de un trabajador que provenga de una área sin riesgo acústico, y que sea propuesto para trabajar en un área con riesgo acústico, la promoción no deberá efectuarse si dicho trabajador tiene deficiencias auditivas.

4.352 Deberá actualizarse periódicamente las "fichas audiológicas personales" y sus correspondientes audiogramas, de acuerdo a las siguientes bases:

- a) Para los trabajadores expuestos a ruido acústico, con nivel sonoro continuo equivalente (NSCE) de 90 o más dB, (o sea con dosis igual o mayor que 1.00), cada tres meses.
- b) Para los expuestos a ruido acústico con NSCE inferior a 90 dB (A), (o sea dosis menor que 1.00), cada seis meses.
- c) Para los no expuestos significativamente a ruido acústico, cada año.

4.353 Cuando entre un examen audiométrico y el subsiguiente se genera una pérdida auditiva para cualquier octava de banda u oído del trabajador, de 10 o más decibeles, el caso se reportará a la superintendencia de la central quien coordinadamente con personal especializado de seguridad e higiene determinará las medidas técnico-administrativas a que haya lugar.

FICHA AUDIOLOGICA PERSONAL

CENTRO DE TRABAJO _____

1. IDENTIFICACION DEL TRABAJADOR

Nombre _____

R.P.E. _____

Fecha de Nac. _____

Fecha de ingreso a C.F.E. _____

Permanente _____ Temporal _____

II. ANTECEDENTES (relacionados con la audición)

1. Patológicas

1.1 Dolor de oído(s) nunca ocasional frecuente siempre o. izq. o. der. _____

1.2 Supuración de oído(s) nunca ocasional frecuente siempre o. izq. o. der. _____

1.3 Trauma oídico (por golpes o proyección de objetos) si no o. izq. o. der. _____

fecha _____

1.4 Traumatismo craneal (con pérdida de conocimiento) si no fecha _____

1.5 Tinnitus si no o. izq. o. der. ambos fecha de aparición _____

1.6 Perforación del tímpano si no o. izq. o. der. ambos _____

1.7 Cirugía de oído(s) o mastoides si no o. izq. o. der. ambos fecha _____

1.8 Padecimientos o alergias respiratorias si no _____

2. Familiares

2.1 Sordeza en familiares consanguíneos si no _____

2.2 Malformación del pabellón o conducto oídico si no o. izq. o. der. ambos _____

2.3 Ostrucción del conducto oídico externo si no o. izq. o. der. ambos _____

3. Estreobarrales

3.1 Militar (no S.M.N.) años de permanencia _____

3.2 Oveco (años de práctica) _____ periodicidad por año ? _____

3.3 Caza (años de práctica) _____ periodicidad por año ? _____

3.4 Tiro (años de práctica) _____ periodicidad por año ? _____

3.5 Otras (especifique) _____ años periodicidad por año _____

4. Laborales (fuera de C.F.E.)

4.1 Primer trabajo "ruidoso" si no años de permanencia _____

4.2 Segundo trabajo "ruidoso" si no años de permanencia _____

4.3 Tercer trabajo "ruidoso" si no años de permanencia _____

5. Laborales (dentro de C.F.E.)

5.1 Primer puesto desempeñado _____ durante _____ años, NSCE o ésta _____

5.2 Segundo puesto desempeñado _____ durante _____ años, NSCE o ésta _____

AUDIOGRAMAS PERIODICOS

	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000																		
1- Fecha <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> día mes año																			O. DER.						
O. IZQ.																									
2- Fecha <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> día mes año																			500 1000 2000 3000 4000 6000 8000	O. DER.					
O. IZQ.																									
3- Fecha <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> día mes año																			500 1000 2000 3000 4000 6000 8000	O. DER.					
O. IZQ.																									
4- Fecha <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> día mes año																			500 1000 2000 3000 4000 6000 8000	O. DER.					
O. IZQ.																									
5- Fecha <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> día mes año																			500 1000 2000 3000 4000 6000 8000	O. DER.					
O. IZQ.																									
6- Fecha <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> día mes año																			500 1000 2000 3000 4000 6000 8000	O. DER.					
O. IZQ.																									

fecha

FIRMA DEL TRABAJADOR

NOMBRE y FIRMA DE QUIEN APLICA

4.36 ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL

Su objetivo es estimular en los trabajadores la participación en el programa de conservación de la audición mediante programas de capacitación y entrenamiento específicos en la materia.

4.361 Implementar y desarrollar un curso básico de protección auditiva, dirigido a todo el personal de la central. En dicho curso además de los conceptos básicos se deberá dar información sobre el "programa de conservación de la audición".

4.362 Periodicamente, impartir este curso al personal de nuevo ingreso. Al momento de ingresar, independientemente de haya o no recibido ya el curso.

4.363 Controlar mediante listas de asistencia firmadas por los participantes en el curso básico, que todos los trabajadores lo hayan tomado, mantener las listas de asistencia en archivo permanente.

CONCLUSIONES

El notable aumento en la contaminación en su aspecto ruido, causante de la disminución de la audición y stress en el ser humano, a venido preocupándolo cada día más por encontrar soluciones o controles para protegerse de este enemigo.

En el presente trabajo la finalidad principal es la implantación de un programa que coadyuve al mantenimiento de la salud y bienestar de los trabajadores de una central termoeléctrica, lo cual también redundará en el aumento de la productividad de dicha institución.

Es importante en estos tiempos difíciles de avance para nuestro país, hacer insistencia en los trabajadores en que la seguridad e higiene es una de las disciplinas que debe pasar a formar parte de su cultura, para continuar avanzando y sacar adelante a nuestro país. Por esta razón la primera gran tarea para el éxito del programa, es la motivación de las partes que participan en la implantación de dicho programa. Consideramos recomendable en primer lugar, obtener la autorización, aprobación y apoyo para su implantación, para esto se deberá recurrir a los mandos superiores mediante la exposición de los objetivos del programa y de los beneficios que conlleva su implantación. Partiendo de dicha aprobación es necesario también la colaboración de las demás partes involucradas, teniendo en cuenta que de acuerdo al nivel gerárquico, será la responsabilidad que adquirimos para que dicho programa funcione.

Consideramos que el presente trabajo contempla los aspectos más importantes sobre el conocimiento del sonido, mecanismo auditivo, ruido y aspectos generales de una central termoeléctrica. Fundamentos que nos ayudarán a comprender más el problema y hacer consciencia de su importancia para su control. El contenido de dicho trabajo puede servir de base para conformar la información necesaria para la implantación del curso para entrenamiento del personal.

Con la participación responsable de todos y el cumplimiento del contenido que contempla el programa se alcanzarán los objetivos fijados.

BIBLIOGRAFIA

- Jess, J. Josephs. La física del sonido musical, México, Reberte Mexicana S.A., 1969.
- Alonso, Marcelo y Acosta, Virgilio. Introducción a la Física, Bogotá, Cultural Colombiana LTDA, 1975.
- Sears, Francis W. Física Universitaria, México, Addison-Wesley Ibero Americana S.A., 1988
- Eyzaguirre, Carlos y Fidone, Salvatore. Fisiología del sistema Nervioso, Buenos Aires, Ed. Medica panamericana, 1977.
- Guyton, Arthur C. Anatomía y Fisiología del sistema nervioso, Buenos Aires, Ed. Medica panamericana, 1990.
- Leukel, Francis. Introducción a la Psicología Fisiológica, Barcelona, Ed. Herdere, 1986.
- Bloomfield, J. J. Introducción a la Higiene Industrial, México, Ed. Reberte, 1964
- Ruiz, Jose María. Conocimientos Básicos de Higiene y Seguridad, en el trabajo, Bilbao, Ed. Deustus S.A., 1978.
- De la Poza, José María. Seguridad e Higiene Profesional, Madrid, Ed. Paraninfo S.A., 1990
- Prontuario datos técnicos C.G.C.T., C.F.E. 1991.

Manual de Seguridad e Higiene, Central
Escuela Celaya, C.F.E., 1990.

Becher, J. P. Seminario del Ruido Industrial, México,
AMHSAC., 1990.

Blake, Roland P. Seguridad Industrial, México, Ed. Diana,
1980.