



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN.

DISEÑO DE UN AUDIOMETRO

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Presenta

JOSE ANTONIO ALVARADO LOPEZ

Director de la Tesis

ING. JOSE LUIS RIVERA LOPEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

C O N T E N I D O

PREFACIO.....	1
---------------	---

C A P I T U L O I

INTRODUCCION.....	4
-------------------	---

C A P I T U L O II

ASPECTOS MEDICOS Y AUDIOLOGIA

2.1 EL OIDO HUMANO.....	10
2.2 ANATOMIA DEL OIDO.....	10
2.3 FISIOLOGIA DEL OIDO.....	12
2.4 ESTIMACION DE LA INTENSIDAD DE UN SONIDO.....	15
2.5 TRANSFORMACION DE LA ENERGIA SONORA EN IMPULSOS NERVIOSOS.....	15
2.6 AUDIOLOGIA.....	17
2.7 PRUEBAS EFECTUADAS ANTERIORMENTE.....	18
2.8 EL AUDIOMETRO.....	22
2.9 AUDIOMETRIA DEL TOMO PURO.....	25
2.10 AUDIOMETRIA DEL LENGUAJE.....	30
2.11 PRUEBAS ADICIONALES.....	32

C A P I T U L O III

ASPECTOS DE ACUSTICA

3.1 PROPIEDADES DEL SONIDO.....	37
3.2 PROPAGACION DEL SONIDO.....	37
3.3 INTENSIDAD SONORA.....	38
3.4 PRESION SONORA Y NIVEL DE PRESION SONORA.....	40
3.5 ESPECTRO EN FRECUENCIA DEL SONIDO.....	41
3.6 CAMPO LIBRE Y REVERBERANTE.....	44
3.7 LA RESPUESTA EN FRECUENCIA.....	45

3.8	LA RESPUESTA EN FASE.....	46
3.9	LA DISTORSION.....	46
3.10	LA DISTORSION ARMONICA.....	46

C A P I T U L O I V
NORMA PARA AUDIOMETROS

4.1	ALCANCE.....	49
4.2	OBJETIVO.....	49
4.3	DEFINICION DE TERMINOS.....	51
4.4	RECOMENDACIONES PARA LOS AUDIOMETROS.....	53
4.5	REQUISITOS GENERALES.....	56
4.6	FUENTES DE SEÑALES.....	59
4.7	CCNTRILES.....	67
4.8	RECOMENDACIONES PARA LOS TONOS DE REFERENCIA.....	74
4.9	TRANSDUCTORES.....	76
4.10	MARCADO E INSTRUCCIONES.....	77

C A P I T U L O V
DISEÑO

5.1	PARTES QUE INTEGRAN UN AUDIOMETRO.....	81
5.2	DIAGRAMA A BLOQUES DEL DISEÑO.....	81
5.3	GENERADORES DE FUNCIONES.....	81
5.4	ATENUADORES.....	86
5.5	SEÑAL DE RUIDO.....	87
5.6	AMPLIFICADOR.....	90
5.7	TRANSDUCTORES.....	90
5.8	FUENTE DE ALIMENTACION.....	91
5.9	CIRCUITO DEL AUDIOMETRO (DISEÑO).....	93
5.10	INDICADORES DE INTENSIDAD.....	94

C A P I T U L O V I
AUDIOMETRIA

6.1	FUENTES DE ERROR EN AUDIOMETRIA.....	96
-----	--------------------------------------	----

6.2	CONDICIONES ACUSTICAS DE LOS LOCALES.....	96
6.3	DEFICIENCIAS COMUNES EN LOS AUDIOMETROS.....	97
6.4	CUIDADOS DE UN AUDIOMETRO.....	98
6.5	AUDIOMETRIA DE TONO PURO.....	99
6.6	AUDIOMETRIA DEL LENGUAJE.....	104

	C O N C L U S I O N E S.....	120
--	------------------------------	-----

	A P E N D I C E.....	122
--	----------------------	-----

	B I B L I O G R A F I A.....	123
--	------------------------------	-----

P R E F A C I O

Desde hace mucho tiempo el ruido ha existido, pero en las últimas décadas de la época contemporánea se le ha venido dando una mayor importancia, habiéndose quienes le han llamado "La Enfermedad de Nuestro Siglo", sobre todo desde que se descubrió que el ruido no solo a niveles elevados sino también a niveles bajos producidos, pueden ocasionar pérdidas permanentes en la audición, así como actividades negativas para la sociedad y por lo tanto igual que la contaminación ambiental, atentan en si contra la naturaleza misma, debiendo ser eliminados.

El ruido acústico en términos generales se puede definir como: Todos los sonidos desagradables o no deseables por los individuos. En base a lo anterior, en la actualidad se ha dado gran importancia a este problema, habiéndose llegado en las últimas décadas a desarrollar estudios, los cuales nos informan las respuestas no solo físicas sino mentales con respecto al ruido.

Para llegar a estas conclusiones, fué necesario un arduo y largo camino para lograr, poco a poco, las unidades necesarias para su evaluación.

Como es bien sabido, desde hace mucho tiempo el ruido causa e induce a la sordera, a continuación se exponen una serie de consecuencias generadas por el ruido:

- a) Enojo o molestia
- b) Interferencia con la conversación
- c) Tension y Neurosis
- d) Somnolencia y Cansancio
- e) Efectos sobre la Eficiencia del Trabajo

- f) Efectos potencialmente dañinos en la audibilidad
- g) Trauma Acústico, desde la locura hasta la muerte.

Se ha tratado de eliminar el ruido ya que éste presenta un peligro constante para el ser humano, como esto es casi imposible se le ha tratado de disminuirlo y por lo tanto tener niveles de ruido aceptables para poder soportarlo.

Debido a que el trabajador se encuentra escuchando ruido en forma continua, trae como consecuencia la pérdida auditiva. Como resultado de esto se han diseñado aparatos, los cuales puedan cuantificar dicha pérdida y son denominados " AUDIOMETROS ".

El objetivo de esta tesis es el diseño de un audiómetro para evaluar la pérdida auditiva de una persona.

A continuación se da una breve explicación de los capítulos que contiene esta tesis:

En el capítulo I.- Se da una breve historia de la aparición de los audiómetros debido a que tenía que evaluarse la pérdida auditiva cuando la persona presentaba deficiencias al escuchar sonidos o el lenguaje.

En el capítulo II.- Se detallan los aspectos médicos como son; partes que forman el oído humano, su funcionamiento y la interpretación que le da el cerebro a los diferentes sonidos, así como las primeras pruebas que se implementaron y algunas audiometrías.

En el capítulo III.- Se informan sobre las características esenciales que determinan al sonido y algunos parámetros que se encuentran en él.

En el capítulo IV.- Se detallan los requisitos necesarios que debe satisfacer un audiómetro y recomendaciones a estos para

su buen funcionamiento.

En el capítulo V.- Se detallan las diferentes etapas que constituyen el diseño del audiómetro, así como los cálculos de las partes que lo integran.

En el capítulo VI.- Se especifican cuales son los errores que se incurren en una audiometría, las condiciones que deben prevalecer en los locales que se realizan las audiometrías, las deficiencias más comunes que presentan los audiómetros y las pruebas que se pueden realizar con el audiómetro diseñado.

CAPITULO I

1.- INTRODUCCION

CAPITULO I

INTRODUCCION

El término audimetría significa medición de la audición, por tanto comprende todos los procedimientos de investigación que tratan de cuantificar la agudeza auditiva.

Cada prueba de audición representa un experimento psicológico y como tal tiene sus inconvenientes; se trata de una medida de sensación que tropieza con grandes dificultades ya que influyen muchos factores, como por ejemplo el nerviosismo de la persona, el lugar en que se realiza, etc.

No existe además una agudeza auditiva general, sino especial para tonos determinados ya que la sensibilidad del oído es sumamente variada.

La diferencia de tonos de los sonidos es provocada por la frecuencia de éstos, la frecuencia del sonido representa: el número de vibraciones que se producen en el aire, al viajar el sonido a través de él. Una persona con oído normal puede escuchar sonidos con una frecuencia entre 20 y 20 000 Hz.

La intensidad del sonido es la característica mediante la cual al escucharlo podemos decir si es fuerte o débil y se mide en decibelios.

Anteriormente para hacer la prueba audiológica se utilizaban diapasones de diferentes tonos y para la intensidad del sonido se cuicheaba, estos métodos estaban llenos de limitaciones y defectos por lo que los resultados de los mismos no eran muy confiables.

Con la aparición de aparatos electroacústicos fué posible conseguir intensidades tonales controlables, este control se logró re-

dante la relación existente entre las intensidades tonales y la intensidad de la corriente.

Las primeras investigaciones que se realizaron para lograr un aparato electroacústico fueron hechas por JOHNSON, KUMMEL, BRUNINGS - mediante el uso del teléfono, en el cual la intensidad del tono es - proporcional al cuadrado de la amplitud de la membrana telefónica, - este cuadrado de la amplitud es proporcional a su vez a la intensidad de la corriente alterna que es enviada al teléfono, las pruebas acústicas utilizando el teléfono no dieron resultados clínicos apreciables debido a dificultades técnicas.

Poco después en Alemania fué construido el primer aparato --- electroacústico por GRIESMANN. Este aparato llamado otoaudíón tiene como principio la obtención de corriente alterna de frecuencia e intensidad regulables que son transformadas en energía sonora por un altavoz. Como productoras de corriente alterna actúan válvulas que dan alternancias senoidales, esta frecuencia es controlada de manera exacta.

Existen válvulas de alta frecuencia, cada una produce una superposición originando una oscilación superpuesta cuya frecuencia - es igual a la diferencia entre las dos primeras oscilaciones. Esta - oscilación superpuesta se dirige al mismo sentido de la corriente al terna, y llevada a un altavoz se hace audible.

Las diferentes frecuencias se regulan por un mecanismo físico, en una de las válvulas permanece constante la frecuencia variándose las de las demás .

Las diferentes intensidades se regulan por medio de un potenciómetro.

En la actualidad las pruebas audiológicas se realizan por medio de un aparato electroacústico llamado audiómetro, este aparato nos permite efectuar las siguientes pruebas:

UMBRAL AUDITIVO

AUDICION SUPRALIMINAR

LOGOAUDIOMETRIA

El procedimiento audiométrico de mayor importancia y de aplicación más frecuente es la determinación del umbral auditivo. Entendiéndose por " UMBRAL AUDITIVO" la mínima intensidad de sonido - para la cual es perceptible un tono, o sea el límite tono audible.

El umbral auditivo de las personas de oído sano está perfectamente determinado mediante una serie de experiencias y lo llamamos umbral auditivo normal. El umbral auditivo que se considera normal - se ha determinado mediante pruebas hechas a personas que dijeron no haber tenido nunca problemas auditivos por lo que se les consideró sanas en ese sentido y se obtuvo un promedio de todas estas pruebas hechas a un número suficiente de personas.

Método de audición supraliminar. Son las sensaciones auditivas que se encuentran en la zona de volumen claramente audibles, entendiéndose por volumen a la intensidad de un sonido o una voz. Por ejemplo podemos comparar la sensación de volumen del oído derecho -- con la del izquierdo o determinar el volumen con el cual el tono de prueba comienza a volverse incomodo para el oído o bien medir la fatiga del órgano auditivo por la acción prolongada de un sonido fuerte.

La tarea más importante de la audición humana es la comprensión del lenguaje. Una disminución en la capacidad auditiva, causa molestias en la medida en que se entorpece la comprensión del lenguaje.

je. Las audiometrías anteriores solamente ofrecen conclusiones burdas sobre la comprensión del lenguaje.

La logoaudiometría permite determinar exactamente la audición y comprensión del lenguaje con listas de números, palabras y frases normalizadas.

La palabra de prueba se escucha desde un grabador de cinta que está conectado a un control de volumen especialmente calibrado.

De esta breve descripción de un audiómetro y de una prueba audiométrica se comprende el hecho de que para diseñar un audiómetro se deben tomar en cuenta una gran cantidad de factores, tales como, conocer el funcionamiento del oído su manera de conducir el sonido desde que entra en la oreja hasta que llega al cerebro en forma de impulsos eléctricos hasta aspectos profundos de electrónica, sobre todo de amplificadores de audio, pasando por conocimientos acústicos como, las leyes del sonido, su naturaleza y propagación.

C A P I T U L O I I
ASPECTOS MEDICOS Y AUDIOLOGIA

- 2.1 **EL OIDO HUMANO**
- 2.2 **ANATOMIA DEL OIDO**
- 2.3 **FISIOLOGIA DEL OIDO**
- 2.4 **ESTIMACION DE LA INTENSIDAD DE UN SONIDO**
- 2.5 **TRANSFORMACION DE LA ENERGIA SONORA EN IM
PULSOS NERVIOSOS**
- 2.6 **AUDIOLOGIA**
- 2.7 **PRUEBAS EFECTUADAS ANTERIORMENTE**
- 2.8 **EL AUDIOMETRO**
- 2.9 **AUDIOMETRIA DEL TONO PURO**
- 2.10 **AUDIOMETRIA DEL LENGUAJE
(LOGOAUDIOMETRIA)**
- 2.11 **PRUEBAS ADICIONALES**

2.1 EL OIDO HUMANO

El mecanismo de audición humana es esencialmente un transductor electroacústico altamente sensible que responde a ondas sonoras de un vasto alcance de frecuencias, intensidades y formas de onda. Este transforma las fluctuaciones de presión sonora en pulsos en el nervio auditivo. Estos pulsos son llevados al cerebro, el cual los interpreta e identifica y los convierte en sensaciones.

El oído humano es más sensible a los cambios de frecuencia que a los de intensidad y más sensible a sonidos de baja intensidad que a los de alta intensidad.

2.2 ANATOMIA DEL OIDO

El oído humano está constituido por tres partes:

- a) Oído externo, está formado por el pabellón de la oreja, -- conducto auditivo externo y tímpano.
- b) Oído medio que está formado por el martillo, yunque y es-- tribo, que son una serie de huesecillos.
- c) Oído interno, está formado por el caracol y nervios audi-- tivos.

La conducción del sonido se efectúa de dos formas:

- i) Conducción aérea. Esta conducción es a través del oído ex-- terno, medio e interno hacia el cerebro.
- ii) Conducción ósea. Esta conducción es a través del oído in-- terno hacia el cerebro.

Un diagrama del oído se muestra en la figura 2.1

La audición empieza a declinar casi desde el momento en que -- nacemos.

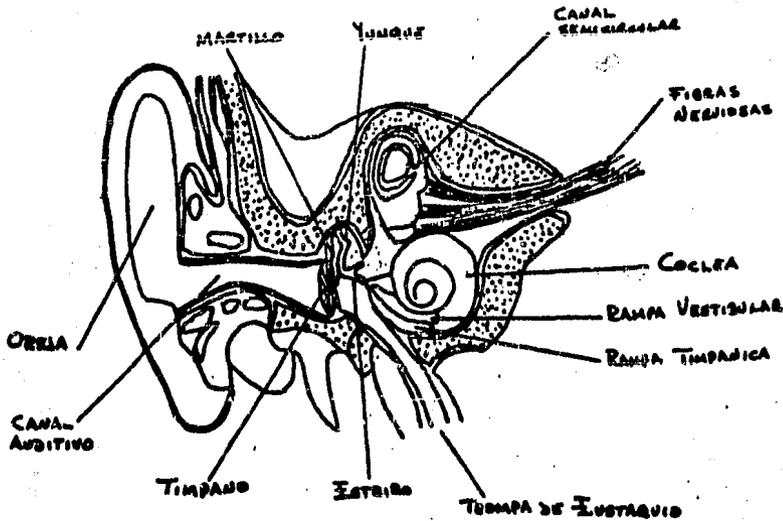


FIG. 2.1 Diagrama del Oído .

Un niño tiene una amplitud auditiva de 20 a 30 000 Hz. Un Adolescente tiene una amplitud de 20 a 20 000 Hz., y una persona mayor su amplitud llega a 8 000 Hz.

Las causas de esta pérdida de la audición es debida a que -- los tejidos van perdiendo elasticidad, las células nerviosas degenerándose forman depósitos de calcio en lugares críticos. Principalmente en estos tiempos la pérdida de la audición se debe a sonidos -- de alta intensidad.

A continuación se muestra en la tabla 2.2 diferentes niveles aceptables de ruido en lugares más comunes.

A M B I E N T E	NIVEL ACEPTABLE DE RUIDO dB
Taller o Fábrica ,	60 - 70
Oficinas	50 - 55
Gimnasio, Albercas y Salones de Deporte	40 - 50
Restaurantes, Bar y Cafeterías	35 - 45
Oficinas privadas, Librerías, Tribunales	30 - 40
Cines, Hospitales, Iglesias pequeñas	25 - 35
Salas de Conferencias	
Salón de Clases, Salas de Televisión	20 - 30
Grandes Salas de Conferencias	
Sala de Conciertos, Teatros	20 - 25
Clínicas de Diagnósticos y Evaluaciones	10 - 20
Audiométricas	

TABLA 2.2.- Indica los diferentes niveles de ruido aceptables en diferentes lugares.

2.3 FISILOGIA DEL OIDO

El pabellón de la oreja recoge los sonidos que son emitidos, estos pasan a través de un conducto de dos o tres centímetros de -- largo hasta llegar al tímpano que es una membrana resistente y bien tensada de un centímetro de diámetro cuya área es aproximadamente de 70 mm^2 . La parte central del tímpano está conectada con el mango del martillo, que a su vez se articula con el yunque, y éste con el estribo. El movimiento del estribo hace que se desplace hacia dentro y hacia fuera la ventana oval que es veintidos veces menor que el tímpano y por lo tanto el sonido recibido del pabellón de la oreja está amplificado veintidos veces.

El caracol es un órgano membranoso formado por tubos espirales, un diagrama del caracol se muestra en las figuras 2.3 y 2.4.

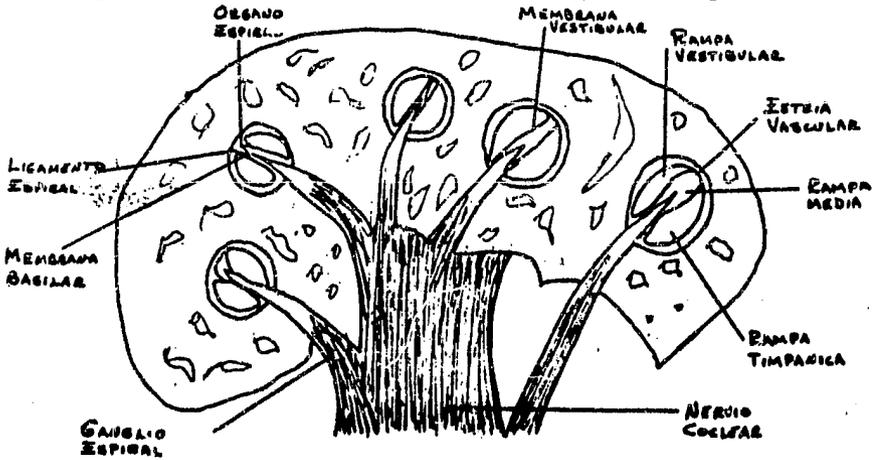


Fig. 2.3 Corte Transversal del Caracol

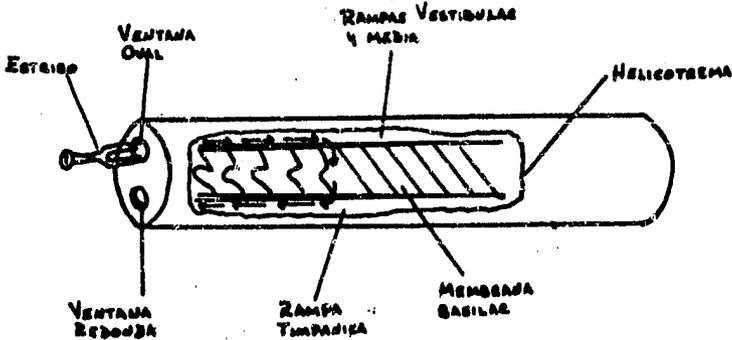


Fig. 2.4 Desplazamiento del líquido de la Cóclea cuando avanza el estribo.

El caracol consta en realidad de tres tubos adyacentes distintos, llamados rampa vestibular, rampa tímpanica y rampa media. Todos estos tubos están llenos de líquido y separados entre sí por membranas. La membrana situada entre la rampa vestibular y la media es muy delgada y no impide el paso de las ondas sonoras, su funcionamiento consiste simplemente en separar el líquido de la rampa media, de la vestibular. La membrana que separa la rampa media de la tímpanica, llamada membrana basilar, es un tejido muy fuerte que impide el paso de las ondas sonoras. En la superficie de la membrana basilar están situadas las células receptoras de los sonidos, llamadas células ciliadas. Cuando un sonido entra en el caracol - la ventana oval se mueve hacia dentro y empuja el líquido vestibular como se muestra en la figura 2.4. La presión súbita en la rampa vestibular hace que la membrana basilar sobresalga en la rampa tímpanica, la cual empuja el líquido que contiene ésta última hacia la ventana redonda. Después cuando la vibración sonora hace que el estribo se mueva hacia atrás, el fenómeno se invierte, el líquido se mueve en dirección opuesta por el mismo camino y la membrana basilar se abulta hacia la rampa vestibular.

El movimiento de estos líquidos es captado por las células ciliadas y llevado por el nervio auditivo hacia el cerebro.

En el caracol ocurre un fenómeno llamado "RESONANCIA", por el cual cada frecuencia sonora vibra en una parte distinta de la membrana basilar.

La frecuencia de las vibraciones es regida por dos factores.

En primer lugar, cuanto mayor es la tensión originada en las fibras basiliares con tanta mayor rapidez retrocederá y se moverá en

dirección opuesta, y mayor será la frecuencia de vibración. El segundo factor es el líquido que vibra en el caracol que se desplaza en la ventana oval y la redonda.

Cuando llega a la ventana oval un sonido de alta frecuencia, la onda sonora sólo recorre una pequeña distancia de la membrana basilar y pronto llega al punto de resonancia. En este lugar, la membrana basilar vibra "acorde" o "en resonancia" con la frecuencia del sonido. En consecuencia la membrana se mueve enérgicamente.

Así cuando el sonido es de frecuencia media, la onda recorre una distancia mayor en la membrana basilar antes de llegar a la zona de resonancia y finalmente, los sonidos de baja frecuencia, recorre casi toda la membrana antes de llegar a la zona de resonancia, un diagrama respecto a la resonancia de las frecuencias se muestra en la figura 2.5.

2.4 ESTIMACION DE LA INTENSIDAD DE UN SONIDO.

La intensidad de un sonido depende de la intensidad del movimiento de las fibras basilares. Cuanto mayor desplazamiento de vaivén, tanto mayor es la intensidad del estímulo de las células ciliadas y el número de impulsos nerviosos transmitidos al cerebro, que indican el grado de intensidad.

2.5 TRANSFORMACION DE LA ENERGIA SONORA EN IMPULSOS NERVIOSOS

No se ha esclarecido por completo el mecanismo en virtud del cual la vibración de las fibras basilares convierten la energía sonora en impulsos nerviosos; sin embargo, se ha comprobado experimentalmente que la vibración de las fibras basilares origina potenciales -eléctricos en las células ciliadas. Al moverse la célula ciliada en

una dirección, el potencial por encima de la membrana basilar se torna positiva y por debajo negativa, después cuando la fibra basilar vibra en dirección opuesta, se modifica la polaridad del potencial.

Se cree que este potencial eléctrico desencadena impulsos en las fibras nerviosas y filamentosas que están en conexión con las células ciliadas, un diagrama de la conducción de los impulsos, se muestran en la figura 2.6 y que desde estas fibras nerviosas las señales pasan a través del nervio óptico hacia el cerebro.

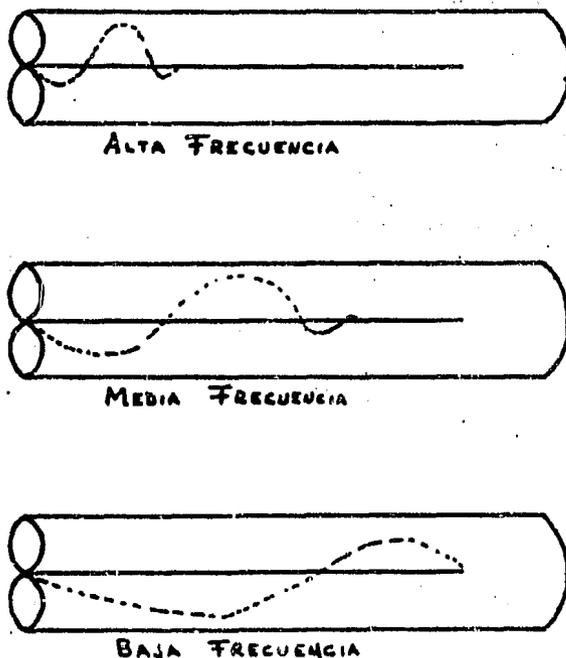


Fig. 2.5 Zona de Resonancia en la Membrana Basilar

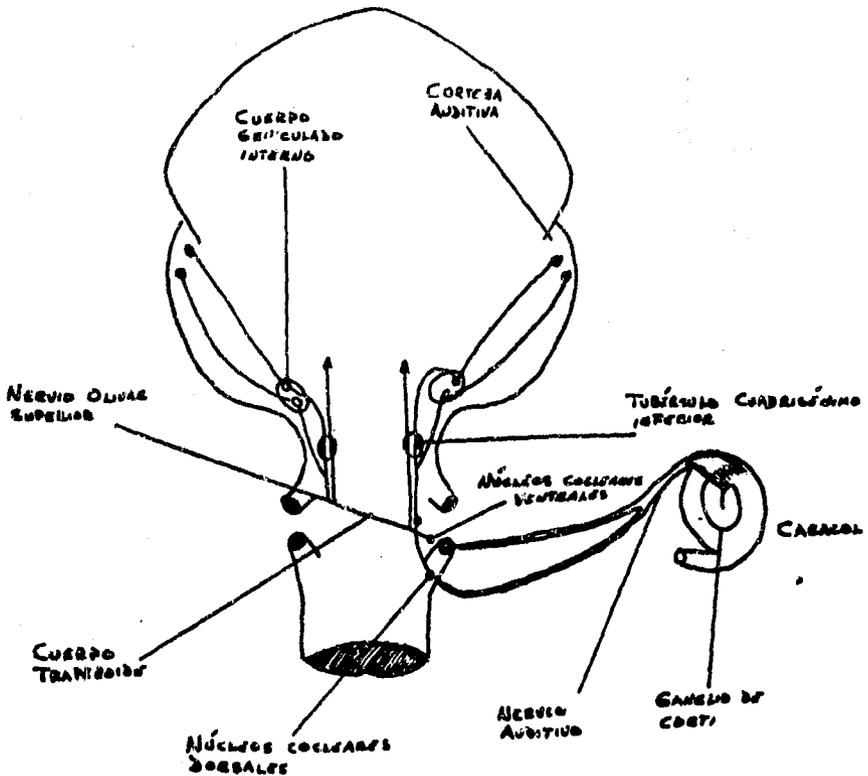


Fig. 2.6 Conducción de los Impulsos Auditivos del Caracol hacia el Sistema Nervioso Central.

2.6 AUDIOLOGIA

La audiológica es el estudio de la audición.

Un examen funcional del oído debe incluir una prueba de audición, al menos mediante diapazón y es aconsejable realizar otras --- pruebas audiométricas.

El término pérdida de la audición es preferible a la palabra sordera, ya que ésta implica una incapacidad total para escuchar --- cualquier sonido y la primera cubre todo el grado de incapacidad para escuchar y entender, incluyendo pérdida total de la audición.

Hay dos tipos principales de pérdida de la audición, y estos pueden ser causados por numerosos trastornos. La lesión puede variar desde un cuerpo extraño en el conducto auditivo hasta enfermedades del sistema nervioso central. Puede estar localizado en el conducto auditivo externo, el tímpano y el espacio del oído medio, la cóclea, el octavo par craneal o el encéfalo mismo.

El principal propósito de las pruebas de audición es medir el grado de pérdida de la audición; secundariamente determinar si la pérdida de la audición es de naturaleza neurosensorial o de conducción.

Una lesión del oído externo o del espacio del oído medio, siempre que la cóclea, el octavo par craneal y el encéfalo sean normales, causa pérdida de la audición por conducción aérea es decir, la lesión bloquea la conducción del sonido a la cóclea, provocando disminución de la energía para estimular las células ciliares.

La eliminación de la lesión, la cirugía de la cadena de huesecillos o cuando esto no es posible la amplificación del sonido, deben restablecer un grado de audición normal.

Por otra parte, una lesión de la cóclea, del octavo par craneal o del encéfalo, resulta en pérdida de la audición por conducción ósea, tal lesión puede causar un problema serio para entender la palabra hablada. En otros pacientes, cuando el sonido puede ser amplificado en forma adecuada, la comprensión puede ser excelente. En la mayoría de los enfermos, la pérdida de la audición por conducción ósea es permanente.

2.7 LAS PRUEBAS DE AUDICION QUE SE PUEDEN REALIZAR SON LAS SIGUIENTES:

a) Prueba de voz

La prueba más sencilla de la audición consiste en la voz hablada o susurrada a una determinada distancia, como a 5 m.

El ambiente debe ser tranquilo, y el examinador debe saber la -- respuesta esperada a su propia voz, hablada o susurrada, dada a una determinada distancia por un sujeto normal. La respuesta en tonces puede ser registrada como 5 m / 5 m , por ejemplo, si el sujeto escucha una voz tranquila a una distancia de 5 m. Si la -- distancia esperada para un sujeto normal es de 5 m, y el sujeto puede oírla solo a una distancia de 1.5 m. el resultado se registra 1.5 m / 5 m, un susurro bajo suele ser escuchado por una -- persona normal a una distancia aproximada de 1.8 m. en las pruebas de voz susurrada o hablada, debe taparse el oído que no se -- está probando. El sujeto no debe estar de frente al examinador para que no obtenga claves visuales. Hay poca oportunidad en estos días para las pruebas de voz susurrada o hablada.

b).- Pruebas con Diapazón.

Todo médico debe tener un diapazón para probar la audición, aún cuando disponga de un audiómetro. El diapazón más útil es aquel que vibra a 512 Hz. El diapazón se activa golpeándolo suavemente sobre el nudillo, produciendo un sonido de intensidad baja o -- mediana mas que alta.

El oído que no se está probando es enmascarado (bloqueado) fro-- tando una gasa contra el mismo o utilizando un caja de ruido (dia -- positivo Barany para hacer ruido).

c).- Prueba de Rinne.

Se hace vibrar el diapazón y se sostiene en forma alternativa más o menos a 2.5 cm, del conducto auditivo externo con las puntas -- del mismo paralelas a éste (conducción aérea); luego con la ba--

se aplicada de manera firme contra la apófisis mastoidea inmediatamente por detrás y ligeramente por abajo del pabellón de la oreja (conducción ósea).

La respuesta normal, denominada " Rinne Positiva " es cuando el diapazón se escucha mejor si se aplica al conducto auditivo externo. Esto indica que la conducción aérea es mejor que la conducción ósea. Una prueba " Rinne Negativa ", con el sonido sobre la apófisis mastoidea es más alto que el que se escucha en el conducto auditivo externo, señala mejor conducción ósea que aérea lo cual es producido por una pérdida de la audición por conducción.

d).- Prueba de Weeber .

La prueba de Weeber se hace colocándo el diapazón en vibración sobre la línea media de la frente y preguntando al paciente si es más alto el sonido en el oído izquierdo, en el derecho, o es igual en ambos.

No debe haber lateralización del sonido en el paciente normal - lo cual indica prueba de " Weeber negativa ".

La prueba de Weeber referida al lado derecho o al izquierdo es evidencia de que el sonido se oye mejor en el oído respectivo; -- la prueba de Weeber puede complementarse en aquellos pacientes que no la escuchan cuando se les coloca el diapazón en la frente, poniendo la base del diapazón en vibración sobre los dientes del maxilar superior (si el paciente no usa dentadura postiza). En el cuadro 2.7 se muestra el análisis de las vibraciones del diapazón.

CUADRO 2.7

	PRUEBA DE RINNE	PRUEBA DE WEEBER
Audición normal en: Ambos Oídos	P O S I T I V A	No lateralizada
Sordera de conducción en: Oído Derecho	Oído derecho-negativa Oído izquierdo-positi va	Lateralizada al oído derecho
Oído Izquierdo	Oído derecho-positivo Oído izquierdo-negati va	Lateralizada al oído Izquierdo
Ambos Oídos	Oído derecho-negativa Oído izquierdo-negati va	Lateralizada al oído más deficiente
Sordera neurosensorial en: Oído Derecho	Positiva bilaterálmen te	Lateralizada al oído izquierdo
Oído Izquierdo	Positiva bilateralmen te.	Lateralizada al oído Derecho
Ambos Oídos	Positiva bilateralmen te	Lateralizada al oído de mejor función

Cuadro 2.7 .- Análisis de las Vibraciones del Diapazón.

e) Prueba de Schawabach

La prueba de Schawabach se lleva a cabo aplicando la base del diapazón en vibración primero sobre la apófisis mastoidea del paciente y luego sobre la del examinador. Una prueba "Schawabach normal", indica el mismo grado de audición tanto del examinador como del paciente. Una prueba "Schawabach acortada" indica que el diapazón colocado alternativamente es escuchado más tiempo por el examinador que por el paciente. Si el examinador sabe que su audición es normal, entonces la prueba "Schawabach acortada" indica disminución de la audición del paciente.

También puede utilizarse el diapazón para comparar la conducción aérea del paciente con la del examinador.

2.8 PRUEBA AUDIOMETRICA

El audiómetro es un instrumento electrónico que produce sonidos de frecuencia variable y de intensidad controlada, para medir la agudeza auditiva de la persona.

El audiómetro consiste generalmente en:

- a) Un oscilador, que produce sonidos de frecuencia conocida
- b) Un atenuador, el cual varía el grado de intensidad del sonido puro.
- c) Audifonos, los cuales transmiten el sonido al oído que se está examinando.
- d) Un oscilador óseo para medir la audición por conducción ósea, una medida de la función de la cóclea y del octavo par craneal

Un diagrama a bloques de un audiómetro se muestra en el diagrama 2.8.

Los valores resultantes son registrados en una gráfica llamada audiograma. El grado de audición en decibeles (dB) se marca --

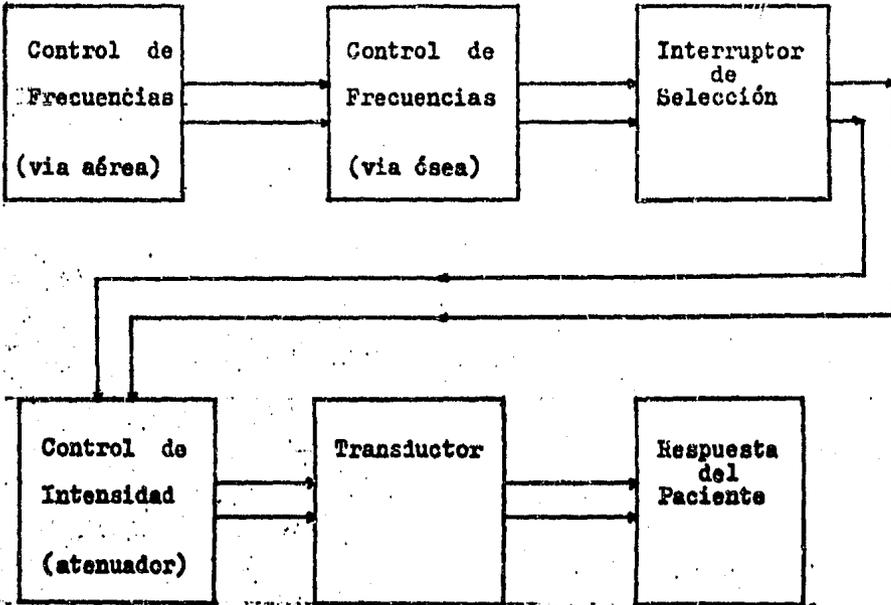


Diagrama 2.8.- Diagrama a bloques de un audiómetro.
sobre la ordenada, y la frecuencia del sonido en Hertz sobre la
abscisa.

El valor cero en el audiograma es un valor de presión de sonido escogido en forma arbitraria, en el cual el adulto joven normal escuchará un sonido presentado al oído. Los valores ascendentes en decibeles representan el aumento de intensidad sobre cero que podría requerirse para permitir que la persona sometida a prueba escuche el sonido emitido.

La mayoría de los audiómetros contienen un generador de ruido. El ruido se usa para enmascarar al oído que no se está probando para imposibilitarle la percepción del tono de prueba.

Es un conocimiento común que la presencia de un sonido disminuya la capacidad individual para oír otros sonidos. Se cree que se debe a que los receptores auditivos previamente estimulados se encuentran en estado refractario absoluto o relativo para estos estímulos, igual que las fibras nerviosas. El grado en que un tono enmascara a otros tonos, está relacionado con su frecuencia.

El efecto enmascarador del ruido de fondo en todos los ambientes a prueba de ruido, eleva el umbral auditivo en cantidad definida y medible.

Los tonos graves enmascaran a los agudos pero no al revés. Para el enmascaramiento audiométrico usamos un ruido que se escucha de una manera similar al rumor del oleaje. Se le denomina "Ruido Blanco"; blanco porque contiene todas las frecuencias de la zona audible como el color blanco en el que están contenidos todos los colores visibles. El ruido blanco tiene las características de que todas las frecuencias tienen un volumen similar en él. La zona de las frecuencias y volúmenes que se hacen inaudibles por este ruido blanco delimita su efecto de enmascaramiento.

El sonido aéreo pasa por el cráneo para volúmenes entre 50 y 60 dB, y se propaga como sonido craneano. Ya que los huesos son buenos conductores del sonido, siempre hay que contar con que éste llegará al oído (interno) contralateral.

Para mediciones por vía aérea, el oído contralateral debe enmascarse si no se ha alcanzado el umbral auditivo para un volumen de 50 dB, para el oído probado.

El ruido enmascarador debe tener siempre el mismo volumen que el tono de prueba. Entonces si queremos determinar un umbral auditivo con un volumen de 50 dB, proporcionamos al oído contralateral un --

ruido con volumen de 50 dB; si el umbral está en 70 dB, el oído enmascarado recibe un ruido de 70 dB de volumen, y así sucesivamente. Se recomienda suministrar el tono de prueba intermitente.

En la figura 2.9 se muestran diferentes formas de registro de la audición.

2.9 AUDIOMETRIA DE TONO PURO

La audiometría de tono puro alude a las medidas de umbral de conducción aérea y ósea para sonidos de frecuencia variable como, - tonos medios, graves y agudos.

El umbral auditivo se obtiene separadamente para los oídos derecho e izquierdo. Se comienza siempre por el mejor oído.

Generalmente, el mismo paciente puede indicar con que oído escucha mejor. Para hipoacusias de valores similares es indistinto el oído cuya audición se mida primero.

La mejor manera de cercar el valor del umbral auditivo es:

Se fijará a 1000 Hz. en la perilla de frecuencias para el primer tono de prueba y se procede de la siguiente manera:

- 1.- Por uno o dos segundos aumentar el volumen para que el paciente perciba claramente el tono.
- 2.- Volver el volumen a cero dB, o por lo menos bajarlo tanto para que el paciente no oiga nada.
- 3.- Aumentar nuevamente el volumen hasta que el paciente vuelva a percibir el tono.
- 4.- Bajar lentamente el volumen hasta que el paciente indique que no oye.
- 5.- Aumentar nuevamente el volumen poco a poco hasta que el paciente vuelva a oír el tono.

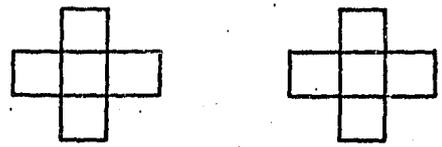
Luego de acortar (encontrar) el umbral auditivo para mil Hz. se

NOMBRE: _____ EXP N°: _____

SEXO: _____ EDAD: _____ FECHA: _____

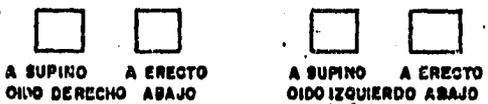
ANTECEDENTES Y EXPLORACION O. R. L.:

NISTAGMUS ESPONTANEO



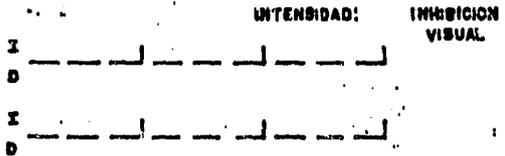
NISTAGMUS POSTURAL

LATENCIA:
 INTENSIDAD:
 DURACION:
 VERTIGO:
 REPETICION:
 RASTREO: -



NISTAGMUS OPTOCUINETICO:

PRUEBAS TERMICAS



PRUEBA PENDULAR

CLAVE DE SIGNOS PARA REPRESENTAR EL NISTAGMUS:



ANALISIS AUDIOLÓGICO

AUDIÓGRAMA DE TONO PURO
FRECUENCIA

150 1750

	500	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
-10												
0												
10												
20												
30												
40												
50												
60												
70												
80												
90												
100												

RESUMEN

PERÍODO PROMEDIO 500-2000
AEREA D _____ dB
I _____ dB
OSEA D _____ dB
Z _____ dB
UNIVERSAL DEL LENGUAJE
D _____ dB
I _____ dB
DIN _____ dB
DISCRIMINACIÓN DE SIL.
D _____ %
I _____ %
DIN _____ %
En Ruido _____ %

CLAVE

AEREA D O-O (ROJO)	ENMASCARAMIENTO	COMUNICACIÓN DE PRUEBA
I X-X (AZUL)	MIENTRO	PRUEBA DE
OSEA D <-< (ROJO)	ENMASCARAMIENTO	QUÉSTION 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
I >-> (AZUL)	MIENTRO	CONFORTABILIDAD
		BUENA REEFERENCIA
		APROXIMADO UTILIZADO
		SIN ENMASCARAMIENTO
		CALIFICACION AUDIOMETRICA
		1950 1964 1961 1961

INDICACIONES DEL PACIENTE

Audición Espontánea _____
Progresiva _____ Varios _____
Audición Actual
Méodo _____ País _____
Tiempo Actual
Si _____ Síntesis _____ No _____
Silencio _____
Ruido _____
Audición Presuntiva
Grupos _____ Individuos _____
Telefónico _____
Audición en
D _____
I _____

OBSERVACIONES _____

RESULTADOS DE PRUEBA ESPECIAL _____

FIG. 2.7a FORMA DE REGISTRO

repite el procedimiento para tonos más graves y más agudos.

Se recomienda seguir un orden irregular para seleccionar las frecuencias (por ejemplo: 1000, 125, 500, 250, 1500, 4000, 3000, 12 000, 6 000 y 8 000 Hz) .

Las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz; son las más importantes para el entendimiento del lenguaje.

Cuando pacientes hipoacúsicos hacen indicaciones imprecisas se recomienda que el tono de prueba no sea continuo sino intermitente. Un tono que aparece y desaparece instantáneamente es mejor percibido en el umbral auditivo.

Los valores del umbral determinados deben graficarse en el audiograma.

Una clasificación de la pérdida de la audición será:

- 1.- de 10 a 20 dB normal
- 2.- de 20 a 40 dB pérdida de la audición superficial
- 3.- de 40 a 60 dB pérdida de la audición media
- 4.- de 70 a 100 dB pérdida de la audición profunda
- 5.- Mayor de 110 dB pérdida total de la audición (anacusia)

La prueba por vía ósea se comienza colocándo el auricular óseo - detrás del pabellón de la oreja (en la apófisis mastoidea) y se le sujeta con una banda de goma alrededor de la cabeza.

El umbral auditivo se haya de manera similar a la prueba por vía aérea. Los valores se grafican en los mismos audiogramas.

En estas audiometrías se enmascara el oído que no es probado.

2.10 AUDIOMETRIA DEL LENGUAJE (LOGOAUDIOMETRIA)

La prueba de la capacidad auditiva con voz cuchicheada y hablada sirve para determinar la distancia en metros a la cual el paciente - puede repetir correctamente lo que el médico le dice.

Esta logoadiometría a distancia es un procedimiento necesario e imprescindible aún hoy, debido a su sencillez. Desgraciadamente, existe una serie de fuentes de error; la sala de prueba es distinta para cada práctica y para cada clínica; cada investigador habla con distinto volumen y claridad, y usan palabras de prueba variadas; ni siquiera el mismo médico puede conservar siempre el mismo volumen de voz. Esto influye mucho sobre la distancia de la fuente sonora, por lo que es muy difícil comparar los resultados.

La voz del médico se reemplaza por una cinta grabada o un disco con palabras de prueba normalizadas. Todas estas preparaciones tonales son copia de una cinta patrón, por lo que se usa siempre un mismo material de prueba, así se eliminan grandemente las fuentes de error.

La logoaudiometría se realiza mediante audifonos para el estudio de cada oído por separado y un altoparlante para la prueba simultánea de los dos oídos.

La voz de prueba se compone de números de dos cifras y de palabras mono y bisilábicas. La prueba numérica se compone de 10 grupos de 10 números, la monosilábica de tres grupos de 50 palabras y la bisilábica de 12 grupos de 25 palabras cada uno.

Para la prueba de comprensión de frases hay 8 grupos de 10 frases cortas usadas en el lenguaje corriente.

Como hay un umbral auditivo normal para tonos de prueba tenemos un diagrama normal de comprensión para números, palabras monosilábicas, bisilábicas y frases. Este se ha determinado por una serie de experiencias con personas de audición normal.

En las figuras 2.10 y 2.11 se muestran audiogramas normales de tonos y lenguaje.

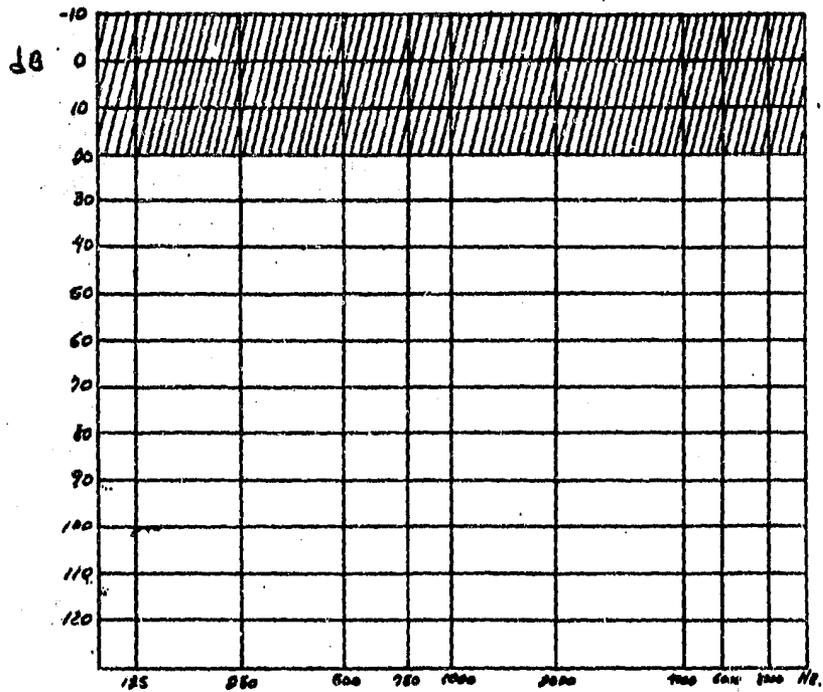


FIG. 2.10 AUDIOSRAMA DE UNA AUDICION NORMAL

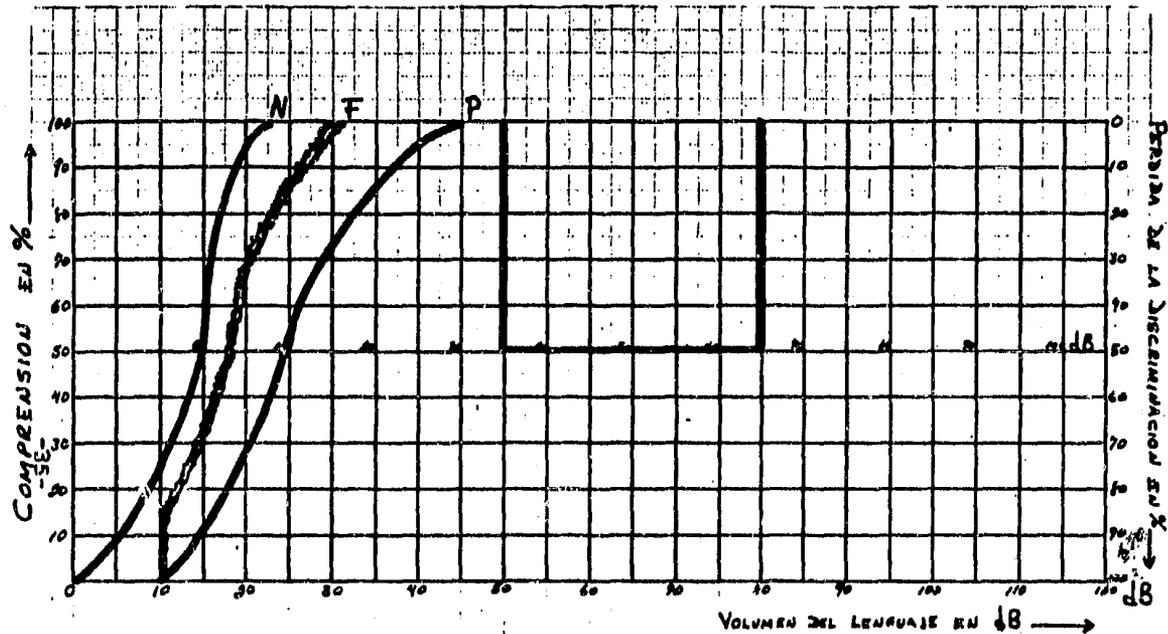


FIG. 2.11 AUDIOGRAMA DEL LENGUAJE DE UNA AUDICION NORMAL

N = NUMEROS
 F = FRASES
 P = PALABRAS

2.11 PRUEBAS ADICIONALES

Hay un gran número disponible de pruebas sofisticadas de la audición para el audiólogo moderno, y se describirán brevemente algunas.

a) Prueba de SISI.- Esta prueba llamada también índice de sensibilidad al incremento corto, es otro instrumento audiológico para la identificación del sitio de la lesión específicamente la cóclea. Esta prueba se basa en el fenómeno que personas con una lesión cóclea pueden distinguir cambios más pequeños de intensidad que personas -- con audición normal.

b) Prueba del Decaimiento del tono.- Esta prueba muestra un descenso del umbral para el sonido de larga duración, indicando a menudo una lesión del octavo par craneal.

c) Audiometría de BEKESY

Compara el umbral del sujeto para un tono de presentación continua en el umbral para un tono interrumptido.

Esta audiometría puede indicar una lesión del octavo par craneal o sus conexiones con el sistema nervioso central.

El audiograma de BEKESY es un método de diagnóstico útil cuando se utiliza como parte de una evaluación clínica y audiométrica -- completa. No es una prueba diagnóstica específica ya que ocurren -- excepciones en todos los tipos descritos anteriormente.

d) Audiometría para recién nacidos.- Puede hacerse una prueba de tipo escrutinio a un recién nacido presentándole un sonido y notando la respuesta de parpadeo o el reflejo aural-palpebral, la respuesta de susto (reflejo de moro), el despertar o el giro de la cabeza. Cualquier persona que tenga la ocasión de verificar la audición en lactantes o niños pequeños haría bien en tener a la mano un

silbato, campana u otro dispositivo para hacer ruido, con el objeto de tener una estimación burda de cualquier trastorno grave de la audición. El descubrimiento temprano del lactante hipoacúsico es importante para que la rehabilitación auditiva pueda comenzar a una edad en que es muy posible asegurar el óptimo desarrollo del lenguaje.

e) Audiometría de Juego.- La audiometría de juego alude a un número de técnicas según las cuales el niño es condicionado a responder a estímulos auditivos utilizando presentaciones de juegos visuales. La mayoría de los niños con edad de 3 años o más pueden ser probados por los medios convencionales.

f) Audiometría Cortical (Audiometría de respuesta evocada).-

La audiometría cortical se basa en la observación de que la estimulación auditiva provoca una respuesta cortical, la cual es medible por electroencefalografía. Esta técnica es aplicable especialmente en lactantes, pacientes con retardo mental, simuladores y aquellos con sordera psicógena.

CAPITULO III

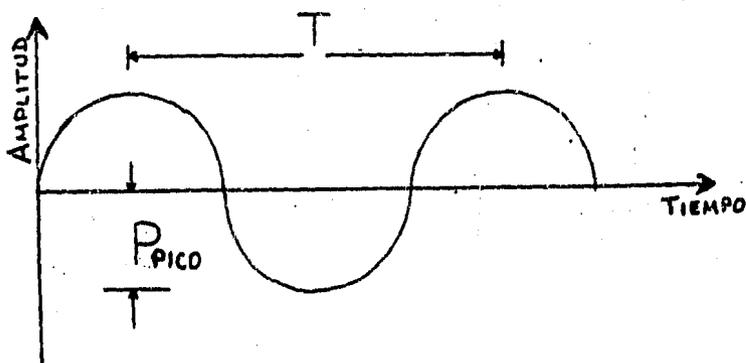
ASPECTOS DE ACUSTICA

- 3.1 PROPIEDADES DEL SONIDO
- 3.2 PROPAGACION DEL SONIDO
- 3.3 INTENSIDAD SONORA
- 3.4 PRESION SONORA Y NIVEL DE PRESION SONORA
- 3.5 ESPECTRO EN FRECUENCIA DEL SONIDO
- 3.6 CAMPO LIBRE Y REVERBERANTE
- 3.7 LA RESPUESTA EN FRECUENCIA
- 3.8 LA RESPUESTA EN FASE
- 3.9 LA DISTORSION
- 3.10 LA DISTORSION ARMONICA

3.1 PROPIEDADES DEL SONIDO

El sonido consiste en la vibración de partículas en medios gaseosos, líquidos o sólidos. Se manifiesta como variaciones de presión en el medio y viene caracterizado por las amplitudes instantáneas de las vibraciones, sus frecuencias y relaciones de fase.

La señal sonora más sencilla son los tonos puros u ondas senoidales que quedan totalmente definidas por la amplitud de su pico (presión de pico P_{pico}), y su frecuencia f (igual a $1/T$, siendo T el periodo de oscilación). En la figura 3.1 se muestra una onda senoidal.



3.1 Onda Senoidal

3.2 PROPAGACION DEL SONIDO

El sonido se propaga a una velocidad "C", que es característica del medio y que, por ello, determina la longitud de onda de la señal en cada medio, para una frecuencia dada según:

$$\lambda = cT = c/f$$

Donde:

- λ = Longitud de onda
 c = Constante del medio
 T = Período
 f = Frecuencia

La velocidad del sonido en el aire; a una temperatura de laboratorio es de 344 m/s y en el agua dulce de 1450 m/s.

3.3 INTENSIDAD SONORA

Intensidad es la energía radiada por un cuerpo sonoro transmitido al órgano auditivo por medio de un movimiento ondulatorio en un medio material.

La amplitud de la onda progresiva incluirá no solamente la magnitud de energía de un punto dado, sino también la velocidad con que está energía se encuentra disponible en ese punto. O sea que la amplitud de la onda depende de tres factores:

- 1) Amplitud de desplazamiento del cuerpo vibrante
- 2) El área superficial del cuerpo sonoro
- 3) La distancia de la fuente al punto de audición.

Por lo tanto debemos definir intensidad de la onda; como el promedio de la energía que pasa a través de una unidad de área en una dirección determinada.

Es decir, la intensidad en un punto determinado es proporcional al cuadrado de la amplitud del movimiento.

La intensidad esta definida por:

$$I = \frac{P^2}{\rho c} \quad \frac{\text{WATTS}}{\text{m}^2}$$

Donde:

- I = Intensidad
 P = Presión sonora
 ρ = Densidad del medio
 C = Velocidad de propagación

La intensidad sonora según una dirección determinada en un punto de un medio acústico se define como la rapidez de transmisión de la energía a través de su área unitaria perpendicular a la dirección considerada en el punto dado de una onda.

Para una fuente esférica la intensidad sonora en un medio sin pérdidas y a una distancia r de la fuente se define como:

$$I = \frac{WA}{S} = \frac{WA}{4\pi r^2} \quad \frac{\text{WATTS}}{\text{m}^2}$$

Donde:

- I = Intensidad sonora
 WA = Potencia de la fuente esférica
 S = Área de la fuente esférica

A una distancia suficiente r , de la fuente sonora (en el campo alejado), la intensidad es también proporcional al cuadrado de la presión sonora P , por lo cual P es proporcional a I/r . Esta relación se conoce por "Ley Inversa del Cuadrado de la Distancia" o "Ley Inversa de la Distancia".

Así el sonido de mínima intensidad que puede ser escuchado es $I = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Por otra parte, los ensayos psicológicos muestran que el ser humano juzga la sensación sonora de acuerdo con una escala aproximadamente logarítmica.

En la figura 3.2 se muestra una fuente puntual propagándose en un medio.

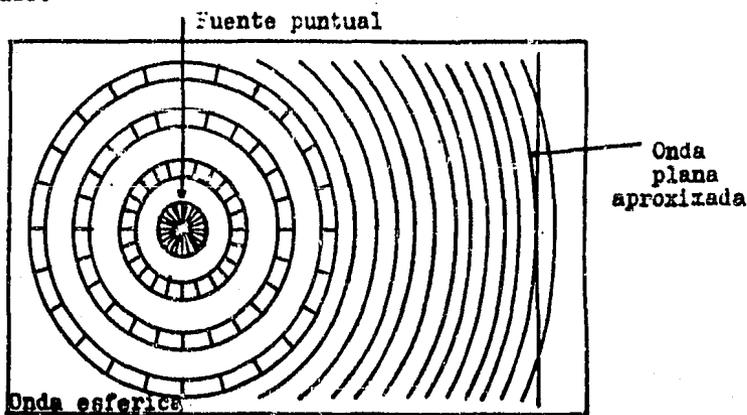


Fig. 3.2 Propagación de un sonido en un medio

3.4 PRESION SONORA Y NIVEL DE PRESION SONORA

El valor más usado es la presión eficaz por su relación directa con la energía sonora, y está definida por:

$$P_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt}$$

donde:

P_{ef} = Presión eficaz

T = Período

P = Presión sonora

t = Tiempo

Otro valor característico importante es la presión media definida por:

$$P_m = \frac{1}{T} \int_0^T |P(t)| dt$$

Donde:

- P_v = Presión media
 T = Período
 t = Tiempo
 P = Presión sonora

El nivel de presión sonora (SPL en Inglés) se define como la relación logarítmica de la presión sonora eficaz a la presión - eficaz de referencia.

$$N.P.S = 20 \text{ Log } \frac{P}{P_o}$$

Donde:

- N.P.S = Nivel de presión sonora
 P = Presión sonora
 P_o = Presión sonora eficaz de referencia siendo su valor
 igual a 20 μ Pa.

A veces se usan las siguientes relaciones entre los valores anteriores para caracterizar mejor las señales.

$$\text{Factor de Cresta } F_1 = \frac{P \text{ Eficaz}}{P \text{ Media}} = 1.11 \text{ Para senoidal pura.}$$

$$\text{Factor de Cresta } F_c = \frac{P \text{ Pico}}{P \text{ Eficaz}} = \sqrt{2} \text{ Para senoidal pura.}$$

3.5 ESPECTRO EN FRECUENCIA DEL SONIDO

Todas las señales finitas se pueden describir como combinación de un cierto número de ondas senoidales. Estos componentes de la señal constituyen el espectro en frecuencia de la señal. Una onda senoidal singular, (un tono puro), se representa por una línea en el espectro en frecuencia y cualquier señal periódica, se resuelve en -

un cierto número de ondas senoidales discretas, o sea, líneas en el espectro en frecuencias.

El espectro de las señales de ruido, en cambio, está constituida por componentes de frecuencia infinitamente próximos, por lo cual, el espectro se suele definir por su densidad espectral.

En tal sentido, la magnitud más usada es la densidad espectral de energía (a veces PSD, del Inglés "Power Spectral Density") definida matemáticamente por:

$$W(f) = \lim_{B \rightarrow 0} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{BT} \int_0^T P_B^2(t, f) dt$$

Donde

- $W(f)$ = Densidad espectral
- P_B = Potencia
- f = Frecuencia
- T = Período
- B = Banda de la señal
- t = Tiempo

Una de las ventajas del concepto de densidad espectral de energía es el hecho de que del espectro en frecuencia se puede calcular la potencia (y por tanto , el valor P eficaz) para una banda de frecuencia dada.

En la figura 3.3 se muestran funciones con su respectivo espectro en frecuencia.

En el caso de regímenes transitorios y de impulsos no hay potencia de régimen permanente y, por ello es más exacto dar el espectro en frecuencia como un espectro de energía.

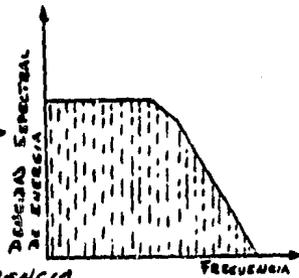
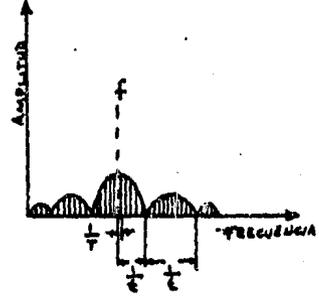
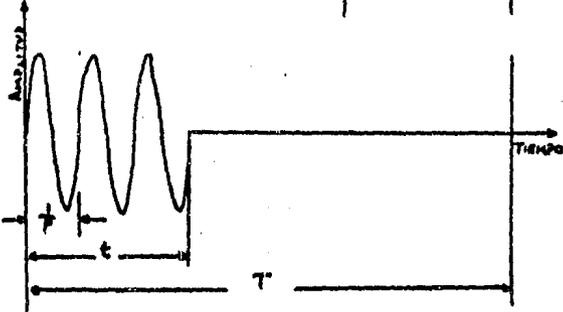
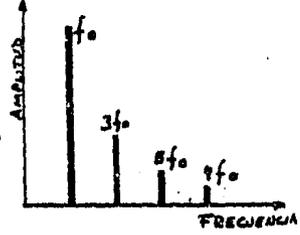
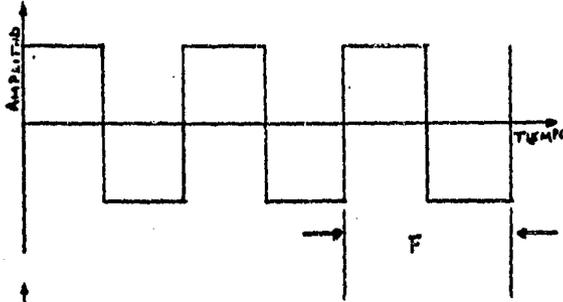
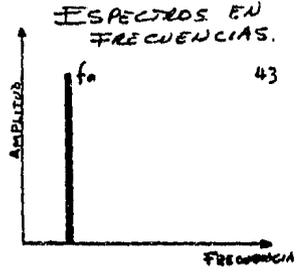
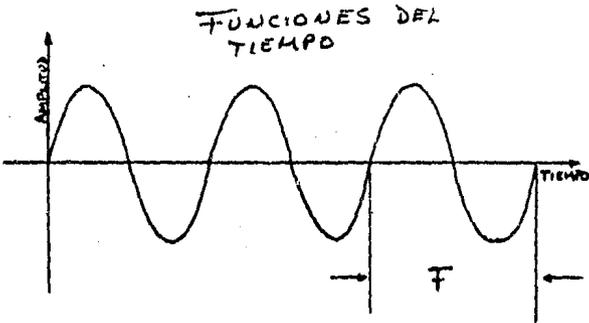


FIG. 3.3 ESPECTRO EN FRECUENCIA DE VARIAS FUNCIONES.

3.6 CAMPO LIBRE Y REVERBERANTE

El campo libre se define como el espacio en el que los límites, si existen, ejercen una influencia despreciable sobre el campo sonoro. Por ello, en un campo libre no puede existir objeto físico alguno que perturbe al sonido por reflexión o difracción.

Las condiciones de campo libre se dan al aire libre a cierta altura sobre el suelo, o en el interior de los locales en los que las paredes se han recubierto de materiales muy absorbentes -- que evitan las reflexiones.

En un campo libre, el nivel de presión sonora caerá 6 dB cada vez que se doble la distancia desde la fuente. Esta circunstancia se conoce por "Ley Inversa del Cuadrado de la Distancia".

Se define en cambio, como campo reverberante, o difuso, el espacio en que las reflexiones determinan la existencia de un campo sonoro uniforme. Este campo se logra en locales con paredes muy duras y muy reflectoras colocadas sin paralelismo para evitar las ondas estacionarias, que destruirían al campo difuso .

Las salas de escucha ordinarias se encuentran entre ambos extremos, naturalmente y de ahí que, a veces se les llame semireverberantes. En la figura 3.4 se muestra el recorrido del sonido en un local cerrado.

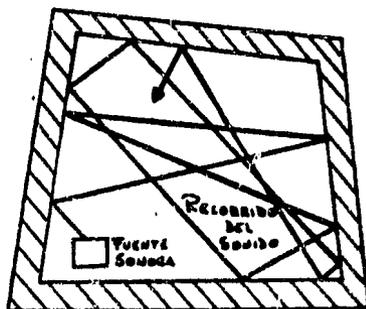


Fig. 3.4 Recorrido del Sonido en un Local Cerrado.

3.7 RESPUESTA EN FRECUENCIA

La medida más común eléctrica y acústica de los sistemas es la respuesta en frecuencia. La respuesta en frecuencia a excitación senoidal pura es suficientemente significativa para la parte eléctrica.

Pero cuando se miden altavoces u otros transductores acústicos en una cámara anecoica, no es suficiente, porque se ignora el efecto de la carga acústica, es decir, del local de audición.

Por ello, se deben realizar otras medidas adicionales, tales como la potencia sonora y en un local típico.

Investigaciones recientes han demostrado que las medidas -- de respuestas en frecuencia realizadas en el local real de escucha con ruido aleatorio de un tercio de octava, combinadas con las de respuesta en potencia y fase, proporcionan la mejor correlación -- con las impresiones subjetivas.

La principal dificultad para alcanzar este objetivo está en la definición de un local típico y aún se puede dudar razonablemente de que esto se puede alcanzar alguna vez por la gran variedad -- de sus tamaños, en función de los tipos y materiales de construcción y aún los gustos de los diferentes países. Sin embargo si se pudiera llegar a un acuerdo sobre un local típico se podrían realizar medidas comparables sobre equipos de distintos fabricantes en distintos lugares y lo que sería más importante, como fruto de la experiencia se facilitaría la predicción del funcionamiento de cada altavoz en locales dados. Pero claro que a falta de este local normalizado, seguirá siendo útil para los fabricantes el montarse su propio local típico con bien definidas características acústicas.

3.8 RESPUESTA EN FASE

Las medidas de respuesta en frecuencia nos dicen muy poco por sí mismas sobre la respuesta transitoria del sistema. Pero cuando se le combina con la respuesta en fase se puede predecir la respuesta transitoria. Tradicionalmente, la respuesta transitoria se ha medido (o mejor dicho se ha valorado) con impulsos de tono, pero ahora se puede obtener una ~~imagen~~ más completa porque la respuesta en fase se puede medir con tanta facilidad como la frecuencia. Cuanto más lineal sea la respuesta en fase tanto mejor será la del sistema a los transitorios, como los que aparecen en los instrumentos de percusión, en el ataque de una trompeta, en el pizzicato de los violines, etc.

3.9 LA DISTORSION

Las respuestas en frecuencia, en fase y la distorsión son, probablemente, los tres tipos de medida más importantes.

Pero de hecho las tres son, en cierta forma, medidas de distorsión. Si la respuesta en fase no es lineal resultará una distorsión en el tiempo. En realidad todas las medidas buscan detectar las distorsiones de la onda original de uno u otro tipo.

3.10 DISTORSION ARMONICA

Desgraciadamente los amplificadores y altavoces introducen en la salida de los sistemas frecuencias que no existían a la entrada. Este hecho se debe, en principio a las alinealidades de por ejemplo, los transitorios o el campo magnético del altavoz. Para una frecuencia singular de entrada esto produce la distorsión armónica y para varias frecuencias de entrada la distorsión por intermodulación. En la figura 3.5 se representa la distorsión armónica y en ella se aprecia que se aplica al sistema un tono de 1000 Hz que produce después

componentes de distorsión a 2000 Hz (2a armónica), 3000 Hz, 4000 Hz y así sucesivamente. La distorsión armónica total correspondiente a esta señal es la raíz cuadrada del cociente de la suma de los cuadrados de los componentes de la distorsión por la suma de los cuadrados de todos los componentes de la señal.

$$d = \sqrt{\frac{a_2^2 + a_3^2 + \dots + a_n^2}{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2}} \times 100 \%$$

Donde:

a_n Es la amplitud del enesimo armónica

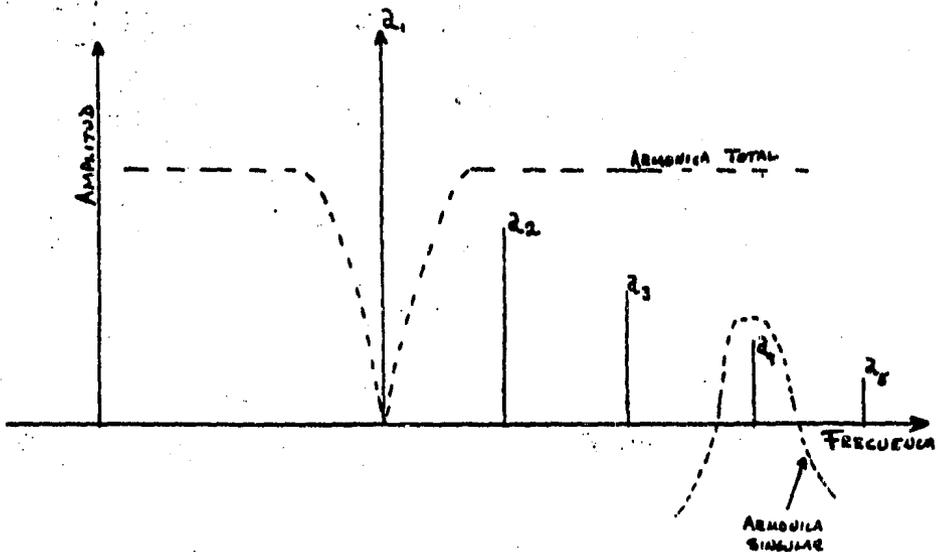


Fig. 3.5 DISTORSION ARMONICA PARA UN TONO DE 1000 Hz.

C A P I T U L O I V

NORMA PARA AUDIOMETROS

(REQUISITOS NECESARIOS PARA DISEÑAR AUDIOMETROS)

- 4.1 ALCANCE
- 4.2 OBJETIVO
- 4.3 DEFINICION DE TERMINOS
- 4.4 RECOMENDACIONES PARA LOS AUDIOMETROS
- 4.5 REQUISITOS GENEPALES
- 4.6 FUENTES DE SEÑALES
- 4.7 CONTROLES
- 4.8 RECOMENDACIONES PARA TONOS DE REFERENCIA
- 4.9 TRANSDUCTORES
- 4.10 MARCADO E INSTRUCCIONES

4.1 ALCANCE

Esta norma especifica los requisitos para diseño de audiómetros, principalmente para usarse en determinar el umbral de audición en comparación con una norma elegida como referencia.

4.2 OBJETIVO

El propósito de esta norma es asegurar:

- a) Pruebas de audición, particularmente el umbral, en un oído humano llevado a cabo con diferentes audiómetros los cuales cumplen con esta norma y pueden dar el mismo resultado bajo condiciones similares.
- b) El resultado obtenido puede representar una buena comparación entre la audición de un oído probado y el de referencia.

Los audiómetros pueden ser clasificados de la siguiente manera:

De acuerdo al tipo de señal que generan (tono puro, lenguaje o ambos) de acuerdo con el modo de operación, a su complejidad o el rango de función auditiva (diagnóstico, examen, etc). Sin embargo para justificar la clasificación de los audiómetros, se definen 5 tipos. Audiómetros con los cuales es posible hacer un diagnóstico valorado (teniendo como mínimo ambas conducciones ósea y aérea) son clasificados como tipos 1, 2 y 3. Audiómetros de conducción aérea son clasificados como tipos 4 y 5.

Todos los audiómetros y otros equipos para pruebas audiológicas pueden ser considerados como unidades funcionales. Esta norma cubre los requisitos generales para audiómetros como un entero también con sus unidades funcionales: fuentes de señal, con-

troles y transductores.

En suma, las unidades especificadas cubren la mayoría de las aplicaciones audiométricas, instrumentos los cuales pueden no necesariamente ser audiómetros de tono puro (tal como un sistema acústico impedancia-admitancia o un generador de ruido de banda angosta) pero los cuales contienen circuitos para medir la sensibilidad auditiva o presentar una señal supraliminal, donde es posible, conforme a las cláusulas apropiadas de esta norma.

En la tabla 1 se indican los requisitos generales para un audiómetro.

Esta norma en ningún momento intenta restringir o inhibir el desarrollo e incorporación de nuevas características u otras mejoras probables para ayudar a las mediciones fisiológicas, especialmente diseñados para pruebas de audición por métodos objetivos.

TABLA 1

REQUISITOS GENERALES

CARACTERISTICAS	FUENTE DE SEÑAL	CONTROLES DE NIVEL	TRANSDUCTORES
SEGURIDAD	TONOS PUROS	MARCADO	CONDUCCION AEREA
TIEMPO DE ENCENDIDO	LENGUAJE	EXACTITUD DEL NIVEL DE PRECISION DEL SONIDO Y VIBRACION	CONDUCCION OSEA
VARIACION SUMINISTRADA Y CONDICIONES AMBIENTALES	SONIDO DE ENMASCARAMIENTO	CONTROL PARA EL NIVEL DE AUDICION SONIDO ENMASCARADOR	
RADIACION ACUSTICA NO DESEADA		INTERRUPTOR DE TONO	

4.3 DEFINICION DE TERMINOS

4.3.1 AUDIOMETRO DE TONO PURO

Un instrumento para la medición de la audición de tonos puros y en particular del umbral auditivo.

a) Audiómetro Manual

Un audiómetro de tono puro el cual presenta las señales, frecuencia y la selección del nivel de audición y los resultados obtenidos son manualmente registrados.

b) Audiómetro de Registro Automático.

Un audiómetro de tono puro el cual presenta las señales, variación del nivel de audición, selección de frecuencia o variación y el registro de las respuestas del paciente son efectuadas automáticamente.

4.3.2 AUDIOMETRO DE LENGUAJE

Un instrumento para la medición de la audición para la prueba de lenguaje.

4.3.3 CONDUCCION AEREA

Transmisión del sonido a través del oído externo y medio hacia el interno.

4.3.4 CONDUCCION OSEA

Transmisión del sonido hacia el oído interno mediante una vibración mecánica del hueso craneal y tejido blando.

4.3.5 NIVEL EQUIVALENTE DEL UMBRAL (MONOAURAL)

El nivel equivalente del umbral de un oído a una frecuencia específica, para un tipo específico de transductor y para un estado de fuerza de aplicación del transductor a la cabeza humana es el nivel de vibración o nivel de presión del sonido, levantado por el --

transductor a la frecuencia en un acoplador u oído artificial cuando el transductor es actuado con el voltaje, con el transductor -- aplicado hacia el oído de interés, puede correspondiente con el umbral de audición.

4.3.6 NIVEL EQUIVALENTE DE REFERENCIA DEL UMBRAL

El nivel equivalente de referencia del umbral a una frecuencia específica, para un tipo de transductor y para un diseño específico de acoplador u oído artificial, es el valor medio a la frecuencia del nivel equivalente de un número bastante grande de personas sin ningún defecto audiológico dentro de las edades de 18 a 30 años (Son resultados con personas con las edades descritas que tienen un umbral auditivo normal tomado estadísticamente).

4.3.7 NIVEL DE AUDICION PARA TONOS PUROS

El nivel de audición para un tono puro a una frecuencia específica, para un tipo de transductor y para una aplicación específica, es el nivel de vibración o nivel de presión del sonido de esta señal " Levantar" por el transductor a un acoplador u oído artificial menos la referencia equivalente del nivel óseo a conducción aérea como aplicables.

4.3.8 UMBRAL DE TONOS PUROS

El umbral de audición de un oído a una frecuencia específica es el umbral en la frecuencia expresada como nivel de audición.

4.3.9 OIDO ARTIFICIAL

Dispositivo para la calibración de un audífono el cual presenta hacia el audífono una impedancia acústica equivalente a la impedancia presentada por el oído humano.

Esta equipado con un micrófono calibrado para medir la presión del sonido desarrollada por el audifono.

4.3.10 ACOPLADOR ACUSTICO

Cavidad de forma y volúmen predeterminado, el cual es usado para la calibración de un audifono en unión con un micrófono calibrado para medir la presión sonora desarrollada dentro de la cavidad.

4.3.11 ACOPLADOR MECANICO

Dispositivo para la calibración del vibrador óseo el cual presenta hacia el vibrador óseo una impedancia mecánica específica.

Está equipado con un transductor apropiado para la medición de la fuerza (vibromotriz) o aceleración :

4.3.12 ENMASCARAMIENTO

Proceso por el cual el umbral de audibilidad de un sonido es sobrepasado por la presencia de otro sonido.

4.3.13 SUJETO OTOLOGICAMENTE NORMAL

Para el propósito de esta norma un sujeto otologicamente normal se sobreentiende ser una persona en un estado normal de salud quien está libre de cualquier señal o sintoma de estar enferma del oído y como una forma no expuesta al ruido.

4.4 RECOMENDACIONES PARA ESPECIFICAR LOS TIPOS DE AUDIOMETROS

Las mínimas obligaciones requeridas para cada tipo de audiómetros son descritos en la tabla II .

Otras facilidades no son excluidas y aquéllas las cuáles son particularmente recomendadas son incluídas en la tabla.

Facilidades opcionales, sin embargo, no son especificadas en detalle en esta norma.

TABLA II

TIPOS DE AUDIOMETROS

CAPACIDAD	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPC 5
CONDUCCION AEREA	X	X		X	X
DOS AUDIFONOS	X	X	X	X	
CONDUCCION OSEA	X	X			
ENMASCARAMIENTO DE TONOS PUROS					
1.- RUIDO DE BANDA ANGOSTA					
2.- RUIDO DE BANDA ANGOSTA EN OTRO					
3.- RUIDO DE BANDA ANCHA	X	1)			
ENMASCARAMIENTO DEL LENGUAJE	0	X 2)			
RUTINA DE ENMASCARAMIENTO					
AUDIFONO CONTRALATERAL	X	X			
AUDIFONO IPSILATERAL	X	X			
VIBRADOR OSEO	X	0			
TONO DE REFERENCIA					
ALTERNADA	X	X 3)			
SIMULTANEA	X				
ALTERNADA, MONOAUURAL, BI-FRECUENCIA	0				
RESPUESTA DEL PACIENTE					
SEÑAL DEL SISTEMA	X	X	X	X 4)	
SALIDA AUXILIAR (ALTAVOZ)	X	0	0		
ENTRADA PARA UNA SEÑAL EXTERNA	X	X 1) 3)	0		
NIVEL DE AUDICION Y RANGO DE FRECUENCIA	VER TABLA III				
CONTROL DE FRECUENCIA					
1.- FRECUENCIAS FIJAS	X	X	X	X	X
2.- FRECUENCIA CONTINUA	0				
PRESENTACION DE TONO					
1.- TONO CONTINUO	X	X	X	X	X
2.- TONO AUTOMATICO	X	X 4)		X 4)	
INDICADOR DE SEÑAL DE PRUEBA	X	X			
MONITORIO DE LA SEÑAL AUDIBLE	0	0			
OPERADOR PARA LA COMUNICACION DEL LENGUAJE	0	0			
AUDIFONOS DE BAJO RUIDO				0	0

X: REQUERIMIENTOS MINIMOS OBLIGATORIOS.

O: FACILIDAD DESEABLE ADICIONAL.

- 1) SI UNA ENTRADA PARA UNA FUENTE EXTERNA DE LENGUAJE, LENGUAJE ALEATORIO PUEDE SER USADO COMO UNA ALTERNA TIVA.
- 2) SOLO REQUERIDO PARA USAR UNA FUENTE EXTERNA DE LENGUAJE, EN ESTE CASO EL SONIDO DE ENMASCARAMIENTO -- PUEDE SER BANDA ANCHA O RUIDO ALEATORIO.
- 3) PARA AUDIOMETROS DE REGISTRO AUTOMATICO ESTA CARACTERISTICA NO ES REQUERIDA.
- 4) PARA AUDIOMETROS MANUALES ESTA CARACTERISTICA NO ES REQUERIDA.

4.5 REQUERIMIENTOS GENERALES.

4.5.1 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD

Operación principal de los instrumentos (potencia de la línea) debe cubrir con los requerimientos mínimos de seguridad de la publicación IEC 601-1. Seguridad de equipos electromédicos.

4.5.2 TIEMPO DE ENCENDIDO

El tiempo máximo de encendido puede ser especificado por el fabricante y no debe exceder de 10 minutos, cuando la unidad ha sido almacenada en un cuarto a temperatura.

Los requerimientos de funcionamiento de esta norma pueden ser satisfechos después de establecer el tiempo de encendido y -- después cualquier ajuste será llevada fuera de las prescripciones del fabricante.

4.5.3 ... VARIACION DEL SUMINISTRO Y CONDICIONES AMBIENTALES

a) Operación Principal

Las especificaciones pueden emplearse cuando cualquier desviación en el voltaje o frecuencia principal en combinación es menor dentro de los límites de $\pm 10\%$ de tensión y $\pm 5\%$ de frecuencia.

b) Operación de Batería

El fabricante puede condicionar los límites de voltaje de baterías dentro de las cuales las especificaciones serán encontradas, un indicador puede ser provisto, para asegurar que el voltaje de la batería esta dentro de los límites especificados.

c) Rango de operación en Temperatura y Humedad

Las especificaciones en las cuales debe operar es $+ 15^{\circ}\text{C}$ a $+ 35^{\circ}\text{C}$ de temperatura y una humedad relativa de 30% a 90%

- d) De conformidad con las especificaciones anteriores a, b y c pueden ser demostradas, con un audífono, cerca de la frecuencia medida, la distorsión y el nivel de presión sonora a 1000 Hz frecuencia indicada a un nivel sonoro de audición de 100 dB o al máximo. La medición de la distorsión se describirá más adelante.

NOTA: 1.- Para la prueba especificada en a) el audífono puede ser temporalmente quitado de la prueba ambiental.

2.- Si 1000 Hz no esta provista en el tipo 5, la frecuencia más cercana puede ser usada.

4.5.4 RADIACION ACUSTICA NO DESEADA

a) General

La medición acústica puede ser impracticable por las características de los audiómetros. En cada caso, pruebas subjetivas (como se describen en el apéndice A) puede ser usada una prueba del personal consistiendo de un número adecuado de personas normales otológicamente cuyo nivel de audición no puede exceder de 10 dB para las frecuencias de prueba 250 Hz a 4000 Hz y no deberá exceder de 20 dB para las frecuencias 125, 6000 y 8000 Hz.

- b) Sonidos extraños de origen eléctrico en los audífonos.
Sonidos extraños de cualquier causa pueden ser de una magnitud que el nivel de presión sonora en cualquier tercia de octava es menor de 10 dB debajo del nivel de referencia para la correspondiente frecuencia, excepto que necesita no ser inferior de 70 dB debajo de la señal del audífono que este funcionando.

c) Sonidos no deseados en el vibrador óseo.

El vibrador óseo no puede radiar sonidos en cualquier frecuencia como en la conducción aérea a través del oído medio no incluido.

Podría dañar la validez de la medición de la conducción ósea. Como juicio para la prueba se utilizan sujetos normales, la radiación para el vibrador óseo puede ser escuchado a nivel inferior a 10 dB debajo del nivel que genera el vibrador cuando está en contacto con la cabeza.

De conformidad con estos requerimientos pueden ser probados como sigue.

i) Determine el umbral de la manera usual

ii) Entonces determine el umbral auditivo con el vibrador en la misma posición, cubra el área de contacto con la almohadilla que provee una atenuación de no menos de 20 dB arriba de 1000 Hz.

La atenuación de la almohadilla puede ser medida por un acoplador mecánico. El umbral auditivo puede ser inferior a 10 dB pero mayor que antes. La media puede ser tomada como resultado de pruebas de un número menor de 10 oídos normales.

NOTA: La radiación del sonido del vibrador puede ser inferior en algunos casos y en algunas frecuencias, cuando se tiene una almohadilla en la cual se obtiene una atenuación mínima.

d) Sonidos no deseados en audiómetros

Cualquier sonido debido a la operación de los controles de los audiómetros durante la prueba o la radiación, el audiómetro, deberá ser inaudible a cada posición del nivel de audición incluyendo 50 dB. La prueba para este requerimiento puede ser hecha por personal con audición normal con los audiómetros absorberá una resistencia de carga igual a la impedancia del audífono a 1000 Hz, --- donde la conducción ósea la facilita. La prueba puede ser repetida con un oído solamente y el otro ocluido.

NOTA: Esta limitación en ruido de controles se aplica a cualquier ruido que pueda ser suministrada al paciente ya que podría influenciar los resultados.

4.6 FUENTES DE SEÑALES

4.6.1 FUENTES DE TONO PURO

a) Frecuencia y nivel de audición

Cada tipo de audiómetro tiene frecuencias de prueba para las cuales el valor del nivel de audición son indicados en la tabla III. Otras frecuencias pueden ser seleccionadas de la columna 1. Las frecuencias seleccionadas incluyen esas para las cuales se hace referencia el umbral.

NOTA: Si un audiómetro es provisto con señal de frecuencia modulada, el fabricante puede especificar las características de modulación.

b) Razón de cambio de las frecuencias

El registro automático incluye un barrido continuo de frecuencias, la relación de cambio puede ser una octava

por minuto. Si un audiómetro con registro automático provee frecuencias fijas, en un período de 30 segundos puede ser permitido para cada frecuencia.

c) Exactitud de la frecuencia.

La frecuencia puede quedarse sensiblemente constante a un valor dentro del 3% del valor indicado.

d) Distorsión armónica.

El máximo nivel de las armónicas relativas a la fundamental de la prueba de tono no puede exceder del valor indicado en la tabla IV.

La distorsión puede ser medida en el nivel de audición o al máximo nivel de audición en el audiómetro.

i) Para conducción aérea, la distorsión puede ser medida acústicamente en un acoplador acústico u oído artificial para la especificación del umbral de referencia.

NOTA: La diferencia de la respuesta en frecuencia de los audífonos en el oído humano y en un acoplador acústico, el valor de la distorsión es mayor en el oído humano que en un acoplador a frecuencias bajas particularmente a 125 Hz.

ii) Para conducción ósea la distorsión puede ser medida en un acoplador mecánico.

Debido a la no linealidad en el rango de baja frecuencia del vibrador óseo, reflejado en una alta distorsión. No es posible especificar cual es la máxima distorsión permisible para asegurar los resultados de conducción ósea.

4.6.2 FUENTE DE LENGUAJE

a) Significado clínico de audiómetros de lenguaje.

TABLA III
FRECUENCIAS Y NIVELES DE AUDICION PARA TONOS PUROS

VALOR MAXIMO DEL NIVEL DE AUDICION	TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3		TIPO 4	TIPO 5 ¹⁾	
	NIVEL DE AUDICION (dB)		NIVEL DE AUDICION (dB)		NIVEL DE AUDICION (dB)		NIVEL DE AUDICION (dB)	NIVEL DE AUDICION (dB)	
	FRECUENCIA (Hz)	CONDUCCION AEREA	CONDUCCION OSEA *	CONDUCCION AEREA	CONDUCCION OSEA *	CONDUCCION AEREA	CONDUCCION OSEA *	CONDUCCION AEREA (SOLO) *	CONDUCCION AEREA (SOLO)
	125	70		70					
	250	90	45	90	40	90	30		
	500	120	60	110	60	100	50	70	
	750 ²⁾	120	60	110	60				
	1000	120	70	110	70	100	50	70	
	1500	120	70	110	70				
	2000	120	70	110	70	100	50	70	
	3000	120	70	110	70	100	50	70 **	
	4000	120	60	110	60	100	50	70	
	6000	110		100		90		70 **	
	8000	100		90		80			
VALOR MINIMO	TODAS LAS FRECUENCIAS	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	

* VER CLAUSULA 6.1.4 b)

** MENOR DE UNO DE ESAS DOS FRECUENCIAS PUEDEN SER PROVISTAS.

1) NO TIENE REQUERIMIENTOS MINIMOS.

** NORMA ISO 389 NO PROVEE NIVEL DE REFERENCIA EQUIVALENTE PARA 750 Hz.

El significado clínico de audiómetros de lenguaje es estrictamente relacionado con la disponibilidad de normalización. Especialmente preparado y registrado material de lenguaje especialmente con una señal calibrada. La voz viva en el audiómetro es provista principalmente para propósitos de comunicación, ésta prueba puede guiar a serios errores.

b) Entrada de voz viva

La característica de respuesta en frecuencia de un canal de voz viva puede ser tal que con el micrófono en un sonido de campo libre teniendo un nivel de presión sonora constante, el nivel de presión sonora desarrollada por el audífono de un audiómetro en un acoplador acústico o un oído artificial en el rango de frecuencias de 250 a 4000 Hz no difiere de la de 1000 Hz por más de 10 dB y puede no aumentar a cualquier frecuencia fuera de esta banda por más de 15 dB, relativo al nivel de 1000 Hz.

NOTA: Debido a las limitaciones del acoplador acústico, oído artificial y acoplador mecánico, la medición de las armónicas ocurren a frecuencias mayores de 4000 Hz no puede describir exactamente la no linealidad del sistema. Medidas eléctricas pueden ser hechas a través de las terminales del audífono o vibrador a esas frecuencias.

Esos valores de distorsión no necesariamente se aplican a audífonos, pero puede determinar la distorsión a través de las terminales del audífono.

TABLA IV

MAXIMA DISTORSION PERMISIBLE EXPRESADA EN POR CIENTO.

CONDUCCION AEREA				CONDUCCION OSEA		
FRECUENCIA (Hz)	125	250 y 8000	500 a 6000	250	500 y 750	1000 a 4000
NIVEL DE AUDICION (dB)	75*	90	110*	20	50*	60*
2a ARMONICA	2	2	2	10	5	5
3a ARMONICA	2	2	2	5	2	2
4a Y DEMAS ARMO- NICAS	0.3	0.3	0.3	2	2	2
SUBARMONICAS		0.3	0.3			
TOTAL DE ARMONICAS	3	3	3	12	6	6

* Máximo nivel de salida apropiada para el audiómetro.

c) Entrada y registro de lenguaje.

La respuesta en frecuencia del canal de registro de lenguaje puede ser tal que cuando se usen con una prueba apropiada registren ondas senoidal, el nivel de presión sonora desarrollada por el audiómetro en un acoplador acústico u oído artificial a las frecuencias de 250 a 5000 Hz puede no diferir de la de 1000 Hz por más de ± 5 dB y puede no aumentar a cualquier frecuencia fuera de esta banda por más de 10 dB relativo al nivel de 1000 Hz. De conformidad con estos requerimientos puede ser hecha a un nivel de presión

sonora de salida de aproximadamente de 100 dB.

NOTA: Es recomendable que una prueba de registro de una señal de referencia calibrada se suple para calibrar el canal del lenguaje.

d) Distorsión total

Con una entrada de tono puro teniendo un total de distorsión que no exceda el 1%, y con el canal de lenguaje integrando una señal de 9 dB arriba de la referencia de -- norma de un medidor, la distorsión total en la salida -- del audiómetro, medido en un acoplador acústico u oído artificial no puede exceder del 3%. Pruebas para la conformidad con este requerimiento pueden ser hechas con el control del nivel de audición al máximo en la salida o a un nivel de 120 dB. Estas pruebas pueden ser hechas a 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.

c) Monitor

El material de prueba de lenguaje puede ser ajustado a un nivel de referencia específico por medio de un contador provisto en el audiómetro. El medidor puede ser conectado en un punto del circuito antes del control de -- audición.

Estipulaciones pueden ser hechas en el amplificador para arreglar la ganancia y conseguir el nivel deseado y acomodar la diferencia de 20 dB en el nivel total del material presentado de lenguaje.

4.6.3 SONIDO DE ENMASCARAMIENTO

Los audiómetros pueden proveer sonidos de enmascaramiento para la señal de tono puro indicados en la tabla III. Toda -

medición del sonido de enmascaramiento puede ser hecha acústicamente en un acoplador o en un oído artificial.

NOTA: El sonido de enmascaramiento puede también ser transmitida a través del vibrador óseo.

a) Ruido de banda angosta

Si el audiómetro provee enmascaramiento de banda angosta, la banda del ruido puede ser centrada geométricamente alrededor de la prueba de tono.

La banda límite para el enmascaramiento se describen en la tabla V. El espectro de densidad del ruido puede caer en la proporción menor a 12 dB por octava.

NOTA: Es recomendable que el último requisito puede extenderse a no menos de 2 octavas arriba y abajo del pasabanda y después de eso el espectro de densidad puede ser menor a 40 dB debajo del pasabanda.

b) Otros sonidos de enmascaramiento

i) Ruido de banda ancha

Si el ruido de banda ancha es usado puede tener un espectro de nivel de presión, como medida en el acoplador acústico u oído artificial, el cual es uniforme dentro de ± 5 dB relativo a 1000 Hz nivel fuera del rango de frecuencia de 250 a 6000 Hz.

ii) Ruido aleatorio para el enmascaramiento de tonos puros.

Si el audiómetro provee ruido aleatorio para enmascarar tonos puros, el espectro puede ser tal que para cero enmascaramiento el nivel de presión sonora en cada tercia de octava esta dentro de ± 5 dB para 250 a 4000 Hz al ni-

de referencia equivalente al nivel del umbral para cada frecuencia de prueba cuando son medidas en el acoplador acústico u oído artificial cualquiera es usado para la especificación de referencia equivalente al umbral.

- iii) Ruido aleatorio para el enmascaramiento del lenguaje. Si el audiómetro provee ruido para la prueba de lenguaje, el espectro de nivel de presión puede ser constante de 250 a 1000 Hz con 12 dB/ octava, cae de 1000 a 6000 Hz. Las características señaladas anteriormente pueden ser encontradas dentro de ± 5 dB.

NOTA: El ruido de banda definido en la tabla V corresponde a una tercia de octava como mínimo y media octava como máximo. Esas bandas son amplias que la banda crítica y requiere un nivel de presión sonora aproximadamente de 4 dB mayor que la banda crítica para efectuar el enmascaramiento.

Esas bandas amplias son recomendadas para minimizar la percepción de tonalidad en el ruido de enmascaramiento.

RUIDO DE BANDA ANGOSTA: MAXIMA Y MINIMA FRECUENCIA DE CORTE
A 3 dB DEL ESPECTRO DE DENSIDAD

FRECUENCIA CENTRAL (Hz)	MINIMA FRECUENCIA DE CORTE (Hz)		MAXIMA FRECUENCIA DE CORTE (Hz)	
	MINIMA	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
125	105	111	140	149
250	210	223	281	297
500	420	445	561	595
750	631	668	842	892
1000	841	891	1120	1190
1500	1260	1340	1680	1780
2000	1680	1780	2240	2380
3000	2520	2670	3370	3570
4000	3360	3560	4420	4760
6000*	5050	5350	6730	7160
8000*	6730	7130	8980	9510

* Debido a las limitaciones que existen en el acoplador y oído artificial, las mediciones acústicas no son requeridas.

4.7 CONTROLES

4.7.1 MARCADO

Los audiómetros calibrados por esta Norma pueden ser identificados por la designación " ISO HERING LEVEL". Este marcado puede aparecer en uno u otro frente del panel o en el control de audición.

El máximo nivel de audición para cada frecuencia y para cada transductor puede ser indicado.

NOTA: Nivel de referencia equivalente del umbral son los especificados por ISO solo para conducción aérea y para asegurar las combinaciones especificadas de audífonos y acoplador acústico.

4.7.2 EXACTITUD DE NIVEL DE PRESION SONORA Y VIBRACION.

El nivel de presión sonora producida por los audífonos o el nivel producido por el vibrador como referido al nivel de referencia equivalente del umbral puede diferir en no más de ± 3 dB del valor indicado a cualquier posición del dial de audición y frecuencias indicadas en el rango de 125 a 4000 Hz y no más de ± 5 dB a 6000 y 8000 Hz.

Si más de un canal para la señal y/o ruido puede ser conectado simultáneamente a un sólo transductor, el nivel de salida de otra señal (o ruido) del transductor con ambos canales conectados puede diferir por menos de ± 1 dB para el nivel obtenido cuando un canal es conectado. Este requerimiento puede ser encontrado a frecuencias de 125 a 4000 Hz y con una tolerancia de ± 2 dB a mayores frecuencias.

Estos requerimientos pueden también aplicarse al nivel de audición arriba de 20 dB debajo del máximo nivel de salida.

4.7.3 NIVEL DE REFERENCIA PARA LENGUAJE

El fabricante puede estar (o tener) el nivel de salida como medida del acoplador u oído artificial con el control de audición puesto en 0 dB y la entrada puesta en el lenguaje por una señal de referencia calibrada llevándola hacia el indicador.

4.7.4 CONTROL DE AUDICION

a) Audiómetros manuales.

El dial de audición puede tener una sola escala y un punto -

fijo. El dial lee el control de audición para los tipos 1,2, 3 y 4 pueden ser calibrados en intervalos de 5 dB o menores con el 0 dB puesto en cada frecuencia correspondiente al nivel de referencia equivalente.

NOTA 1: Mediciones de conformidad con lo antes mencionado pueden ser hechas acústica o eléctricamente a la entrada del transductor, adherido al acoplador u oído artificial. Alternativamente, el transductor puede ser reemplazado por una carga normalizada la cual simula la impedancia del transductor a la frecuencia de prueba.

NOTA 2: Si el audiómetro tiene displays, se aplica el mismo principio.

b) Audiómetro de registro automático para los tipos 1,2 y 3, una relación de cambio de 2.5 dB/s puede ser provista. Una relación adicional puede ser 1.25 dB y/o 5 dB/s. Para los tipos 4 y 5 la relación de cambio puede ser de 2.5 o 5 dB/s. La resolución del control de audición puede ser establecido por el fabricante.

c) Exactitud del control

Para audiómetros manuales, la diferencia de salida entre dos designaciones del nivel de audición puede no diferir del indicado del dial por más de $\frac{1}{10}$ del dial medido en decibeles o por 1 dB.

Para audiómetros de registro automático, la diferencia de salida entre alguna de dos designaciones del nivel de audición puede no diferir del indicado por más de 1 dB o $\frac{1}{10}$ del indicado.

4.7.5 SONIDO DE ENMASCARAMIENTO

a) Intervalos

El dial de enmascaramiento es preferible tener una escala y un punto fijo. El nivel de enmascaramiento puede ser ajustable en pasos de 5 dB o menores.

Sin embargo en vista de la diferencia numérica considerable, el nivel de enmascaramiento para ruido de banda amplia y banda angosta una doble escala puede ser aceptada.

b) Nivel de referencia

- i) Para ruido de banda angosta, el control de enmascaramiento puede ser calibrado en decibeles.

El sonido de enmascaramiento a 0 dB poniendo el control de enmascaramiento en cada tercia de octava a la frecuencia expuesta en la tabla III, puede tener un nivel de presión sonora igual a la correspondiente al nivel de audición de referencia + 3 dB a la frecuencia de tono puro alrededor de la cual la banda es centrada.

- ii) Para otros sonidos, el control de enmascaramiento puede ser calibrado el nivel de presión sonora o enmascaramiento efectivo medido con el audifono en un acoplador u oído artificial cualquiera es usado para la especificación del nivel de referencia.

- c) Especificación del efecto enmascarador. El fabricante puede suministrar datos mostrando el efecto enmascarador para cada señal de prueba y el correspondiente nivel de presión sonora desarrollada en el acoplador u oído artificial por el audifono usado.

- d) Exactitud del nivel de enmascaramiento. El nivel de sonido enmascarador producido por un audifono puede diferir - del valor indicado en no más de ± 3.5 dB. La diferencia medida en la salida entre cualquier 2 designaciones sucesivas del valor indicado por no más de 3/10 del dial -- medido en dB o por 1 dB.

NOTA: Mediciones de conformidad con este requerimiento -- puede ser hecha acústica o eléctricamente a la entrada -- del transductor con el transductor adherido al acoplador. Alternativamente, el transductor puede ser reemplazado -- por una carga tipo, la cual simula la impedancia del ---- transductor a la frecuencia en prueba.

- e) Rango de enmascaramiento.

El sonido de enmascaramiento debe estar disponible a niveles suficientemente menores para enmascarar tonos a 60 dB nivel de audición a la frecuencia de 250 Hz, 75 dB a 500 Hz y 80 dB de 1000 a 4000 Hz. Sin embargo la salida total del nivel de presión sonora del sonido enmascarador no debe exceder de 125 dB. El nivel de enmascaramiento -- puede ser ajustable sobre el rango de 0 dB del nivel de -- audición o superior al nivel.

4.7.6 INTERRUPTOR DE TONO

- a) Interruptor de tono para audiómetros manuales.

Un audiómetro manual puede ser provisto con un interruptor para la presentación y la interrupción del tono de -- prueba. El interruptor asociado al circuito puede ser -- tal que el sujeto responderá a la prueba de tono mejor -- que a un ruido mecánico o transitorio.

NOTA: Un audiómetro puede ser equipado con una función de compuerta para controlar la duración y la repetición del tono. Un sistema de monitoreo para los pulsos de tono -- puede ser provisto.

b) Relación encendido y apagado de audiómetros manuales.

Con el interruptor en la posición OFF y el control de au dición a 60 dB o menor, la salida puede ser menor de 10 dB debajo del nivel de referencia. Un alto nivel de audición puesto y con el interruptor fijo en la posición OFF la salida no puede subirse más de 10 dB en cada incremento de 10 dB en el nivel de audición mayor de 60 dB.

c) Subida/caída de tiempo para audiómetros manuales.

Posición ON: Cuando el interruptor de tono es puesto en la posición ON el requisito del tiempo de subida puede ser como sigue:

AC No debe exceder de 200 ms.

BC Puede ser como mínimo de 20 ms.

Entre B y C el nivel de presión sonora puede subir en -- una forma progresiva.

Posición OFF: Cuando el interruptor de tono es puesto en la posición OFF, el requisito de tiempo de caída puede ser como sigue:

DH No debe exceder de 200 ms.

EH Puede ser como mínimo de 20 ms.

Entre E y H el nivel de presión sonora puede caer en una forma progresiva.

La duración del tono en la subida o caída del tono puede

el nivel de presión sonora producido por el audífono obtener un valor excedido de +1 dB relativo al nivel establecido en la posición ON.

En la fig. 4.1 se muestra el encendido y apagado de un interruptor de tono.

- d) Pulsos de tono para audiómetros de registro automático. El audiómetro puede ser provisto con un interruptor para presentar en pulso automático para la prueba de tono. La secuencia del pulso puede ser generada en conformidad con los siguientes requisitos.

- Tiempo de subida: BC puede ser mínimo de 20 ms y no mayor de 50 ms.
- Tiempo de bajada: EG puede ser mínimo de 20 ms y no mayor de 50 ms.
- Relación subida/bajada: entre B y C y entre E y G el nivel de presión sonora puede variar suavemente y sin discontinuidad.

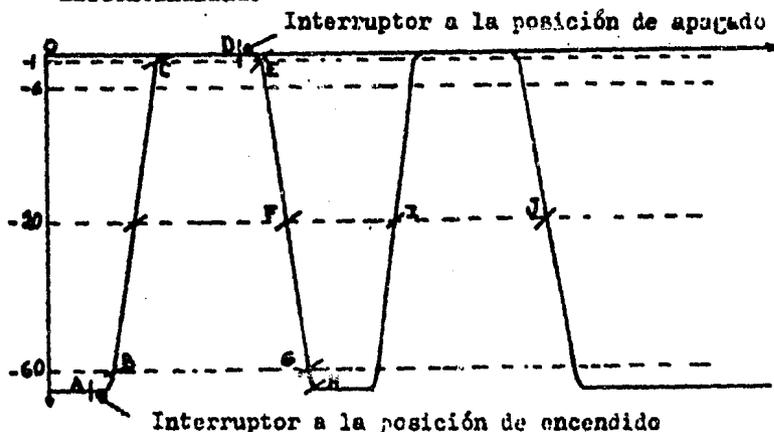


Fig. 4.1 Encendido y apagado del interruptor de tono

Fase ON: CF puede ser mínimo 50 ms. relación de repetición obligatoria: FI e IJ puede tener un valor nominal de 200 ms.

NOTA: La relación de repetición preferida es 2.5 por segundo. El intervalo FI e IJ son sin embargo dados como valores nominales sin tolerancia reconociendo el pulso más bajo, típicamente 2 por segundo, son puestos en algunos audiómetros.

Relación ON/OFF: entre G y B del siguiente ciclo la salida puede permanecer mínima de 20 dB debajo del máximo alcanzado en la posición ON fase CE.

4.8 Recomendaciones para facilitar la referencia de tono.

Tener medios para presentar en forma alternada o simultáneas tonos a diferentes frecuencias vía audífonos, el operador puede ser capaz de presentar los tonos convenientemente para intervalos apropiados. En suaa el control principal del nivel de audición por el cual el nivel de presión sonora de los tonos de prueba es ajustada. Esta prueba requiere un control de audición adicional por el cual el nivel del tono de referencia puede ser puesto. Este último control será denotado como un control de tono de referencia.

Este requisito con respecto a la exactitud de la frecuencia, distorsión, estabilidad, subida/caída del tono de referencia son especificadas en otras partes apropiadas de esta norma.

4.8.1 FRECUENCIAS

Todas las frecuencias de prueba de 250 a 6000 Hz, usadas en la prueba de conducción aérea pueden ser disponibles como tonos de referencia.

4.8.2 CONTROL DE TONO DE REFERENCIA

a) Rango.- El control de tono de referencia puede cubrir un rango de 0 dB a un mínimo de 80 dB a 250 Hz y un máximo de 100 dB de 500 a 6000 Hz.

b) Intervalos.- En una u otra el nivel de la prueba de tono o el nivel de referencia puede ser ajustado en intervalos de 2.5 dB o menos para los tipos 1 y 2. Si un audiómetro tipo 3 es provisto con un control de tono de referencia este puede ser ajustado a intervalos de 5 dB o menores.

NOTA: El control normalmente destinado para el nivel de enmascaramiento puede ser usado como el control de referencia para los requisitos anteriores.

c) Calibración.- El control de referencia de tono puede ser calibrado en decibeles del nivel de audición.

d) Exactitud.- El funcionamiento del control de referencia de tono puede adaptarse a las subcláusulas 4.7.2 y 4.7.4 También para algunos niveles de audición y para algunas frecuencias, el nivel de presión sonora del tono de referencia puede estar dentro ± 3 dB del nivel del tono de prueba para frecuencias entre 500 y 4000 Hz. Para frecuencias restantes, una desviación de ± 5 dB es aceptable.

e) Operación.- La operación del control de referencia de tono no puede influenciar la salida del tono de prueba.

4.9 TRANSDUCTORES

4.9.1 CONDUCCION AEREA

a) Audifono Supra-aural

El audifono puede ser diseñado para que selle el oído -- con un definido volumen de aire.

Puede ser posible obtener exactitud en la posición y consistencia en la fuerza aplicada por el audifono al oído usando una deadema apropiada o medio equivalente.

El audifono puede ser calibrado usando un oído artificial o un acoplador acústico.

El audifono derecho e izquierdo deben ser fácilmente idéntificables.

NOTA: Es recomendable que los audifonos destinados para usarse en el oído derecho e izquierdo sean marcados rojo y azul respectivamente. La deadema ejerce una fuerza necesaria para hacer aplicable la calibración con el audímetro.

b) Otras fuentes de conducción aérea

Altavoces, audifonos insertados o audifonos teniendo una almohadilla circunaural combinada con supra-aural (reducción del ruido en el audifono) pueden ser usados.

Sin embargo, la calibración técnica necesaria tiene aún que ser establecida.

4.9.2 CONDUCCION OSEA

Para medir la conducción ósea, se aplica la siguiente -- subcláusula.

a) Area de contacto del vibrador óseo

Un vibrador óseo debe tener un plano circular con un área de contacto de $175 \pm 25 \text{ mm}^2$.

b) Cinta o deadema

Una cinta puede ser provista para sujetar el vibrador óseo en posición y ejercer una fuerza de $5.4 \pm 0.5 \text{ N}$. La cinta puede permitir el simultáneo uso de un audífono para conducción aérea como una fuente de enmascamiento del oído que no este bajo prueba.

NOTA: El mastoide es reconocido como una localización apropiada para el contacto del vibrador con la cabeza, pero esto no excluye el uso de otra localización u otro contacto, por ejemplo la frente.

c) Calibración.

El vibrador óseo puede ser calibrado de acuerdo al umbral de audición normal para conducción ósea usando el acoplador mecánico.

El cero del dial de audición para conducción aérea puede también aplicarse a conducción ósea para una colocación establecida del vibrador óseo.

4.10 MARCADO E INSTRUCCIONES

4.10.1 EL AUDIOMETRO PUEDE SER MARCADO MOSTRANDO EL TIPO A QUE PERTENECE.

Puede ser marcado con el nombre del fabricante y el modelo; también con una identificación en los audífonos.

4.10.2 UN MANUAL DE INSTRUCCIONES ES SUMINISTRADO CON EL AUDIOMETRO; DEBE INCLUIR UN MINIMO DE INFORMACION DESCRITA COMO SIGUE.

- a) Descripción de las facilidades para operar e instrucciones completas.
- b) Variación permisible y condiciones ambientales para asegurar la conformidad con la subcláusula 4.5.3
- c) Descripción de la manera correcta de instalar el audiómetro para su uso normal para minimizar los efectos no deseados.
- d) Identificación de los transductores y su umbral de referencia, equivalente. El origen del nivel de referencia, otra cosa que para ISO puede ser establecido junto con el acoplador usado para calibrar. La fuerza estática obtenida con la deadema del transductor puede ser establecida.

El vibrador óseo su lugar de aplicación debe ser la frente o la apófisis mastoidea. También si la calibración se aplica a un oído en prueba, ocluido o no ocluido.

En el caso de los audífonos la atenuación propia puede ser establecida.
- e) La característica de respuesta en frecuencia y el efecto de enmascaramiento según subcláusulas 4.6.3 y 4.7.5.
- f) Tiempo de encendido de acuerdo a la subcláusula 4.5.2
- g) Para audiómetros de lenguaje, el nivel de referencia de acuerdo a subcláusula 4.7.3 . La característica del monitoreo puede ser señalada.
- h) La sensibilidad e impedancia nominal de la entrada. El voltaje disponible e impedancia nominal de salida; de

signación de todas las conexiones.

- 1) El modo de operación y la relación de cambio del nivel - de presión sonora y del audiómetro de registro automático
Para audiómetros con variación continua de frecuencia la relación de cambio puede ser señalada.

CAPITULO V

DISEÑO

- 5.1 PARTES QUE INTEGRAN UN AUDIOMETRO
- 5.2 DIAGRAMA A BLOQUES DEL DISEÑO
- 5.3 GENERADORES DE FUNCIONES
- 5.4 ATENUADORES
- 5.5 SEÑAL DE RUIDO
- 5.6 AMPLIFICADOR
- 5.7 TRANSDUCTORES
- 5.8 FUENTE DE ALIMENTACION
- 5.9 CIRCUITO DEL AUDIOMETRO (DISEÑO)
- 5.10 INDICADORES DE INTENSIDAD

5.1 PARTES QUE INTEGRAN UN AUDIOMETRO

Los audiómetros están formados generalmente de:

- a) Un generador de funciones
- b) Un generador de ruido
- c) Un amplificador
- d) Transductores
- e) Interruptores de frecuencia
- f) Control de amplitud en decibeles

5.2 DIAGRAMA A BLOQUES DEL DISEÑO

En la figura 5.1 se muestra el diagrama a bloques del diseño, un audiómetro que tiene lo primordial para su examen audiométrico.

5.3 GENERADOR DE FUNCIONES

Cualquier tipo de señal puede ser generada usando amplificadores operacionales, como ondas senoidales, ondas cuadradas, ondas triangulares o tren de pulsos, estos últimos son generados por circuitos complejos. En algunos casos, la característica de la señal es determinada por componentes exteriores a los amplificadores operacionales por la facilidad del control.

5.3.1 GENERADOR DE ONDA SENOIDAL

Como la señal de referencia, señal de prueba o portadora la señal senoidal es la más común. Una gran variedad de circuitos tienen que ser desarrollados para generar la onda senoidal incluyendo varios circuitos para obtener una señal más confiable y simplificar el circuito. Para los amplificadores operacionales la frecuencia y la amplitud son esenciales.

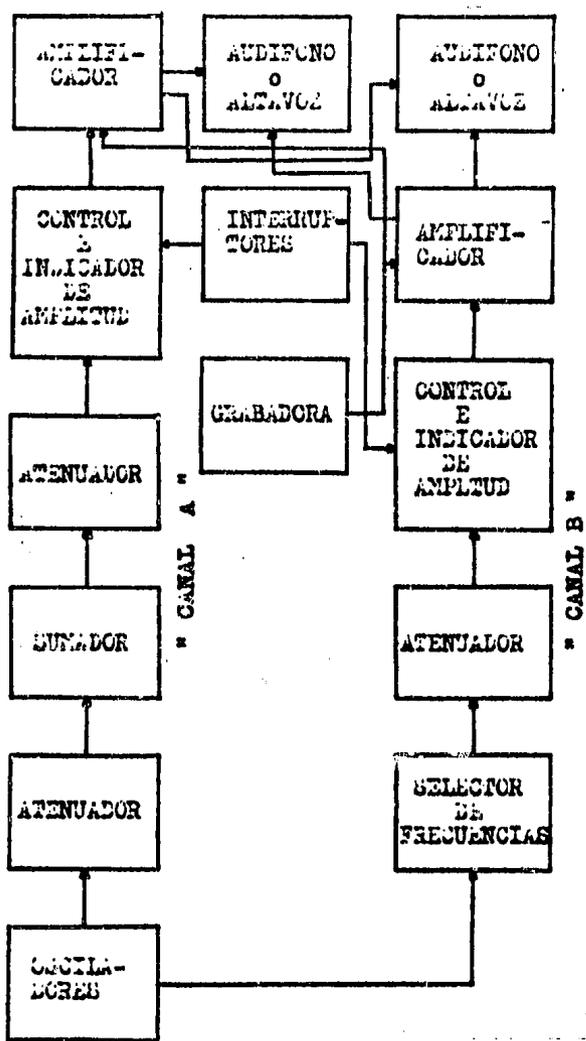


Fig. 5.1 Diagrama a bloques del audiómetro

5.3.2 OSCILADOR PUENTE DE WIEN

Para una frecuencia fija el puente de Wien es un generador de simple precisión. Con un amplificador operacional que es un elemento activo, con el que se puede construir un oscilador a una frecuencia que es controlada por los elementos del puente. El control de amplitud se realiza por medio de un control de ganancia automática, hay diversas técnicas de control una de estas es mostrada en la fig. 5.2, donde el puente Wien está formado por resistencias y capacitancias, en donde el control de ganancia automática es proporcionada por la realimentación de los diodos ZENNER.

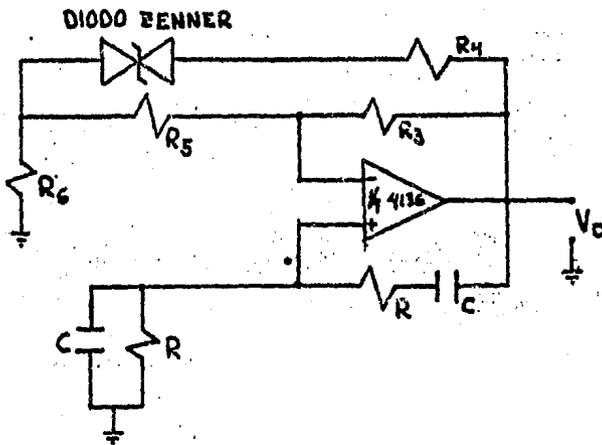


Fig. 5.2.- Este oscilador puente de Wien, la frecuencia es determinada por la realimentación positiva y la amplitud es dada por la realimentación negativa.

En la realimentación positiva del amplificador (entrada no inversora), se introduce la oscilación, la resultante es a una frecuencia $f = 1/2\pi RC$. Los capacitores en serie aumentan la frecuencia de realimentación mientras con los capacitores en paralelo decrece está. Para que las resistencias y los capacitores sean iguales como se muestra en la fig. 5.2, el factor de realimentación es $1/3$. Para una ganancia 3 el amplificador, la ganancia alrededor de la realimentación positiva es unitaria y resulta la oscilación.

En la fig. 5.2, la señal se incrementa por la realimentación de los diodos zenner, una resistencia en serie limita la ganancia reduciendo o impidiendo la distorsión. Generalmente és tas resistencias de realimentación son elegidas para una baja distorsión y el voltaje del diodo zenner es seleccionado por la amplitud que uno desee. De este modo la distorsión puede reducirse alrededor de 0.5% en este circuito. Por experiencia práctica se ha llegado a que los valores de las resistencias en la realimentación negativa están en función de R_3 y estas son:

$$R_4 = 3 \times R_3, \quad R_5 = 0.4 \times R_3, \quad \text{y} \quad R_6 = 0.075 \times R_3.$$

En este diseño se utilizan ocho osciladores que proporcionan por separado, cada una de las frecuencias requeridas para un análisis audiométrico. En la realimentación negativa son iguales todos los osciladores esto es los elementos que componen esta realimentación (resistencias, diodos zenner), esto es para tener una misma amplitud y en la realimentación negativa por ser diferentes frecuencias, cambian los valores de las resistencias pero los capacitores toman un valor fijo porque no hay tantos valores como las resistencias. Si $f = 1/2\pi RC$ por lo

tanto despejando R nos queda $R=1/2\pi fC$ si $C=0.12 \mu F$, obtendremos los valores de las resistencias. En la tabla 5.1 se dan los valores que toman cada resistencia a la frecuencia necesaria para cada oscilador.

TABLA 5.1

f = Frecuencia en (Hz)	R = Resistencia: en (Ω)
125	106157.11
250	53078.56
500	26539.28
750	17692.85
1000	13269.63
2000	6643.82
4000	3317.41
8000	1658.70

Tabla 5.1.- Para obtener los anteriores valores calculados, se utilizaron resistencias variables de 50 K Ω , ya sea esta en serie con una de valor fijo.

Los valores de R_4 , R_5 , R_6 como ya se mencionó anteriormente están en función de R_3 , para este oscilador si $R_3=10 \text{ K}\Omega$ por lo tanto tendremos:

$$R_4=3 \times R_3 \text{ sustituyendo el valor de } R_3$$

$$R_4=3 \times (10 \text{ K}\Omega) = 30 \text{ K}\Omega \approx 33 \text{ K}\Omega$$

$$R_5=0.4 \times R_3 = 0.4 \times (10 \text{ K}\Omega) = 4 \text{ K}\Omega \approx 3.9 \text{ K}\Omega$$

$$R_6=0.075 \times R_3 = 0.075 \times (10 \text{ K}\Omega) = 0.75 \text{ K}\Omega \approx 0.82 \text{ K}\Omega$$

5.4 ATENUADORES

Un atenuador es un dispositivo eléctrico o electrónico que disminuye la señal original.

En la fig. 5.3 se muestra un atenuador electrónico, por ejemplo si tenemos una señal a la entrada de 10 Volts pico a pico y queremos atenuarla a 0.1 Volts pico a pico de la señal de salida

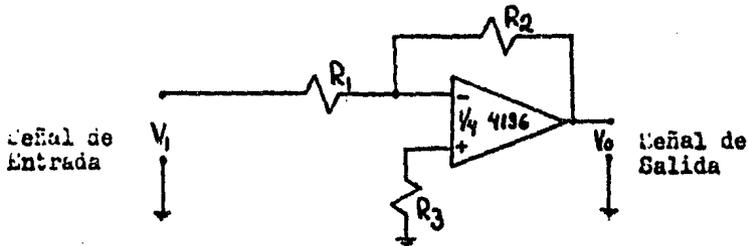


Fig. 5.3 atenuador

El voltaje de salida es igual a:

$$V_o = - \frac{V_1 R_2}{R_1} \quad \text{si } V_o = 0.1 \text{ Volts, } V_1 = 10 \text{ Volts y } R_2 = 100 \Omega$$

entonces:

$$R_1 = - \frac{V_1 R_2}{V_o} = \frac{10 \text{ V } (100 \Omega)}{0.1 \text{ V}} = 10000 \Omega$$

El signo negativo indica que la señal de salida con respecto a la señal de entrada esta invertida. La resistencia R_3 esta dada por el paralelo de $R_2 // R_1$.

entonces:

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10000 (100)}{10000 + 100} = 99.0 = 100 \Omega$$

5.5 SEÑAL DE RUIDO

El ruido blanco es una mezcla de varias frecuencias de la zona audible.

5.5.1 MEZCLADOR

El mezclador es un sumador de las señales de voltaje. El circuito de un sumador se muestra en la fig. 5.4 da una salida invertida que es igual a la suma de todas sus señales de entrada.

El voltaje de salida de la fig. 5.4 está dada por:

$$V_o = - \left(\frac{R_4 V_1}{R_1} + \frac{R_4 V_2}{R_2} + \frac{R_4 V_3}{R_3} \right)$$

Si en la salida de voltaje de la fig. 5.4 esta dada por la expresión anterior se puede demostrar que es un sumador de voltaje si hacemos que todas las resistencias tomen un valor fijo $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$, por lo tanto la salida será igual a:

$V_o = - (V_1 + V_2 + V_3)$, el signo negativo al principio de la suma de los tres voltajes significa que la señal esta invertida con respecto a la señal de entrada.

En la fig. 5.4 hay una resistencia R_5 ésta es para estabilizar el circuito pero en general todos los amplificadores sumadores la llevan. Hay una restricción para estos circuitos, esta es que, la suma de todas las señales de voltaje de entrada no debe ser mayor al voltaje permitido por el amplificador que se

ha de usar (las características eléctricas del amplificador operacional).

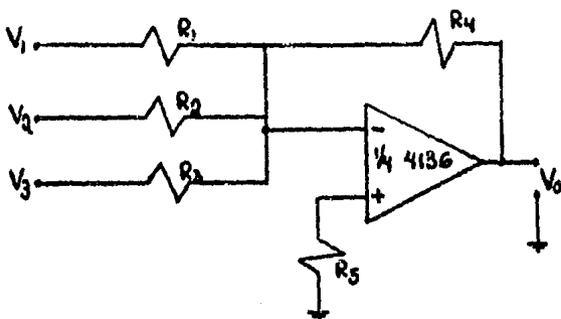


Fig. 5.4 Un amplificador sumador

El diseño del audiómetro tiene ocho señales las cuales son mezcladas, el amplificador usado es un 4136 que sus características eléctricas son máximo voltaje permitido de salida 13 Vpp. por lo tanto si nuestra señal es de 10 Vpp entonces la salida será:

$$V_o = - \left(\frac{R V_1}{R_1} + \frac{R V_2}{R_2} + \frac{R V_3}{R_3} + \frac{R V_4}{R_4} + \frac{R V_5}{R_5} + \frac{R V_6}{R_6} \right. \\ \left. \frac{R V_7}{R_7} + \frac{R V_8}{R_8} \right)$$

si $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = 10000 \Omega$

y $R = 100 \Omega$ sustituyendo queda y si hacemos que:

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = V_6 = V_7 = V_8 = 10 \text{ Volts pp.}$$

$$V_o = - (0.01 \times 10 + 0.01 \times 10 + 0.01 \times 10 + 0.01 \times 10 + \\ 0.01 \times 10 + 0.01 \times 10 + 0.01 \times 10 + 0.01 \times 10) = -0.8 \\ V_o = 0.8 \text{ Vpp.}$$

En la fig. 5.5 se muestra el circuito sumador de este diseño.

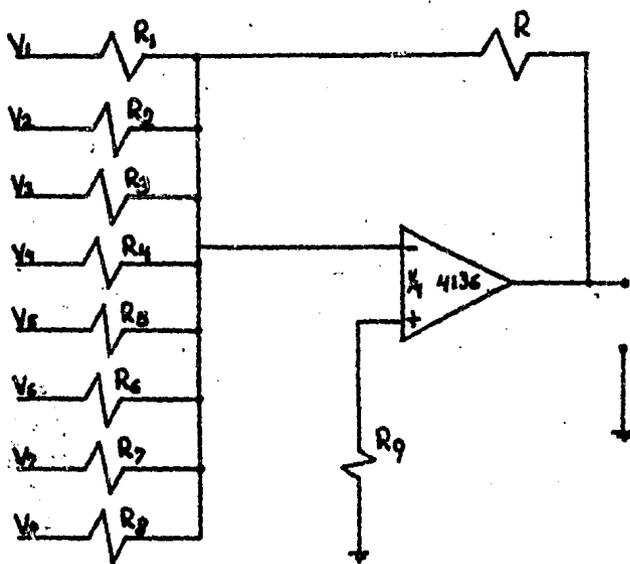


Fig. 5.5 Sumador (mezclador) de ocho señales de diferentes frecuencias que dan por resultado el ruido blanco

5.6 AMPLIFICADOR

Los amplificadores son circuitos electrónicos los cuales aumentan la potencia de una señal.

Los amplificadores usados en este diseño son amplificadores de audio que se encuentran en el mercado nacional.

El amplificador μP 1020H, su respuesta en frecuencia es lineal de 100 hasta 10 000 Hz. En la figura 5.6 se muestra el diagrama del amplificador.

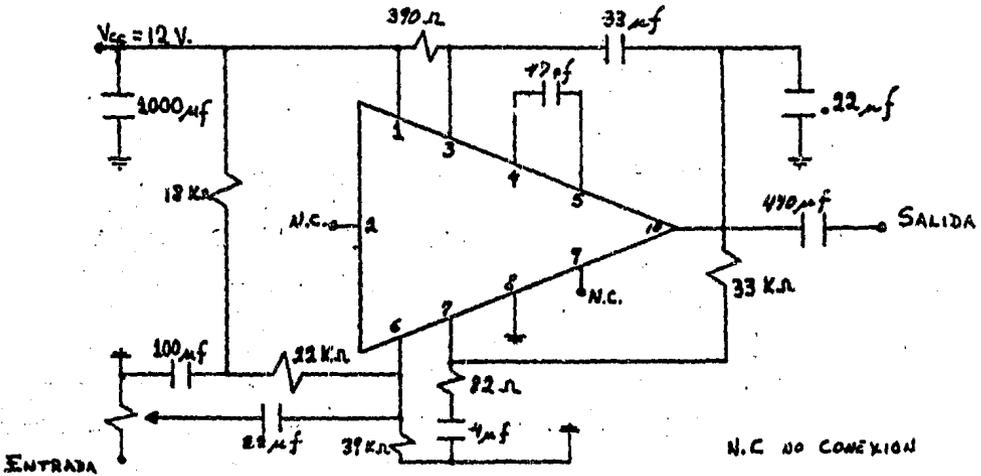


Fig. 5.6 Amplificador de audio μP 1020H

5.7 TRANSDUCTORES

Los transductores son dispositivos que transforman un efecto físico en otro distinto, esto es la transformación de informaciones típicas como pueden ser: Presiones, fuerza, desplazamiento, niveles, etc., en informaciones eléctricas, magnéticas o neumáticas, capaces de ser amplificadas y transmitidas fácilmente sin de

Formaciones en energía eléctrica y en presión de aire.

Los transductores que están involucrados en el diseño, son los audifonos del paciente y la entrada de la grabadora.

5.8 FUENTE DE ALIMENTACION

La fuente de alimentación para suministrar energía para los circuitos integrados 4136 y 1020H de audio es como se muestra - en la figura 5.7. Es un rectificador de onda completa para generar un voltaje positivo y negativo con un transformador de 18 - Volts. a 0.5 A, con Tap Central y reguladores de voltaje a 12 Volts positivos y negativos.

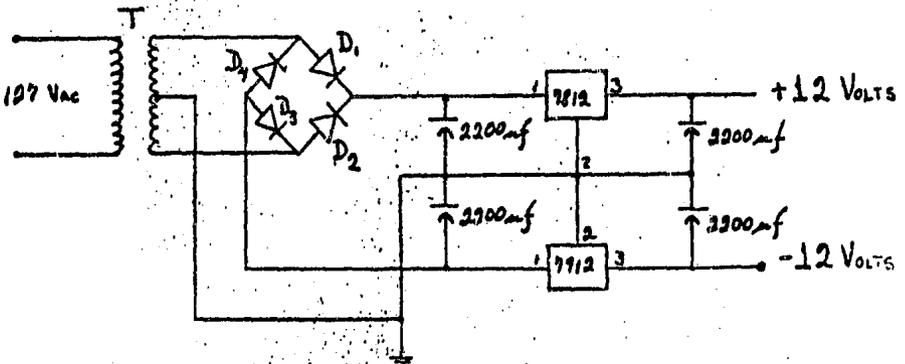


Fig. 5.7 Fuente de Alimentación

5.3.2 PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITO

Como un requisito de seguridad tanto para el paciente como para el aparato, se integra una protección contra corto circuito en el diseño.

El funcionamiento de este fusible electrónico es de la siguiente manera:

Al provocarse un corto circuito en el aparato, la acción de conmutación ocurre en 90 μ s, cuando actúa el fusible, Q_2 conduce y Q_1 está en corte, de modo que la potencia es desviada de los transistores a el regulador. El circuito es repuesto, después de que desaparece la sobrecarga, abriendo momentáneamente el interruptor de reposición para suprimir la potencia.

En la fig. 5.8 se muestra el circuito del fusible electrónico.

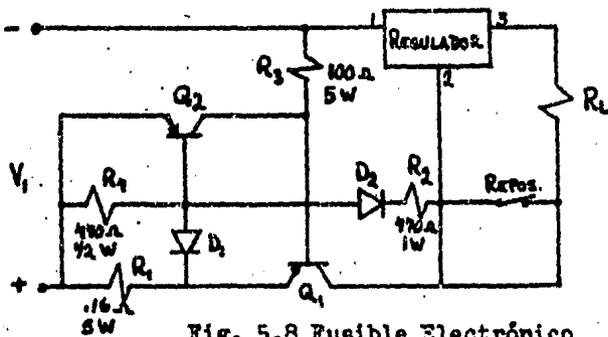


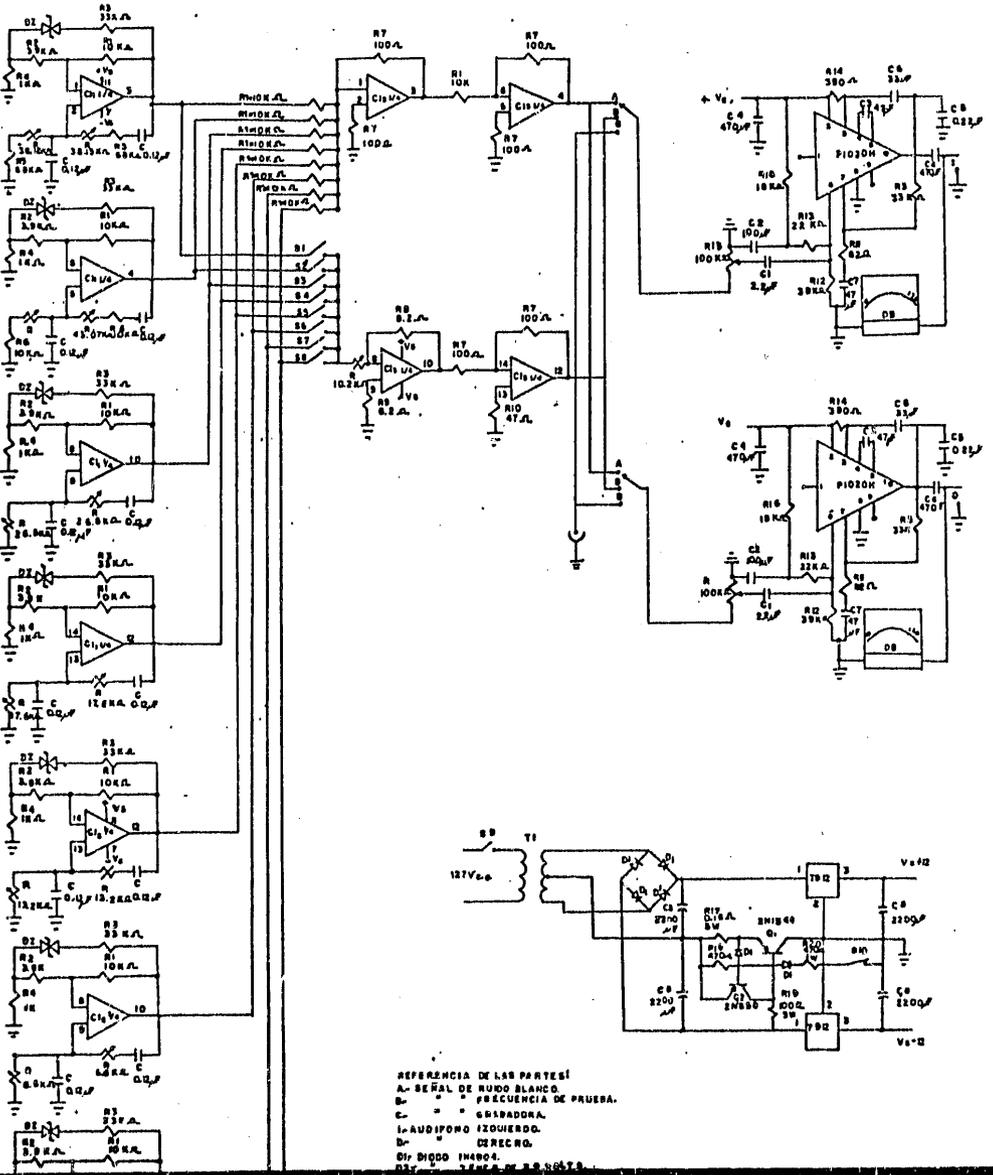
Fig. 5.8 Fusible Electrónico

5.9 CIRCUITO DEL AUDIOMETRO

En la fig. 5.9 se muestra con detalle el circuito del audiómetro

89. CIRCUITO DEL AUDIOMETRO.

EN LA FIG. 8.9 SE MUESTRA EL CIRCUITO DEL AUDIOMETRO.



REFERENCIA DE LAS PARTES!
 A- SEÑAL DE RUIDO BLANCO.
 B- " " FRECUENCIA DE PRUEBA.
 C- " " GANADORA.
 L- AUDIFONO IZQUIERDO.
 D- " " DERECHO.
 DI- DIODO INARBO.
 DT- " " 2W 500 Ω 500 Ω

5.10 INDICADORES DE INTENSIDAD

Al escuchar el ser humano sonidos, los interpreta con una escala aproximadamente logarítmica, siendo la mínima intensidad que puede escuchar es $I=10^{-12} \text{ W/m}^2$.

Teniendose una relación de voltaje podemos obtener los decibeles requeridos:

$$\text{dB} = 20 \log E_1/E_0$$

siendo:

E_0 = voltaje de referencia

E_1 = voltaje de salida

dB = decibeles

Tomando en cuenta que una pequeña variación de voltaje aumentan los decibeles en forma definida.

La característica principal del indicador de intensidad es que tendrá una escala de 0 a 120 dB, donde cada paso será de 5 dB ya que el ser humano normal no puede interpretar una variación de 1 ó 2 dB.

C A P I T U L O VI**AUDIOMETRIA**

- 6.1 FUENTES DE ERROR EN AUDIOMETRIA**
- 6.2 CONDICIONES ACUSTICAS DE LOS LOCALES**
- 6.3 DEFICIENCIAS COMUNES EN LOS AUDIOMETROS**
- 6.4 CUIDADOS DE UN AUDIOMETRO**
- 6.5 AUDIOMETRIA DE TONO PURO**
- 6.6 AUDIOMETRIA DE LENGUAJE**

6.1 FUENTES DE ERROR EN AUDIOMETRIA

El estudio de Robinson (1960) de fuentes de variación en la medición por el método de conducción aérea con audífonos - convencionales llama la atención hacia el grado de precisión, lo cual puede ser expresado de la siguiente manera.

Las fuentes de variación se dividen en dos categorías:

- a) La variación del umbral, como sería indicado por el umbral medido por la presión del sonido cuando está cerrada la membrana timpánica.
- b) La otra categoría limita la precisión con la cual la - variación verdadera puede ser medida, y es compuesta de - factores que consisten en la variación debida al tamaño - del canal auditivo para la medición.

El umbral auditivo de las personas se ve afectado por el transcurso de los años y la intensidad del sonido.

6.2 CONDICIONES ACUSTICAS DE LOS LOCALES

El acondicionamiento acústico de los locales tendrá por - objeto asegurar un inteligibilidad y sonoridad adecuadas al fin a que se destinan.

A este objeto se recomienda las siguientes condiciones:

- a) Una ausencia total de ecos
- b) Un tiempo de reverberación adecuado, manteniendo dentro de ciertos límites, aunque se modifique el número de personas existentes en la sala.
- c) Un aislamiento suficiente de los ruidos extraños bien sean procedentes del exterior o de los dispositivos de acondicionamiento de aire y servicios.

- d) Ausencia total de órganos de ornamentación cuya frecuencia propia sea del orden de los que constituyen el espectro sonoro.
- f) En el caso de que se empleen las superficies del local como reflectoras, los sonidos reflejados habrán de reforzar al sonido empleado en la prueba.

Para juzgar la calidad acústica de una determinada sala se hará uso del " Ensayo de Articulación", consistente en medir el porcentaje de palabras correctas entendidas, clasificándose, según este ensayo de la siguiente manera.

SALAS DE 1a. ARTICULACION	90 %
SALAS DE 2a. ARTICULACION	85 %
SALAS DE 3a. ARTICULACION	75 %
SALAS INAUDIBLES	MENOR DE 75 %

Con arreglo a su cubicación se clasifican en:

SALAS PEQUEÑAS SU DIMENSION NO MAYOR DE 11 m^3
SALAS MEDIANAS ENTRE 11 Y 17 m^3
SALAS GRANDES MAYORES DE 17 m^3

La intensidad media de la palabra debe ser 40 dB sobre el umbral sonoro en las salas pequeñas y aproximadamente 46 dB en las grandes.

6.3 DEFICIENCIAS COMUNES EN LOS AUDIOMETROS

Todas las personas que trabajan y conocen los audiómetros - saben que su eficiencia cambia con el tiempo.

Todos los audiómetros sufren de uno o más de los siguientes defectos:

- a) Sonido del interruptor en terminación del tono.
- b) Radiación acústica que proviene del chasis.

- c) Variación del nivel y la frecuencia en el comienzo y terminación del tono.
- d) Respuesta irregular del audífono
- e) Señales ajenas
- f) Tolerancia de salida de frecuencias
- g) Incorrecto nivel de acústica
- h) Excesivo cambio en el rendimiento debido a variaciones de voltaje de línea.
- i) Excesivas variaciones de subidas y bajadas de tono
- j) Atenuadores lineales
- k) Distorsión armónica muy grande

En un estudio realizado, se checaron en pequeños lapsos de tiempo los defectos más frecuentes.

- a) Nivel acústico más allá de límites.
- b) Ruido ajeno de instrumentos
- c) Excesiva distorsión armónica
- d) Falla en el audífono
- e) Frecuencias fuera de límites

6.4 CUIDADOS DE UN AUDIOMETRO

Los audiómetros son instrumentos de precisión muy sensibles que exigen un trato cuidadoso.

Deben protegerse contra golpes y grandes sacudidas.

Al probar el panel de control debe evitarse todo uso violento. Nunca deben apoyarse los auriculares con el orificio hacia abajo sobre alguna mesa o algo similar, pues esto puede provocar fácilmente un daño en la membrana sensible dentro del auricular. Los cables de unión entre la caja del

audiómetro y el auricular no soportan dobleces agudos y no deben enredarse. Cuando se enfrenta el uso de un audiómetro en particular, debe estudiarse su manual de instrucciones. La auxiliar solo puede familiarizarse bien en el modo de operar el panel, como efectuar las pruebas etc., experimentando consigo misma. Antes de hacer las pruebas audiométricas de su primer paciente debe haber efectuado varias veces el control de pruebas con sus propios oídos.

Además, cada día antes de comenzar a trabajar, debe "AUSCULTAR" el audiómetro para convercerse de que el aparato funciona correctamente, midiendo su propia audición.

6.5 AUDIOMETRIA DE TONO PURO (VIA AEREA)

La audiometría comienza con la instrucción del paciente. - Se le dice lo siguiente " Se le va a hacer una prueba de audición con tonos, usted oye tonos medios, graves y agudos, preste atención solamente por si oye algún tono o no. Primero le haremos escuchar bien el tono para que lo oiga claramente y será ese el tono con el cual estoy probando":

Luego el tono desaparecerá para volver anseguida muy bajo, en cuanto lo oiga dé una señal afirmativa (diga ahora o levante la mano). Cuando el tono desaparezca de una señal negativa (diga se fue o baje la mano). Cuando reaparezca dé una señal afirmativa y así sucesivamente.

Por favor indíqueme al principio también si oye el fono -- fuerte.

El paciente recibe el auricular. El acolchonado de goma debe ajustarse bien al pabellón de la oreja y la abertura debe --

coincidir con la entrada del conducto auditivo. El acolchonado - debe cubrir totalmente la oreja.

Se debe separar el pelo y sacar los anteojos.

El umbral auditivo se obtiene separadamente para los oídos derecho e izquierdo. Se comienza siempre con el mejor oído, generalmente el paciente puede indicar con qué oído oye mejor. Para hipoacusias de valores similares es indistinto el oído cuya audición se mida primero.

Fijamos 1000 Hz en la perilla de frecuencias para el primer tono de prueba y procedemos de la siguiente manera:

- a) Por 1 ó 2 segundos, aumentar el volumen para que el paciente perciba claramente el tono.
- b) Volver el volumen a 0 dB o por lo menos bajarlo tanto - para que el paciente no oiga nada.
- c) Aumentar nuevamente el volumen hasta que el paciente -- vuelva a percibir el tono.
- d) Bajar lentamente el volumen hasta que el paciente indi que que no oye.
- e) Aumentar de nuevo el volumen poco a poco hasta que el paciente vuelva a oír el tono.

Esta es la mejor manera de cercar el valor del umbral auditivo. Cuando el paciente está experimentado se puede acortar - el procedimiento. Luego de encontrar el umbral auditivo para - 1000 Hz, se repite el procedimiento para tonos más graves y más - agudos.

Se recomienda seleccionar las frecuencias en un orden irregular por ejemplo:

1000, 125, 500, 250, 750, 4000, 2000, 8000

Al hacer la prueba con tonos más agudos hay que advertirle al paciente que no debe prestar atención a algunos ruidos que se generan en el audiómetro por fallas de contacto, sino solamente - al tono de prueba.

Cuando los pacientes hacen indicaciones imprecisas, se recomienda que el tono de prueba no sea continuo sino intermitente.

Un tono que aparece y desaparece instantáneamente es mejor percibido en el umbral auditivo. La mayoría de los audiómetros -- tienen un pulsador interruptor para conectar y desconectar el tono de prueba.

Los valores de umbral determinados deben graficarse en el audiograma. En éste el eje horizontal representa las frecuencias en Hz y el vertical el volumen.

La unidad de medida del volumen es el decibel, abreviado - dB.

Para las personas de audición normal el umbral está en 0 dB; 60 dB es el volumen medio y 90 ó 100 dB ya es volumen incómodo, muy alto para la mayoría de las personas.

Los valores medios se marcan en el audiograma; con un circulo para el oído derecho y con una equis para el oído izquierdo.

Su distancia al eje superior (0 dB) se denomina pérdida auditiva en dB. Al unir los puntos obtenemos la curva del umbral auditivo.

la figura 6.1 se muestra un audiograma registrando las -- pérdidas auditivas.

ENMASCARAMIENTO

Para hacer análisis audiométricos se deben hacer enmascaramientos. Una peculiaridad de las sensaciones humanas es que, ante dos estímulos de similar intensidad pero distintos, sólo se percibe el más fuerte. Si hacemos escuchar el mismo tono en ambos oídos, con distintos volúmenes, sólo se oír el que sea más fuerte.

En el otro oído, el tono más débil pasa desapercibido.

Si el tono tiene igual volumen en ambos oídos, pero uno de ellos es más defectuoso que el otro, sólo lo percibe el mejor.

El paciente no puede decir si oye el tono en el oído más defectuoso o no. Si queremos probar este último debemos hacer de tal forma que en él la percepción tonal sea mayor que en el otro. A menudo hasta con obstruir artificialmente el oído mejor. Para esto lo volvemos hipoacúsico. Le brindamos un sonido del cual forma parte el tono de prueba y por consiguiente este ya no es perceptible.

En audiometría, este proceso se llama enmascaramiento.

Para el enmascaramiento audiométrico usamos un ruido que se denomina ruido blanco; blanco porque contiene las frecuencias de la zona audible. El ruido blanco tiene la característica de que todas las frecuencias tienen un volumen similar en él. La zona de las frecuencias y volúmenes que se hacen inaudibles por este ruido blanco delimita su efecto de enmascaramiento.

El ruido blanco contiene los tonos con un volumen objetivamente (físicamente) y no subjetivamente igual. Por lo tanto, su efecto de enmascaramiento es también menor en la zona de fre

cuencias graves y muy agudas.

Para las pruebas de vía aérea valen las siguientes reglas:

- 1.- El oído no probado debe enmascararse cuando el tono - - que prueba el otro oído, pueda transmitirse contralateralmente y ser oído involuntariamente por el primero.
- 2.- El ruido de enmascaramiento para el oído no probado debe tener un volumen tal que éste no puede percibir el - tono de prueba contralateralmente transmitido con seguridad.
- 3.- El ruido de enmascaramiento debe ser lo suficientemente débil como para no ser oído por transmisión contralateral por el oído probado y tapar el tono de prueba.

El sonido aéreo pasa por el cráneo para volúmenes entre 50 y 60 dB y se propaga como sonido craneano. Ya que los huesos son - buenos conductores de sonido, siempre hay que contar con que éste llegará al oído (interno) contralateral.

Fundamentalmente, debemos temer que haya una audición por transmisión contralateral cuando el tono de vía aérea usado para - la prueba sobrepase los 50 dB. Estos 50 dB valen para los auriculares audiométricos normales embutidos en el acolchonado de goma.

Para mediciones por vía aérea el oído contralateral debe - enmascararse si no se ha alcanzado el umbral auditivo para un volumen de 50 dB (o más, seguramente 40 dB) para el oído probado.

El ruido enmascarador debe tener siempre el mismo volumen que el tono de prueba.

Entonces si queremos determinar un umbral auditivo con un - volumen de 50 dB proporcionamos al oído contralateral un ruido de

volumen de 50 dB; si el umbral está en 70 dB, el oído enmascarado - recibe un ruido de 70 dB de volumen, y así sucesivamente. Se recomienda suministrarle tono de prueba intermitente.

6.6 AUDIOMETRIA DEL LENGUAJE

La prueba de la capacidad auditiva con el lenguaje sirve para determinar la distancia en metros a la cual el paciente puede repetir correctamente lo que le dice el médico. Esta audiometría del lenguaje a distancia es un procedimiento necesario e imprescindible aún hoy, debido a su sencillez. Desgraciadamente, existen una serie de fuentes de error: La sala de pruebas, el volumen y claridad de cada auxiliar que realiza la prueba, así como palabras de prueba variadas; ni siquiera el mismo médico puede conservar siempre el mismo volumen de su voz, por lo que es muy difícil comparar los resultados.

La audiometría del lenguaje se ha desarrollado para no tener que depender de la voz hablada como instrumento de prueba. La voz del médico se reemplaza por una cinta grabada con las palabras normalizadas. Todas estas conservas tonales son copia de una cinta madre, por lo que se usa siempre un mismo material de prueba. La distancia entre el médico y el paciente es siempre la misma; en vez de variar la distancia, se varía el volumen.

La audiometría del lenguaje se realiza mediante auriculares para el estudio de cada oído por separado y un altoparlante para la prueba simultánea de los dos oídos.

La voz de prueba se compone de números de dos cifras y de palabras mono y bisilábicas. La prueba se compone de 10 grupos de 10 números. La monosilábica de 3 grupos de 50 palabras, la bisilábica de 12 grupos de 25 palabras cada una y la comprensión de frases de 8 grupos de 10 frases cortas comúnmente.

PRUEBA NUMERICA

GRUPO 1: 98, 22, 54, 19, 86, 71, 35, 47, 80, 63
 GRUPO 2: 53, 14, 39, 66, 57, 90, 85, 33, 72, 46
 GRUPO 3: 51, 36, 43, 17, 99, 45, 82, 24, 60, 48
 GRUPO 4: 67, 81, 55, 13, 28, 92, 34, 70, 49, 76
 GRUPO 5: 62, 58, 23, 16, 41, 37, 89, 30, 95, 74
 GRUPO 6: 32, 65, 83, 50, 91, 27, 18, 44, 79, 56
 GRUPO 7: 59, 77, 61, 40, 96, 73, 19, 84, 38, 25
 GRUPO 8: 93, 78, 13, 66, 57, 39, 80, 75, 62, 24
 GRUPO 9: 88, 42, 65, 21, 76, 15, 94, 87, 29, 60
 GRUPO 10: 31, 18, 64, 52, 97, 45, 30, 69, 26, 78

PRUEBA DE PALABRAS

I. MONOSILABICAS

BOL	PAR	BIS	FE	GUAU
SOR	DIOS	SEIS	RING	FAZ
BAR	RIEL	FRACK	VIL	BRIN
BUEY	SAL	PIEL	SER	BOJ
VIAL	PEZ	CID	MUY	GUAY
CAL	QUIEN	DUAL	ZINC	MAR
LUIS	REY	FIN	PIES	DEL
CLUB	PLAN	FLUIR	DAR	CIEN
TUL	DUX	MI	CON	MIEL
POR	VOY	GRIS	TREN	PUES

GRUPO 2

DOS	COL	LUZ	NO	ROL
JUEZ	TRES	RUIN	TAN	FIOR

FA	PLAN	DIAL	FLOR	FIEL
JUAN	DON	LEY	RED	GUION
PAN	ZAR	LID	VER	HIEL
MIL	DIEZ	PAZ	CRUZ	PUM
VALS	SED	LUIS	SE	SON
RON	MUS	SOL	CRIN	DEN
GAS	HEZ	PIE	PRE	CAN

GRUPO 3

AS	BLOCK	CLOWN	DRIL	HAY
NUEZ	FON	ROS	RUAN	GIL
SUR	TE	LA	PE	RAS
YO	FIAR	SEN	SIL	SUD
PUS	IR	TOS	FEZ	DE
BE	RUIZ	GREY	RE	HOZ
CRUEL	TU	LIAR	DO	REIS
GONG	SI	SAN	MIAN	DOCK
MES	LAUD	RES	HAZ	SET
HUIR	COZ	FREIR	CRUP	TIC

II BISILABICAS

GRUPO 1

LASTRE	SEXTO	SUELA	CINE	PERA
MOLDES	LETRA	DIOSA	VEGA	FINA
MENTA	SURCO	PIANO	DINA	TERO
CINCO	SELVA	DUQUE	KILO	BECA
PERSA	CIENDO	MILLA	DUNA	RENO

GRUPO 2

NESTOR	CEBRA	PEINE	DURO	TIMO
SIMPLE	CESTA	RIOJA	LIRA	CELO
CIFRA	NEGRO	DIANA	SECO	NIÑA
BANCO	DELTA	QUESO	MESA	PENA
CELDA	LAUDO	CENA	NEBE	TIRO

GRUPO 3

TEMPLO	CEDRO	SUIZA	DIJE	LACA
SASTRE	LINCE	VIOLA	VENA	NIDO
CISNE	FARDO	SUAVE	POLO	NENA
NARDO	CONDE	ROQUE	CURA	CEFO
PLUMA	CIEGA	META	NETO	TIRA

GRUPO 4

TIMBRE	SONDA	DUELA	JADE	PESA
MARTES	DISCO	MIOPE	SEDA	NUCA
SIGLO	JUNES	RIACHO	LINA	SEÑA
NORTE	PARTO	DIQUE	SENO	LUNA
TALCO	VIENA	SELLE	NORA	CERA

GRUPO 5

SANGRE	FELIX	NUEVA	DOTE	RITO
PERLAS	QUINCE	BARRIO	PECA	MODA
LISTA	CERCO	DELIA	TUNO	ECOS
PANES	MIRNA	NULA	VEDA	QUEDA
TERSA	CIELO	LLANO	MUSA	SINO

GRUPO 6

CARLOS	GANSO	CAUTO	VALE	ROSA
--------	-------	-------	------	------

CENTRO	BERNA	GENIO	PEÑA	INCA
PADRE	LENTE	CELIA	FASE	LUSO
QUINTA	DENSO	MIRA	CIMA	TIZA
SOBRE	MIEDO	DEDO	PELO	NERI

GRUPO 7

MARCOS	ORDEN	NAIPE	MULA	LUGO
TRENZA	PARTE	CERIO	CEPA	NELY
DARDO	FRESA	CUAJO	DIVO	SETO
VENUS	CINTA	LEMA	VELA	RISA
CENSO	NIETO	QUINA	LEDO	DECA

GRUPO 8

BURGOS	CREMA	MUELA	PURA	NILO
TRANCE	JASPE	NECIO	LONA	ONDA
QUISTE	DULCE	DENIA	DAÑO	LADO
BARCO	LANCE	CHINO	YESO	ESES
TARDE	SIETE	ROMA	PIZA	TINA

GRUPO 9

PLANES	LIBRE	ZUECO	PERRA	NEXO
CELTAS	DANTE	TIESO	CANO	GULA
NIQUEL	SIDRA	MARIO	ZITA	MINA
PARDO	CARDO	LLAVE	NUDO	ENES
MONTE	FERIA	BUQUE	LISA	SESO

GRUPO 10

CARMEN	TIGRE	MUECA	RETO	DOCE
SENDOS	SENDA	BIELA	NAVE	PINO
VERDE	NIÑOS	LACIO	NULO	LOTE

PRESA	CURAS	JAQUE	ASNO	FILO
CERDO	TAPIA	NETA	MISA	PIRA

GRUPO 11

PRENSA	FRENO	DIEGO	VINO	LISO
BLONDA	LACRE	RUEDA	TELA	ZETA
TERNA	MUNDO	MEDIA	SEBO	TINO
ASTRO	CANES	PESO	PILA	URNA
CERCA	LUISA	QUEJA	ESOS	MIDE

GRUPO 12

GRANDE	SABLE	RADIO	NICHO	ZONA
POSTRE	CEJAS	DUEÑA	UTIL	LLANO
CERDA	MADRE	SEPIA	BESO	LIMA
CARNE	MALES	CUNA	COLA	UNTO
PERNO	DIETA	QUITE	LINO	HOCES

III PRUEBA DE COMPRENSION DE FRASES

GRUPO 1

- a) El dinero no hace la felicidad .
- b) Los malos merecen ser castigados.
- c) Sábado a la noche, cine .
- d) No me mojé .
- e) Nuestros padres bailan tango .
- f) ¡No llores, niño, papá trabaja !
- g) ¿Quién conoce el camino?
- h) El va a la derecha, ella a la izquierda.
- i) Desgraciadamente esta casa es cara.
- j) El domingo, raviolos de nuevo.

GRUPO 2

- a) Hoy todos los lugares, cien.
- b) Los nerviosos necesitan quietud.
- c) Nos encontramos a las dos en el bar.
- d) A la noche hace fresco.
- e) Mario quisiera ser maestro.
- f) Nunca comas apurado.
- g) Esa ropa le va muy bien a Rosa.
- h) Te resfriaste mucho.
- i) Ana llora pero Juan ríe.
- j) Los discursos se dicen de pie.

GRUPO 3

- a) Este producto no tiene garantía.
- b) Basta la salud.
- c) Por favor, deja la luz encendida.
- d) ¡ Qué le parece mi sombrero nuevo!
- e) ¡ Pero toma pan y manteca!
- f) ¡ María conduce de contrabando!
- g) ¿Comprende mi delicada situación?
- h) Algunas personas no pueden comer fruta.
- i) Nada hierde más que la burla.
- j) Carlos te espera a las tres.

GRUPO 4

- a) Las estufas usan carbón y leña.
- b) Hoy cada ramo de flores, cien pesos
- c) Primero saludas a tu invitado.

- d) Nunca lo olvidaremos.
- e) ¿Puedo atar tu trenza?
- f) Actuamos todos los días.
- g) Dormir antes de media noche es sano.
- h) Tu reloj se detuvo hace tres minutos.
- i) Ella no come guisos salados.
- j) Seis muchachas quisieran ser hermanas.

GRUPO 5

- a) ¡ Buenos días, señores y señoras !
- b) Puedes sentarte.
- c) ¡ Necesitamos clima seco y fresco !
- d) Ella debería estudiar medicina.
- e) Lavarse las manos antes de comer.
- f) Las cosas buenas deben durar.
- g) ¡ Ponte comodo mi gran amigo !
- h) Mejor acostarse temprano.
- i) La constipación nos molesta mucho.
- j) ¡ Años que no te veía, querido !

GRUPO 6

- a) Los motores usan nafta, aceite y agua
- b) Nuestro médico viene todos los días
- c) Estrecha fuertemente tu mano
- d) Tengo treinta años.
- e) Los jóvenes pelean y las muchachas concilian.
- f) Ana quiere comer la sopa
- g) Las nueces deben estar cocidas
- h) Tu reloj adelanta.
- i) Los chicos demasiado vivos me intranquilizan.

j) Elsa querría aprender costura

GRUPO 7

- a) Los helados gustan a todos los chicos .
- b) Nuestros dos perros tienen sed .
- c) Todos los viernes hay pescado fresco.
- d) Mal tiempo, habrá pocas visitas.
- e) Primera hora Castellano, luego Inglés.
- f) ¡Ahora me he vuelto poderoso!
- g) Mi médico me recomienda aire puro.
- h) ¡Esta casa es demasiado alta!
- i) Poco dinero y mucho provecho.
- j) Nuestro pelo necesita cuidado.

GRUPO 8

- a) Cuidado, sale el tren.
- b) Mi perro viene cuando lo llamo.
- c) La identidad se acompaña de una foto.
- d) Desgraciadamente, Martha no puede quedarse.
- e) Nuestros hijos bailan alegremente.
- f) Este equipo hizo tres goles seguidos
- g) ¡ En nuestra casa hubo ladrones!
- h) No olviden la dirección ni sus pertenencias.
- i) Las águilas vuelan a miles de metros de altura.
- j) Esta región se denomina desierto de arena.

Como hay un umbral auditivo normal para tonos de prueba tenemos también un diagrama normal de comprensión para números, palabras mono y bisilábicas y frases . Este se ha determinado por una serie de experiencias con personas de audición normal. Para marcar los resultados existe un formulario especial . En el eje horizontal se

representa el volumen del lenguaje y en el vertical el porcentaje de palabras o frases correctamente repetidas. El lenguaje debe tener un cierto volumen para que pueda ser comprendido. Cuanto mayor sea el volumen del lenguaje, habrá más porcentaje de palabras comprendidas.

Los números de comprensión fácil ya se comprenden en un 50% para un volumen de aproximadamente 15 dB por personas de audición normal, y en un 100% para 25 dB. Los monosílabos son más difíciles de comprender y sólo hay una comprensión total para un volumen de 50 dB. La comprensión de frases se encuentra entre los dos grupos anteriores; como se muestra en la figura 6.2.

La prueba audiométrica comienza con la colocación de los audífonos, y en primer lugar con la prueba numérica en el oído mejor. El volumen que tiene que conectarse debe estar 25 dB por encima de la pérdida auditiva promedio si es que existe en el audiograma tonal, para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz.

Con este volumen se le hace llegar al paciente un grupo de números que él deberá repetir. Los números bien comprendidos deben tacharse en la lista de prueba y se debe calcular la comprensión porcentual (la repetición correcta de un número de dos cifras representa un 10% de la comprensión). Como regla, se consigue más del 50% de la comprensión numérica. Luego se disminuye el volumen para el próximo grupo numérico en 10 dB. Si en este caso la comprensión se encuentra por encima del 50%, en el próximo grupo se baja de nuevo 10 dB hasta alcanzar una comprensión de menos del 50%. Los valores obtenidos deben marcarse en el logaudiograma y unirse por líneas.

En la prueba numérica sólo se puede determinar donde corta la curva de comprensión a la línea del 50%; en la línea del 50% - hay una escala especial de dB que comienza en el punto donde se cortan la curva numérica normal con el eje de 50%. Por esto, se puede ver sin efectuar cuentas, cuántos dB más necesita el paciente que una persona de audición normal para comprender el 50% de los números. Esta es la pérdida auditiva para el lenguaje (número), Fig. 6.3

El oído peores probado del mismo modo, si para éste se necesitan 40 dB más de volumen del lenguaje que para el oído mejor, - éste debe enmascararse. El volumen del ruido enmascarador debe ser 20 dB menor que el volumen del lenguaje en el oído probado.

En la siguiente prueba se usan palabras mono y bisilábicas. En logaudiometría "Discriminación" significa comprensión de cada palabra. La pérdida de la discriminación es la relación porcentual de las palabras no comprendidas en el máximo de la curva de comprensión; es también la relación porcentual que falta para alcanzar 100% a la más alta proporción de comprensión medida.

La prueba de discriminación debe comenzar con un volumen mayor que la prueba numérica. La comprensión de las palabras mono y bisilábicas es más difícil que la numérica. Al comienzo de la prueba se evitan volúmenes demasiado bajos para que el paciente no se fatigue, y por tanto dé resultados erróneos.

El volumen del lenguaje necesario para el primer grupo de palabras debe seleccionarse de acuerdo con la curva numérica.

Para sordos de conducción se aumenta 30 dB por encima del volumen para el cual se haya alcanzado un 50% de la comprensión nú-

mérica. Para sordos de percepción se comienza con un volumen del lenguaje de 80 dB.

El primer grupo de palabras alcanzado con el volumen del lenguaje señalado anteriormente no se toma en cuenta para el cálculo sino se debe servir solamente como práctica. El grupo siguiente se anota, y se calcula el porcentaje. Cada palabra bien repetida significa un 2% de la comprensión, ya que cada grupo se compone de 50 palabras. La prueba se efectúa con intervalos de 10 a 15 dB para cada grupo, hasta alcanzar la curva de discriminación total.

Cuando la curva de discriminación alcanza la línea de 100 %, la pérdida de la discriminación vale 0.5%, queda por debajo del 100 % existe una pérdida de la discriminación, como se muestra en la Fig. 6.3

El enmascaramiento se realiza en forma similar a la de la prueba numérica.

La prueba de la comprensión de frases necesita un altoparlante porque la recepción natural de las frases se efectúa con ambos oídos.

Para la prueba de frases bastan en general los volúmenes de prueba 50, 65 y 80 dB. Si para 50 dB se alcanza una comprensión de frases del 90 % no existe una hipoacusia (sordera leve).

Se puede dar un grupo de frases con 35 dB si se quiere obtener una comprensión completa de la mitad. Si por otro lado, el hipoacúsico no comprende en su totalidad ninguna frase con 80 dB, el grupo siguiente se puede dar con 25 dB. El volumen no se puede aumentar más allá de los 25 dB. La distancia entre el paciente y el altoparlante debe encontrarse entre 1.5 y 2 metros. El paciente debe tener una posición indicada en la silla y no variarla.

El procedimiento de la prueba es similar a las de números y palabras; cada frase bien repetida se tacha. La repetición correcta de cada palabra vale aproximadamente el 2 % de la comprensión, puesto que cada grupo de frases contiene alrededor de 50 palabras. La Fig. 6.3 muestra una curva de comprensión de frases.

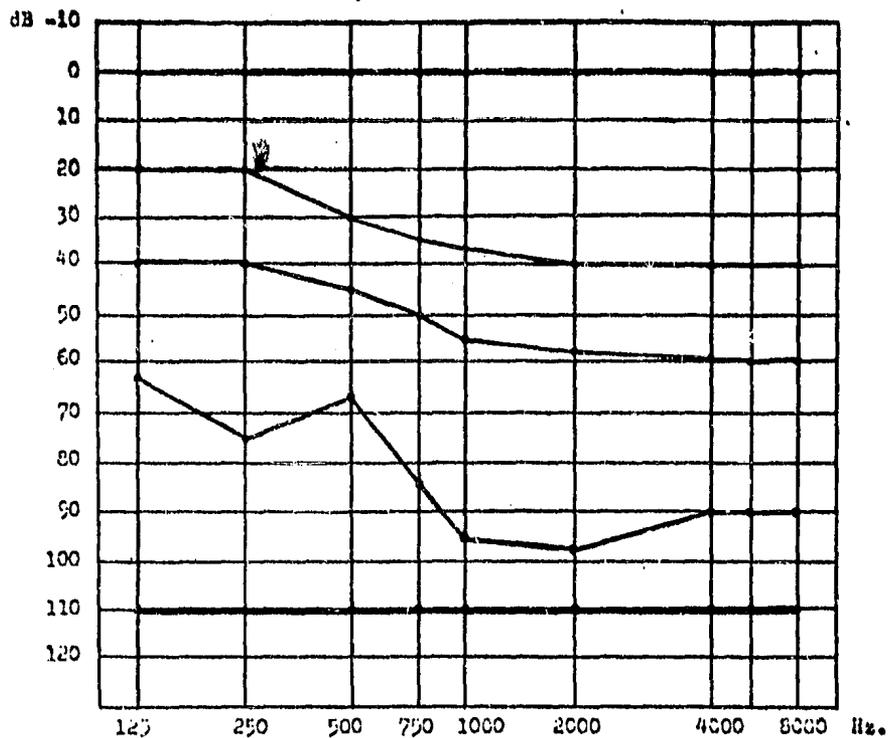


Fig. 6.1 Audiograma registrando pérdidas auditivas

de -10 a 20 dB	audición normal
20 a 40 dB	pérdida auditiva superficial (leve)
40 a 60 dB	pérdida auditiva media
60 a 100 dB	pérdida auditiva profunda (grave)
más de 100 dB	pérdida total de la audición

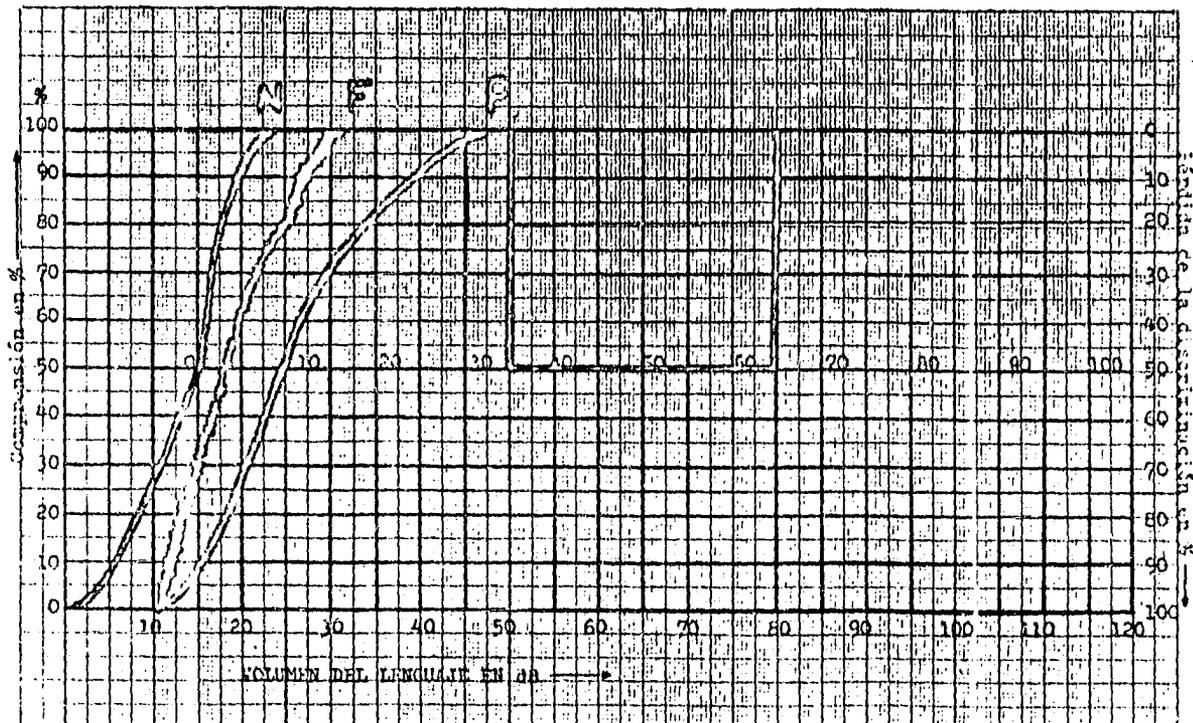


Fig. 6.2 Audiograma del lenguaje

N - números
 F - frases
 P - palabras

La zona más importante para la comprensión del lenguaje (50-80 dB)

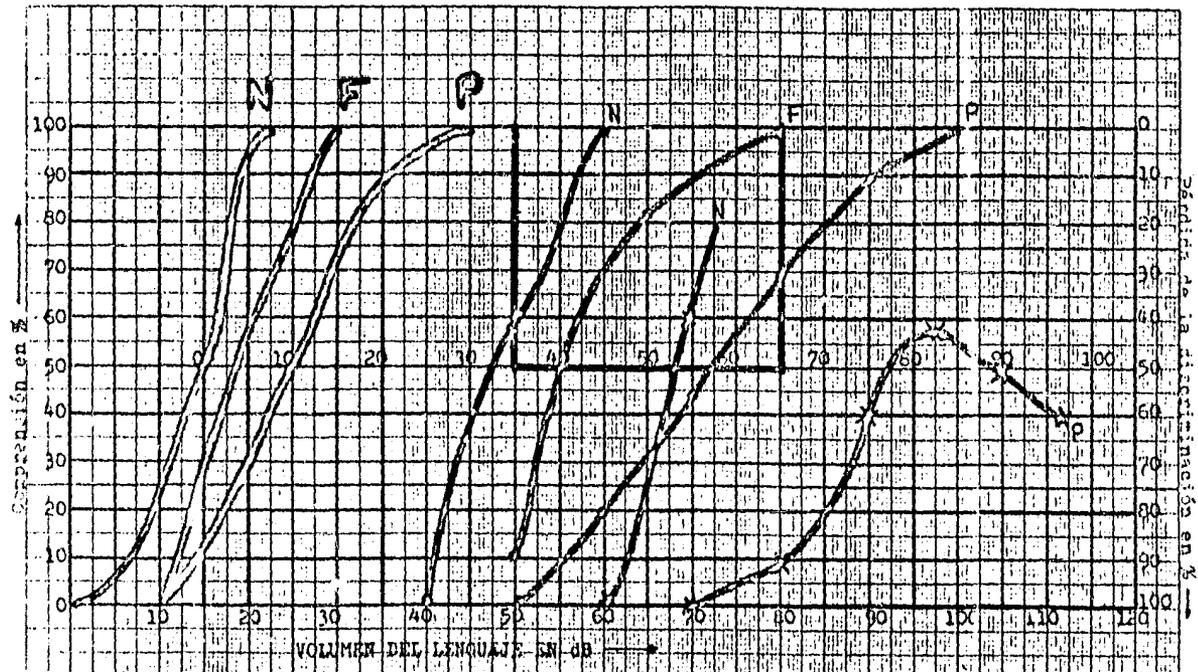


Fig. 6.3. Audiograma del lenguaje completo

- N. Pérdida auditiva del lenguaje en 33 dB aproximadamente
- F. Pérdida auditiva del lenguaje en 53 dB aproximadamente
- P. Pérdida auditiva del lenguaje en 57 dB aproximadamente
- N. Comprensión de las frases: 10% para 20 dB, 50% para 45 dB, 100% para 80 dB
- F. Comprensión de las frases: 10% para 30 dB, 50% para 55 dB, 100% para 80 dB
- P. Comprensión de las frases: 10% para 40 dB, 50% para 65 dB, 100% para 80 dB

C O N C L U S I O N E S

A CONTINUACION SE ENUMERAN LAS CONCLUSIONES DE ESTE TRABAJO

- 1.- El objetivo fundamental de ésta tesis, ha sido alcanzado plenamente.
- 2.- Este trabajo se realizó con el fin de evaluar en forma confiable la audición de las personas, con dos tipos de pruebas -- principales e importantes que son prueba de tonos y prueba de lenguaje.
Debido a esta evaluación, personal calificado puede cuantificar la pérdida auditiva de una persona y secundariamente en donde se encuentre la lesión que disminuye la audición.
- 3.- Este diseño se puede construir con componentes que se encuentran en el Mercado Nacional.
- 4.- Realizamos este diseño con el fin de poderse utilizar en Ciudades, las cuales no cuentan con equipo especializado para -- elaborar un examen audiológico.
- 5.- El diseño cumple con las especificaciones y los requerimientos que se encuentran indicados en las Normas.
- 6.- En el Mercado Nacional se encuentran audiómetros de fabricación extranjera que tienen un costo alto. La construcción de éste diseño tiene un bajo costo, además de ser fácilmente manejable.

7.- Otro de los objetivos que se persigue alcanzar es, motivar y fomentar a personal con conocimientos, a la elaboración de diseños y construcción de equipo médico, para evitar la importación de éstos.

APENDICE

A continuación se indican los nombres de los símbolos y/o abreviaturas empleadas:

Hz.	Hertz
dB.	decibeles
mm ²	milímetros cuadrados
m	metro
cm	centímetro
m/s	metros por segundo
W/m ²	Watts por metro cuadrado
uPa	micro Pascal
dB/s	decibeles por segundo
ms	milsegundo
N	Newton
R	resistencia
C	capacitancia
Vo	voltaje de salida
∩	Chms

B I B L I O G R A F I A

C A P I T U L O I

AUDICION Y SORDERA

H. DAVIS R. R. SILVERMAN

ED. LA PRENSA MEDICA 1971

LOS DEFECTOS AUDITIVOS

CANFIELD NORTON

ED. COMPAÑIA GENERAL FABRIL 1974

AUDIOLOGIA

JERGER JAMES FRANCIS

ED. TORAY MASSON S.A 1977

AUDICION

STEVENS, STANLEY, SMITH

ED. COLECCION CIENTIFICA TIME-LIFE 1979

AUDICION

JOSEPHS JESS

ED. REVERTE 1969

C A P I T U L O II

OTORRINOLARINGOLOGIA

FARB STANLEY

ED. EL MANUAL MODERNO 1978

OTORRINOLARINGOLOGIA

AUSBAND JOHN

ED. EL MANUAL MODERNO 1978

OTORRINOLARINGOLOGIA

R. PRACY

ED. LIMUSA 1981

FISIOLOGIA

GUYTON

ED. INTERAMERICANA 1975

FISIOLOGIA

ANTHONY CATHERINE

ED. INTERAMERICANA 1977

MANUAL PRACTICO DE AUDIOMETRIA

WALFHART NIEMEYER

ED. BETA 1969

REVISTA

PSYCHO ACOUSTICS-AUDIOMETRY

LECTURE No. 341 E

BRUEL & KJAER MAYO 1980

C A P I T U L O III

REVISTA

ELECTRO ACOUSTIC-MEASUREMENTS

HENNING MØLLER

BRUEL & KJÆL 16-035

PSICO-ACUSTICA

APUNTES DE F.S.I.M.E

ACUSTICA

WILLIAM W. SETO

ED. Mc GRAW HILL 1973

C A P I T U L O I V

NORMA

AUDIOMETERS

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

PUBLICATION 645-1979

BUREAU CENTRAL DE LA COMMISSION ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

NORMA

SPECIFICATIONS FOR AUDIOMETERS

AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTION

ANSI STANDARD S3.6-1969

C A P I T U L O V

MASTER OP-AMP APPLICATIONS HANDBOOK

HARRY W. FOX

ED. TAB BOOK INC. 1980

HANDBOOK OF NOISE CONTROL

HARRIS CYRIL MANTON

ED.

ELECTRONICS HANDBOOK

LANDE ROBERT W.

ED.

NORMA

RECOMMENDATION ON PREFERRED FREQUENCIES FOR ACOUSTICAL
MEASUREMENTS.BRITISH STANDARDS INSTITUTION BSI 3593:1963
BRITISH STANDARDS HOUSE, 2 PARK ST. LONDON, W.1

NORMA

**METHOD OF EXPRESSION OF PHYSICAL AND SUBJECTIVE
MAGNITUDES OF SOUND OR NOISE IN AIR
BRITISH STANDARDS INSTITUTION BSI 3045:1975
BRITISH STANDARDS HOUSE, 2 PARK ST, LONDON, W.1**

NORMA

**ACOUSTICS-PREFERRED FREQUENCIES FOR MEASUREMENTS.
INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION
ISO 266-1975**

C A P I T U L O V I

**MAN AND NOISE
WILLIAMS BURNS
ED.**

**ACUSTICA ARQUITECTONICA
WEISSE KARIHAUS
ED. GUSTAVO GILI, S.A. 1976**

**MANUAL PRACTICO DE AUDIOMETRIA
WALFHART NIEMEYER
ED. BETA 1969**