

FECHA	Junio 27 de 2008
-------	------------------

NÚMERO RA	
PROGRAMA	Ingeniería de Sonido

AUTOR (ES)	LINARES GARCÍA, Oscar Armando; MURILLO GÓMEZ, Diego Mauricio y RIVERA FIERRO, Álvaro Giovanni.
TÍTULO	Software de Audiometría

PALABRAS CLAVES	Software Audiometría Vía Aérea Ósea
-----------------	---

DESCRIPCIÓN	Audiómetro de tipo cuatro, aplicado como software en plataforma Windows, con la opción de realizar exámenes audiométricos por vía aérea y por vía ósea, que incluye la herramienta de prueba manual y auto umbral.
-------------	--

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	<p>INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Valoración Colectiva de las Audiometrías. Método de Klockhoff. NTP- 85, NTP-136. 1985, Barcelona.</p> <p>INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN INCONTEC: Norma Técnica Colombiana: NTC 2884-1 Electroacústica. Equipos audiológicos. Parte 1: Audiómetros de tonos puros</p> <p>INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN INCONTEC: Norma Técnica Colombiana: NTC 2884-2 Audiómetros. Parte 2: Equipos para la audiometría vocal</p> <p>ISO 389-1:1998 Referencia equivalente de umbral de niveles de presión sonora para tonos puros y audífonos insert.</p> <p>ISO 389-2:1994 Referencia equivalente de umbral de niveles de presión sonora para tonos puros y audífonos supra-aurales.</p> <p>ISO 389-3:1994 Referencia equivalente de umbral de niveles de fuerza para tonos puros y vibradores óseos</p> <p>ISO 389-4:1994 Niveles de referencia para banda angosta y ruido enmascarador</p> <p>ISO 8523-1:1989 Audiometría de umbral por medio aéreo y óseo de tono puro básico</p>
-----------------------------------	---

NÚMERO RA	
PROGRAMA	Ingeniería de Sonido

CONTENIDOS	<p>Objetivo General</p> <p>Desarrollar un software que realice pruebas audiométricas por vía aérea y ósea con una plataforma visual que muestre el resultado de la medición.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Diseñar un algoritmo que opere niveles y procese los datos obtenidos al realizar una prueba audiométrica.</p> <p>Implementar un control externo que pueda ser operado por el paciente para evitar falencias a la hora de capturar la información.</p> <p>Diseñar una base de datos que almacene registros para poder tener control del historial clínico de los pacientes.</p> <p>Proceso de Ajuste y verificación del software de audiometría</p> <p>Proceso de Calibración</p> <p>Valores ajustados para los niveles de salida del software</p> <p>Resultados de calibración vs. Norma</p>
------------	---

NÚMERO RA	
PROGRAMA	Ingeniería de Sonido

<p>METODOLOGÍA</p> <p>Enfoque Este proyecto tiene un enfoque empírico-analítico por que se basa en el uso de un software que permite analizar las consecuencias que tiene la alta exposición de ruido sobre el órgano auditivo del ser humano, ya que gracias a los resultados obtenidos al usar el programa, se pueden hacer comparaciones y valoraciones por parte de personal experto y calificado.</p> <p>Esta prueba involucra parámetros subjetivos y objetivos; se van a utilizar conocimientos físicos y herramientas científicas para hacer un producto confiable.</p> <p>Línea de investigación</p> <p>El campo temático para este proyecto es la acústica, ya que analiza aspectos físicos del sonido como frecuencia, intensidad, presión sonora etc.; se obtendrá el umbral de audición para diferentes estímulos sonoros (tonos puros).</p> <p>La sub-línea de la facultad es procesamiento e instrumentación y control de procesos, porque para el desarrollo del trabajo es necesario el uso de herramientas estandarizadas que permitan darle confiabilidad al proyecto, además, todos los requerimientos y parámetros deben ser medidos basados en normativa. Por último, la línea de investigación va a ser la de tecnologías actuales y sociedad, porque se aplican conocimientos técnicos a un proyecto para desarrollar herramientas en beneficio de la sociedad.</p> <p>Técnicas de recolección de información</p> <p>El proyecto consiste en la elaboración de un programa de computación que permite realizar un examen audiométrico, este debe ser calibrado bajo normativa por una empresa especializada que preste este servicio y así validar su funcionalidad.</p> <p>Una vez calibrado, es aplicado como prueba preliminar para la remisión a un especialista. Se realizan exámenes a una muestra de personas para comparar los resultados con equipos audiométricos convencionales y así constatar su funcionamiento.</p>

La idea inicial con el algoritmo es crear un programa para computador que emita una serie de señales auditivas a las cuales estará expuesto un usuario o paciente. A ciertos niveles de señal el paciente reaccionará y dará aviso al programa mediante un joystick. A partir del aviso, el software iniciará con el proceso de almacenamiento de datos.

El proceso de diseño comenzó con la creación de un programa que pudiera operar, procesar y almacenar una base de datos, lo cual comprendió y requirió tanto del aprendizaje de un lenguaje de programación y compilador específico, además del manejo de bases de datos.

Población y muestra

La muestra tomada está enfocada a un grupo de personas que requieren de una audiometría en un centro especializado. El tamaño de la muestra es de 20 personas comprendidas entre las edades de 18 a 35 años, diagnosticadas como otológicamente sanas y a las cuales se les realizará una prueba audiométrica tonal por vía aérea y ósea .

Hipótesis

El diseño y elaboración de un software que realice pruebas audiométricas por vía aérea y ósea, óptimo en el manejo de la información captada y la comparación de resultados, siendo al mismo tiempo económicamente asequible y módico en comparación a un audiómetro convencional.

Variables

Existen varias situaciones que pueden alterar el proceso de evaluación realizado en la audiometría. A continuación se mencionarán los posibles casos a tener en cuenta.

CONCLUSIONES

La aplicación de la audiometría con un software, permite una administración más eficiente tanto del proceso de examen como del manejo de la información del paciente y control de historial médico.

La nueva opción que incluye el software de audiometría para el almacenamiento de datos, información e historial, permite al fonoaudiólogo tener una panorámica precisa del estado del paciente sin la necesidad de depender del

diagnóstico que éste recuerde de citas anteriores, que en la mayor parte de los casos no es completa, y es la única referencia del fonoaudiólogo al realizar el examen, para así poder iniciar la práctica de la audiometría de manera más rápida. Cabe aclarar que esto es posible siempre y cuando el paciente ya se haya realizado una audiometría con el software.

El hecho de montar un audiómetro en un software para computadora, permite desarrollar cualquier tipo de actualización o adaptación en el equipo y al mismo tiempo en el sistema de una manera rápida, económica y práctica, ya que esto solo exige de cambios en el programa, en su entorno y código, mientras que en un equipo normal de audiometría es necesario cambiar parte o la totalidad del hardware, lo que implica mayores costos.

La implementación de un control vinculado con el software, le da la oportunidad al paciente de interactuar con el programa, de manera que llegado el momento el usuario está en la capacidad de detener la reproducción de algún tono si lo llega a sentir molesto, o simplemente para iniciar o terminar el proceso de la audiometría.

Según los resultados arrojados por la verificación y ajuste del software de audiometría, se obtuvo que la tendencia de valores de nivel del programa es de tipo exponencial.

El software de audiometría cuenta varias opciones que lo diferencian de un audiómetro convencional, tal como, almacenamiento de historial, prueba auto umbral y manual, pero según las exigencias de ciertas audiometrías, se requiere de la generación de ruido para enmascaramiento o alcanzar niveles de presión más altos. Para tales situaciones el software de audiometría está abierto a adaptaciones de esta calidad, su limitante es la capacidad y características del hardware utilizado.

SOFTWARE DE AUDIOMETRÍA

**OSCAR ARMANDO LINARES GARCÍA
DIEGO MAURICIO MURILLO GÓMEZ
ÁLVARO GIOVANNY RIVERA FIERRO**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SONIDO
BOGOTÁ - 2008**

SOFTWARE DE AUDIOMETRÍA

**OSCAR ARMANDO LINARES GARCÍA
DIEGO MAURICIO MURILLO GÓMEZ
ÁLVARO GIOVANNY RIVERA FIERRO**

**Proyecto de grado para optar al título de
Ingenieros de Sonido**

Asesores:

**Magíster OLGA LUCÍA MORA G.
Ingeniero JUAN CARLOS FERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SONIDO
BOGOTÁ - 2008**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 Antecedentes.....	14
1.2 Descripción y formulación del problema.....	16
1.3 Justificación.....	16
1.4 Objetivos de la investigación.....	17
1.4.1 Objetivo general.....	17
1.4.2 Objetivos específicos.....	17
1.5 Alcances y limitaciones.....	18
1.5.1 Alcances.....	18
1.5.2 Limitaciones.....	18
2. MARCO DE REFERENCIA	20
2.1 Marco teórico – conceptual.....	20
2.1.1 Presión sonora.....	20
2.1.2 Intensidad acústica.....	21
2.1.3 Curvas de ponderación.....	22
2.1.4 Ruido.....	24
2.1.5 Contaminación sonora.....	26
2.1.6 Audiometrías.....	28
2.1.7 Audiograma.....	32
2.1.8 Concepto dBHL.....	34
2.1.9 Estudio de la adaptación auditiva patológica.....	35
2.2 Marco legal o normativo.....	36
2.2.1 ICONTEC NTC 2884 Acústica. Audiómetros.....	36
2.2.2 ICONTEC NTC 2884-1 Electroacústica. Equipos audiológicos	
Parte 1: Audiómetros de tonos puros.....	37
2.2.3 ICONTEC NTC 2884-2 Audiómetros. Parte 2: Equipos para la	
Audiometría vocal.....	37

2.2.4 Normativa Nacional.....	38
2.2.5 Normativa Internacional.....	39
3. METODOLOGÍA.....	41
3.1 Enfoque de la investigación.....	41
3.2 Línea de investigación.....	41
3.3 Técnicas de recolección de información.....	42
3.4 Población y muestra.....	45
3.5 Hipótesis.....	45
3.6 Variables.....	45
3.6.1 Variables independientes.....	46
3.6.2 Variables dependientes.....	46
4 .DESARROLLO INGENIERIL.....	47
5 .PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	57
5.1 Proceso de Ajuste y verificación del software de audiometría.....	57
5.2 Proceso de Calibración.....	62
5.3 Valores ajustados para los niveles de salida del software.....	71
5.4 Resultados de calibración Vs Norma.....	76
6 .CONCLUSIONES.....	78
7 .RECOMENDACIONES.....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	83
GLOSARIO.....	85
ANEXOS.....	89

TABLA DE ANEXOS

ANEXO A Factura de verificación y calibración de software de audiometría

ANEXO B Módulo de audiometría Noah Fonix

ANEXO C Formato de examen de audiometría hospital universitario de La Samaritana

ANEXO D Carta de Ministerio de Protección Social

ANEXO E Certificado de calibración de software de audiometría

ANEXO F Informe de mantenimiento, verificación y/o ajuste

ANEXO G Resultados de calibración de software de audiometría

ANEXO H Práctica de audiometría en el hospital universitario de La Samaritana con audiómetro convencional

ANEXO I Exámenes audiométricos con software de audiometría realizadas a personas entre 18 y 35 años

ANEXO J Manual de operación del software de audiometría

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico Nº 1. Curvas de ponderación.....	23
Gráfico Nº 2. Ejemplo de aplicación de signos de identificación para audiometrías.....	30
Gráfico Nº 3. Curva de Wegel y campo auditivo.....	34
Gráfico Nº 4. Valores por obtenidos por equipos de ajuste y verificación...	72
Gráfico Nº 5. Niveles del software de audiometría para 250 Hz	73
Gráfico Nº 6. Niveles del software de audiometría para 500 Hz.....	74
Gráfico Nº 7. Niveles del software de audiometría para 1000 Hz	74
Gráfico Nº 8. Niveles del software de audiometría para 2000 Hz.....	75
Gráfico Nº 9. Niveles del software de audiometría para 4000 Hz	75
Gráfico Nº 10. Niveles del software de audiometría para 8000 Hz.....	76
Gráfico Nº 11. Calibración vía aérea y vía ósea vs Norma.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº 1.	Función de reproducción de audio MMCONTROL.....	48
Figura Nº 2.	Generador de tonos.....	48
Figura Nº 3.	Función temporizador de Visual Basic 6.0.....	49
Figura Nº 4.	Ventana de selección de frecuencias prueba vía ósea.....	50
Figura Nº 5.	Ventana de ejecución de audiometría vía ósea para 1 KHz..	50
Figura Nº 6.	Ventana de ejecución de audiometría manual vía aérea.....	51
Figura Nº 7.	Ventana de selección de tipo de prueba.....	52
Figura Nº 8.	Ventana de aplicación para pacientes antiguos.....	53
Figura Nº 9.	Ventana resultado de prueba	53
Figura Nº 10.	Ventana “tabla de examen aéreo”.....	54
Figura Nº 11.	Botón de comando “Command button”.....	54
Figura Nº 12.	Ventana de calibración de software.....	56
Figura Nº 13.	Conexión de Software de Audiometría a equipo de verificación	58
Figura Nº 14.	Tarjeta de Sonido MAudio Fast Track, Audífonos THD 39 y Oído artificial.....	59
Figura Nº 15.	Panel de mando para analizador de espectro digital.....	59
Figura Nº 16.	Medidor HL con control y preamplificador.....	60
Figura Nº 17.	Preamplificador Medidor HL.....	60
Figura Nº 18.	Medidor HL.....	61
Figura Nº 19.	Osciloscopio Digital.....	61
Figura Nº 20.	Analizador de espectro digital.....	62
Figura Nº 21.	Sistema de prueba de audición FONIX 7000.....	63
Figura Nº 22.	Sonda conectada a vibrador óseo.....	63
Figura Nº 23.	Sonda conectada a audífonos THD39.....	64
Figura Nº 24.	Monitor de sistema de prueba de audición.....	64
Figura Nº 25.	Osciloscopio conectado a sistema de prueba de audición....	65
Figura Nº 26.	Señal vía ósea de software de audiometría a 500 Hertz.....	65
Figura Nº 27.	Señal vía ósea de software de audiometría a 1000 Hertz.....	66

Figura N° 28.	Señal vía ósea de software de audiometría a 2000 Hertz.....	66
Figura N° 29.	Señal vía ósea de software de audiometría a 4000 Hertz.....	67
Figura N° 30.	Señal vía aérea de software de audiometría a 500 Hertz.....	67
Figura N° 31.	Señal vía aérea de software de audiometría a 1000 Hertz.....	68
Figura N° 32.	Señal vía aérea de software de audiometría a 2000 Hertz.....	68
Figura N° 33.	Señal vía aérea de software de audiometría a 4000 Hertz.....	69
Figura N° 34.	Señal vía aérea de software de audiometría a 8000 Hertz.....	69
Figura N° 35.	Proceso de calibración de software.....	70
Figura N° 36.	Pruebas de software de audiometría con fonoaudióloga.....	70
Figura N° 37.	Pruebas de audiometría.....	71

LISTA DE TABLAS

Tabla Nº 1.	Simbología para audiogramas.....	33
Tabla Nº 2.	Equivalencia dB SPL a dB HL según Norma ISO 61.....	35
Tabla Nº 3.	Equivalencia dB SPL a dB HL	35
Tabla Nº 4.	Valores por obtenidos por equipos de ajuste y verificación	72
Tabla Nº 5.	Ecuaciones obtenidas con base a la tendencia.....	72
Tabla Nº 6.	Valores por banda de octava de código ajustados a dB HL.....	73

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D. C., 24 Junio de 2008

AGRADECIMIENTOS

En el transcurso del desarrollo del proyecto, es de reconocer el rigor y la pasión con el que se asumió todo este trabajo y por esta razón debemos extender nuestros agradecimientos a todas las personas que han guiado nuestros pasos.

A Esperanza Camargo, quien estuvo desde un principio apoyando la idea inicial del proyecto; también está LUIS JORGE HERRERA, que nos ha sabido dirigir y así lograr el progreso del mismo.

A la empresa TECHNIK LIMITADA, por los servicios de calibración y soporte técnico del software, además del acompañamiento del ingeniero EDILBERTO MATAALLANA, que permitió hacer óptimo el funcionamiento del programa.

Queremos también ampliar nuestros agradecimientos a OLGA MORA, porque gracias a su guía y confianza, hemos culminado el primer peldaño de nuestros estudios profesionales. Asimismo a JUAN CARLOS FERNÁNDEZ, que constituye uno de los pilares que soportan el fundamento técnico del proyecto.

Cabe nombrar al Señor OSCAR MURILLO y de igual manera a JUAN DAVID CORTÉS DELGADO, por sus asesorías en el diseño del software y acompañarnos en este camino que hoy culmina. Al Doctor MIGUEL DARÍO RICO y al equipo de audiología de la clínica universitaria La Samaritana, Bogotá D.C, por compartir sus instalaciones y equipos en la realización de las pruebas y por lo cual le estamos eternamente agradecidos.

Además, no es posible dejar de agradecer a nuestros padres que nos han sabido llevar con la historia que les correspondió vivir y nos han ido construyendo, día tras día, como un ser humano nuevo, como seres empoderados en nuestros derechos.

Con cariño y respeto

A todas estas personas, gracias.

INTRODUCCIÓN

Como todo sistema en el cuerpo, el oído está diseñado para una función específica y es sensible a enfermedades y desgaste por circunstancias ajenas. Con el paso del tiempo se están incrementado notoriamente los niveles de ruido, lo que está llevando a una pérdida de sensibilidad por parte del oído y sordera en algunos casos.

La poca información que posee la gente común sobre este fenómeno hace que no se tomen los cuidados necesarios para la protección de este órgano. Es un problema que está afectando a toda la población tanto niños, adultos y ancianos deteriorando la calidad de vida de todos. Para medir como está respondiendo el oído al sonido, existe una valoración llamada audiometría, que se puede realizar mediante tonos puros por banda de octava, donde cada frecuencia va incrementando su nivel hasta que el paciente logra percibir, dando al final una gráfica en función de decibeles HL y la frecuencia.

Los problemas auditivos son irreversibles, por lo que la solución radica en la educación y en el buen cuidado que se le de al oído. La audiometría permite evaluar si existe daño en este órgano y advertir para tomar los correctivos necesarios que impidan que el problema se expanda.

Los equipos audiométricos tienden a ser costosos, por lo que no es muy común que la gente posea fácil acceso a una valoración. La realización de un audiómetro basado en software permitiría transportarlo y manejar información de forma más eficaz realizando una medición fiel que serviría de antesala para una remisión a un especialista.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Para medir el umbral de audición de una persona y determinar si hay algún daño en el oído, existe una prueba llamada audiometría. Ésta sigue vigente como el examen más usado para determinar si existe pérdida en el umbral de audición.

Generalmente se usan dos métodos para realizar esta prueba, el primero es la audiometría tonal y el segundo la vocal.

La audiometría tonal se realiza con tonos puros generalmente de banda de octava (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz), que van subiendo su nivel hasta que el paciente logra percibir el sonido; el resultado es representado mediante un audiograma que es una gráfica donde en un eje están los valores de frecuencia y en el otro valores de decibeles HL; esta es la prueba más usada.

La audiometría vocal se basa en leer o reproducir un listado de palabras bisílabas estandarizadas que el paciente deberá repetir, el porcentaje de palabras entendidas se usará para diagnosticar el grado de inteligibilidad de los fonemas. Se representarán los resultados en una gráfica de inteligibilidad.

El examen varía según el método de transducción utilizado por el audiómetro, si es un transductor vibratorio la prueba se realizará por vía ósea, si el transductor es un parlante se denominará vía aérea.

La ventaja de usar estas dos posibilidades es que al comparar los resultados de una prueba con respecto a la otra, se podrá determinar el sitio donde está

el daño auditivo. Esto se logra al comparar los resultados realizados con cada tipo de transductor, ya que el vibrador óseo omite el canal auditivo y transmite la señal directamente al oído interno.

En el campo de audiómetros por software, existen versiones profesionales utilizadas actualmente como el Equinox de Interacoustics, que es un audiómetro clase 1, el cual cumple con todas las especificaciones requeridas y optimizando algunos procesos que lo aventajan respecto a los audiómetros convencionales.

A nivel de audiómetros aplicados a software, se encuentra el módulo de audiometría clínica "AFFINITY AC440" con conexión a PC por medio del software AC440. El AFFINITY AC440 permite realizar todas las pruebas clínicas habituales (vía aérea, vía ósea y logo audiometría); pero cuando se utiliza con un ordenador, permite además personalizar nuevos protocolos, elegir las pruebas que se desea realizar y su orden, definir los niveles, establecer los accesos directos y guardar la configuración personal de las pruebas.¹

Por otro lado, también se conoce una versión de audiómetro avanzado en aplicación para computadora llamado Módulo de audiometría NOAH de la compañía FONIX. Es de aplicación profesional y se distribuye en Colombia por medio de la empresa TECHNIKS limitada, además, cuenta con una interfase y programa de computadora para aplicación en sistema operativo Windows. Es un sistema muy intuitivo en cuanto a la operación y puede utilizarse tanto con un módulo de controles o simplemente por medio de un Mouse. La descripción en detalle y la información extra de éste sistema se encuentra en el ANEXO B.

¹ http://www.interacoustics.dk/_downloads/AffinityAC440leaflet-ES.pdf

1.2 Descripción y formulación del problema

Los audiómetros convencionales son costosos y su movilización presenta algunas complicaciones, lo que hace que no se encuentren comúnmente; además, existen varios casos que por ubicación, a la población se le dificulta el acceso a una evaluación de diagnóstico.

¿Cómo realizar un software que efectúe audiometrías?

1.3 Justificación

Los audiómetros por software optimizan el proceso de manejo de datos y comparación de resultados, permitiendo que en la valoración se obtenga mayor cantidad de información para analizar y observar la evolución del daño. Además son portátiles y menos costosos, lo que mejora el acceso que la población tiene para esta prueba. También, incluyendo ciertos factores extras, como salud ocupacional, proyectos de educación, prevención y control contra riesgos laborales, se puede incentivar en gran magnitud la utilización de la audiometría, ya que hay que considerar mantener el más alto nivel de bienestar físico, mental y social de las personas en su ambiente laboral y social. Asimismo la realización de un audiómetro en software, permite la obtención de un diagnóstico verídico efectuado por un profesional.

1.4 Objetivos de la investigación.

1.4.1 Objetivo General

* Desarrollar un software que realice pruebas audiométricas por vía aérea y ósea con una plataforma visual que muestre el resultado de la medición.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un algoritmo que opere niveles y procese los datos obtenidos al realizar una prueba audiométrica.
- Implementar un control externo que pueda ser operado por el paciente para evitar falencias a la hora de capturar la información.
- Diseñar una base de datos que almacene registros para poder tener control del historial clínico de los pacientes.

1.5 Alcances y limitaciones.

1.5.1. Alcances.

Se pretende realizar un audiometría por software, haciéndolo un programa fácil de manejar y totalmente confiable, cumpliendo con los requerimientos técnicos de las normas ISO 389-1, ISO 389-3 y ANSI S3.6 y validado por una empresa especializada en calibración de equipos audiológicos; que realice una audiometría vía aérea y ósea, para que sea usado en diagnósticos preliminares.

Por ser un software basado en PC, permite que los resultados puedan ser enviados por Internet, para que un especialista diagnostique sin necesidad de estar presente en el momento de la prueba; además, debido a las facilidades para su transporte, mejora el acceso que se posee a este tipo de pruebas.

Este software contiene un manual de uso que guía al profesional, para que pueda operar el programa de una forma óptima y así obtener el mejor desempeño en la realización de la prueba.

1.5.2. Limitaciones.

La carencia de un oído artificial para su calibración, obliga a buscar otros métodos con los que se pueda asegurar la calidad de la prueba.

Esta prueba es sólo, para diagnóstico, ya que los daños en el oído son prácticamente irreversibles, pero un examen a tiempo permite tomar correctivos que impidan que el problema avance.

Entre otros factores, se encuentran los altos costos que implican el proceso de elaboración del audiómetro, como adquisición de hardware y el acceso a tutorías en el diseño del software, teniendo en cuenta que todo el equipo necesario para realizar una audiometría, es de un precio elevado y existen pocos importadores, además, hay pocos laboratorios de calibración.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco teórico - conceptual

A continuación, se precisarán los conceptos básicos para el conocimiento de las bases teóricas que implica el diseño de un audiómetro

2.1.1 Presión Sonora

Representa una compresión de aire en un medio material dado por una perturbación que se propaga y altera dicho medio. Es la pequeña variación de presión producida cuando una onda se propaga a través del aire comparado con la presión atmosférica estática.

Se conoce como la diferencia entre la presión instantánea debida al sonido y la presión atmosférica. Este parámetro físico se mide en valores muy pequeños de Pascales. Debido a estos valores tan difíciles de manejar, su manipulación se hace por medio de una escala logarítmica llamada nivel de presión sonora.

A partir de estos niveles y los niveles de intensidad se establece la tabla del umbral auditivo del ser humano, donde 120 dB corresponden a sonidos que pueden causar daños auditivos irreversibles.

El nivel de presión sonora está dado por la siguiente ecuación:

$$L_p = 20 \log (p / p_{\text{Ref}}),$$

donde p es presión acústica.

En la actualidad, se manejan las variaciones de presión sonora dadas por una onda por medio de niveles de presión. Este nivel de presión en campo directo varía linealmente. Entre más cerca del parlante, mayor nivel de presión sonora.

En campo reverberante, la presión es constante y en campo muerto, la presión es despreciable.

2.1.2 Intensidad Acústica

Constituye un flujo de energía a través de la materia, producido por la propagación de cierta onda sonora. La intensidad sonora, por lo tanto, es una medida de la razón a la cual la energía se propaga a través de un cierto volumen espacial. Ésta se especifica en términos de la rapidez con que la energía se transfiere a través de la unidad de área normal a la dirección de la propagación de la onda. Como la rapidez a la que fluye la energía se conoce como potencia, la intensidad se puede relacionar con la potencia por unidad de área, que pasa por un punto dado.

La intensidad se expresa en W/m . Sin embargo, la rapidez de flujo de energía en ondas sonoras tiene valores igual de pequeñísimos a la presión, por lo que también se usa la escala logarítmica de decibels, representando de esta manera la intensidad:

$$L_I = 10 \log (I / I_{\text{ref}}),$$

La intensidad varía en forma directa al cuadrado de la frecuencia y al cuadrado de la amplitud de la onda sonora.

2.1.3 Curvas de Ponderación

El comportamiento de los fenómenos físicos, como la presión, es lineal, mientras que el comportamiento del oído del ser humano es logarítmico.

Para poder ajustar los niveles de dB de presión, potencia e intensidad, hay que hacer una ponderación por frecuencia.

Esta dependencia de la sensación de sonoridad a la frecuencia, fue descubierta y medida por Fletcher y Munson, en 1933, quienes adecuaron ciertas curvas a partir de redes de filtrado o de ponderación de frecuencia para alcanzar una sensación auditiva real. Esta red de filtrado tendría que atenuar las bajas y las muy altas frecuencias, dejando las medias casi inalteradas. En otras palabras, tendría que intercalar unos controles de graves y agudos al mínimo, antes de realizar la medición.

Una dificultad, de este estudio era hacer que el sistema se comportara como el oído, sin que la dependencia de la frecuencia para diferentes niveles físicos del sonido se afectara. Por ejemplo, a muy bajos niveles, sólo los sonidos de frecuencias medias son audibles, mientras que a altos niveles, todas las frecuencias se escuchan más o menos con la misma sonoridad.

De esta manera se diseñaron tres redes de ponderación de frecuencia correspondientes a niveles de alrededor de 40 dB, 70 dB y 100 dB, llamadas A, B y C respectivamente.

- Ponderación A: utilizada para sonidos de bajo nivel. Para niveles por debajo de 55 fones
- Ponderación B: Para sonidos de nivel medio. Para niveles entre 55 y 85 fones
- Ponderación C: para niveles altos. Para niveles mayores a 85 fones
- Ponderación D: usada para medir ruido de aeronaves
- Ponderación SI: poco reconocida hecha por Webster, la cual se enfoca en frecuencias que predominan en la palabra.

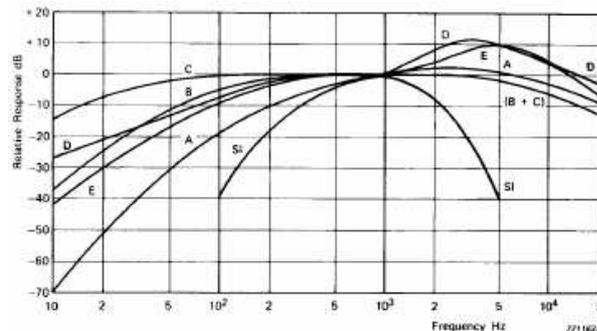


Gráfico N° 1. Curvas de Ponderación

La curva de ponderación A, pertenece a la escala de medida de niveles para compensar diferencias de sensibilidad que el oído humano posee para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo. Tiene la característica que, la sensibilidad decrece en bajas frecuencias. Los decibelios ya ponderados en "A" se representan como dBA y los no ponderados, llamados lineales, como dB. Generalmente es usada en mediciones de niveles sonoros.

El nivel de presión sonora tiene la ventaja de ser una medida objetiva, pero tiene la desventaja de estar lejos de representar con precisión lo que realmente percibe el oído humano. Esto se debe a que la sensibilidad del oído depende fuertemente de la frecuencia. La ponderación C está basada

en al respuesta en frecuencias planas y es usada para grabar salidas AC de niveles sonoros o de sonidos impulsivos.

Existe otro tipo de ponderación llamada F. Esta ponderación tiene una respuesta plana en ciertos rangos de frecuencia y es utilizada para el análisis de sonidos producidos por objetos.²

Hay que tener en cuenta que las curvas de Fletcher y Munson y las finalmente normalizadas por la ISO, son sólo promedios estadísticos con una desviación estándar bastante grande, un tanto lejanas a la realidad. Por lo tanto, los valores obtenidos son aplicables a poblaciones y no a individuos específicos.

Otro problema, es que estas curvas fueron obtenidas para tonos puros, es decir sonidos de una sola frecuencia, los cuales son muy raros en la naturaleza. Es por eso que las ponderaciones A, B y C han sido un fracaso.

2.1.4 Ruido

Es todo aquel sonido que para el ser humano sea considerado molesto auditivamente y afecte el organismo humano y las actividades diarias que este desempeña.

Tipos de Ruido

A continuación se describen los distintos tipos de ruido que existen y su fuente de propagación:

² IVIRO E. Gabriel, Bonello Oscar J., Gavinowich Daniel, Ruffa Francisco. PROTOCOLO DE MEDICION PARA TRAZADO DE MAPAS DE RUIDO NORAMLIZADO. Universidad de Buenos Aires. LACEAC. Febrero 2002.

Ruido Continuo

El ruido continuo se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción. Como ejemplo se encuentran equipos como ventiladores, bombas y equipos de proceso. Según ciertos autores, para determinar el nivel de ruido de estos elementos, es suficiente medir durante unos pocos minutos con un equipo manual. En el caso que se presenten tonos o frecuencias bajas, se puede medir el espectro de frecuencias para un posterior análisis.

Ruido Intermitente

Es considerado como ruido intermitente el que produce maquinaria que opera en ciclos de tiempo, o cuando pasan vehículos aislados o aviones en un intervalo corto de tiempo donde el nivel de ruido aumenta y finalmente disminuye de manera rápida. Para cada ciclo de una fuente de ruido, el nivel de ruido podría medirse como ruido continuo, sin embargo hay que tener en cuenta la duración del ciclo.

Ciertos autores llaman al ruido generado por algún vehículo o aeronave de paso aislado como ruido de un suceso. En el momento de medición, se debe medir el nivel de exposición sonora dentro de determinado tiempo.

Ruido Impulsivo

Son los ruidos de impactos o explosiones. Son breves en el tiempo y abruptos, pero sorprendentemente son los ruidos que causan mayor molestia que la esperada a partir de una simple medida del nivel de presión sonora. Para poder cuantificar el impulso del ruido, se utiliza cualquier parámetro capaz de conseguir una respuesta rápida y uno de

respuesta lenta. Así mismo, se tiene que documentar la tasa de repetición de los impulsos de acuerdo como se determine el intervalo del tiempo.

Ruido de Baja Frecuencia

Presenta una energía acústica significativa en el margen de frecuencias de 8 a 100 Hz. Este tipo de ruido es típico en grandes motores diesel de trenes, barcos y plantas de energía. Este ruido es de gran particularidad, ya que es difícil de amortiguar y presenta omnidireccionalidad, lo cual le permite distribuirse a grandes distancias.

Para el ser humano este tipo de ruido es más molesto, por lo que es necesario en el momento de su medición usar con un medidor de nivel sonoro usar el filtro de ponderación A para poder detectar los niveles generadores de molestias. Si se realizara la medición con el filtro de ponderación C, se identificaría el problema. Ya para calcular la cantidad de componentes de baja frecuencia en el ruido, se realiza una medición del espectro y es comparado con el umbral auditivo del ser humano

Ruido Ambiental

Se conoce como el sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por emplazamientos de actividades industriales.

2.1.5 Contaminación Sonora

Efectos Nocivos

Se conoce como aquellos efectos negativos sobre la salud humana, en este caso referentes a los efectos nocivos del ruido sobre la audición del hombre.

Es claro que estar expuesto a ruidos por largos intervalos de tiempo y la exposición a situaciones de la cotidianidad como el tráfico, generen problemas para la salud. Además se pueden presentar efectos de ansiedad, alteraciones del sueño, irritabilidad, stress, agresividad, pérdida de atención, problemas cardiovasculares etc.

En este caso se hará énfasis en los efectos nocivos en el oído humano

Trauma acústico

Es el ensordecimiento temporáneo o permanente debido a exposiciones largas de ruido. Los daños son producidos por el ruido o un sonido potente y repentino, como por ejemplo una explosión. Las explosiones a menudo dan lugar a daños en los tímpanos y en consecuencia a pérdidas de audición de tipo conductiva. A menudo este tipo de alteración auditiva es temporal.

Transcurrido algún tiempo el trauma desaparecerá. Si éste persiste, normalmente conducirá a una alteración auditiva dentro de una frecuencia relativamente estrecha, alrededor de 4 kHz, por lo tanto, la persona no podrá oír dentro de un cierto rango de tonos de alta frecuencia.

En ciertas situaciones de la vida cotidiana, esto puede no ser molesto. Pero en entornos más ruidosos, pueden tener problemas a la hora de oír.

Acúfenos

Síntoma en los oídos que consiste en la percepción de ruidos o zumbidos. Existen varias clases de acúfenos: Acúfenos subjetivos, los cuales son ruidos que sólo el paciente puede escuchar en sus oídos y los acúfenos objetivos, los cuales se escuchan en sus oídos y puede que otras personas acercándose a este lo perciban o mediante el uso de un estetoscopio.

Este problema tiene varias causas: alguna enfermedad en el oído que está generando el ruido, tapones de cera, tapones epidérmicos, obstrucciones del conducto, perforación de la membrana, tímpano esclerosis, otosclerosis, otitis medias agudas, lesiones en el órgano de Corti.

Existen de distintos tonos, agudos o graves. Los graves se dan en el oído medio y son tratables; los agudos se generan en el oído interno y por lo general no tienen tratamiento. Este problema puede ser temporal o permanente dependiendo de las causas que lo provoquen; puede generar pérdida de equilibrio y problemas psíquicos.

Por lo general, como consecuencia se da la falta de comprensión de la palabra hablada.

Desplazamiento temporal de la Audición – TTS

Desplazamiento temporal de la audición que se da debido a altas exposiciones de ruido durante un tiempo corto, por lo que el oído se desestabiliza por un periodo de aproximadamente 36 horas para la recuperación normal de la audición. El tiempo necesario para la recuperación de la curva normal de audición depende a la duración de exposición al ruido.

2.1.6 Audiometrías

La audiometría es una prueba funcional que sirve para determinar el estado actual de audición para una o varias personas.

Audiometría tonal umbral

La gráfica clínica está adoptada universalmente. En las abscisas están colocadas las frecuencias de 125 a 8000 Hz o bien desde 128 a 8192 por intervalos iguales de octavas; en las ordenadas, en sentido descendente están ubicadas las pérdidas en decibeles (dB) en relación al eje O, el que representa el umbral normal para las vías óseas y aéreas.

Cada señal está representada por un pequeño círculo para el oído derecho y por una pequeña cruz para el izquierdo. Así pueden inscribirse ambos oídos en el mismo gráfico, el derecho en rojo y el izquierdo en azul.

Luego de estudiarse la vía aérea, se debe examinar la vía ósea si es que se obtiene una hipoacusia en la vía aérea, de lo contrario no es necesario.

La investigación del umbral óseo es mucho más delicado de realizar y de interpretar, debido a que casi siempre debe eliminarse la audición del oído opuesto a través del enmascaramiento (esto es absolutamente indispensable). Sin enmascaramiento se toma, de hecho, el umbral de audición del oído opuesto (mejor que la del interrogado) atravesando el sonido la base del cráneo por conducción ósea transcraneana.

La mayoría de los audiómetros traen ciertos ruidos enmascaradores tales como el ruido blanco, banda estrecha, sierra, etc.

Los signos de identificación de una audiometría ósea corresponden a un código internacional en el que el signo ">" corresponde a la exploración del oído izquierdo y el signo "<" al derecho, tal como se muestra en la gráfica 1. Se suele representar la gráfica correspondiente al oído derecho en color rojo, y la del izquierdo, en azul.³

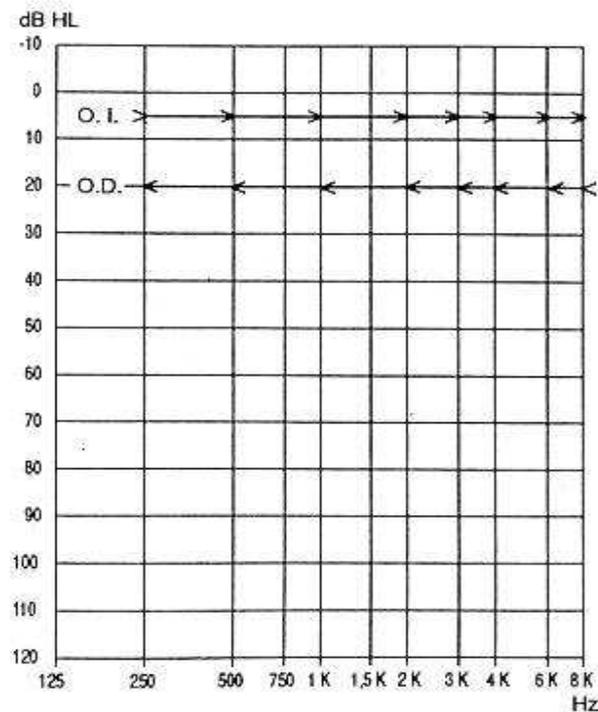


Gráfico N° 2. Ejemplo de aplicación de signos de identificación para audiometrías

Audiometría tonal supraliminar

Esta técnica se utiliza siempre que se encuentre una hipoacusia sensorineural unilateral o bilateral y permite así efectuar el diagnóstico diferencial entre una lesión sensorial (cortipatía) y una lesión neural (1° y 2° neuronas).

Ciertamente, la noción de distorsiones de la sensación sonora existen desde hace mucho tiempo, pero es, no obstante, el gran mérito de la

³ http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_285.htm

audiología moderna haber permitido elaborar pruebas especiales para testear lo que pasa en el campo auditivo.

Esquemáticamente, existen 3 categorías de perturbaciones o distorsiones supraliminales:

- a. Distorsión según el eje de las frecuencias: altura de un sonido anormalmente percibido, o un sonido tomado por un ruido, etc. La más conocida de estas distorsiones es la diploacusia.
- b. Distorsión según el eje de las intensidades, es decir, una relación anormal entre sonoridad (sensación psíquica de intensidad) e intensidad física del estímulo. El reclutamiento es el ejemplo más conocido (cortipatía).
- c. Distorsión según el eje del tiempo: duración de una sensación anormalmente larga o en otros casos fatiga auditiva.
- d. Tinnitus o acúfenos que afectan la inteligibilidad.

Estudio de las cortipatías

La pérdida de la proporcionalidad entre un sonido de determinada intensidad física y su sensación (sonoridad) se conoce como reclutamiento. Consiste en la percepción desproporcionadamente aumentada de un sonido de determinada intensidad física.

Considerando que por una parte la lesión coclear o del órgano de Corti ha producido una hipoacusia y que, por otro lado, los sonidos le provocan discomfort a intensidades menores que lo normal, es fácil comprender que el campo auditivo se ha estrechado.

Las pruebas supraliminales que se realizan para detectar el reclutamiento buscan la desproporción entre la intensidad objetiva (dB) y la intensidad

subjetiva (sonoridad). Algunas de ellas son el test de Fowler, el test de Sisi, de Reger, LDL.

Audiometría vocal o de la palabra

También se considera una prueba supraliminar. Esta técnica pretende estudiar, a través de la discriminación de la palabra, graves alteraciones que se producen en el oído y vía auditiva. A medida que se incrementa la intensidad de un vocablo, aparecen tres variaciones diferentes:

- Umbral de detectabilidad: el sujeto percibe alguna cosa, pero no logra identificarla.
- Umbral de audibilidad: el sujeto comienza a reconocer el mensaje (acto neurosensorial puro), pero no comprende la significación en el lenguaje.
- Umbral de inteligibilidad: el sujeto escucha y comprende el mensaje sonoro.

La técnica del estudio de la discriminación de la palabra consiste en dictar 25 monosílabos a una intensidad confortable (aproximadamente 30 dB sobre el P.T.P. de 500, 1000 y 2000 Hz) y anotar el porcentaje de palabras correctamente repetidas.

La falla en la discriminación dependerá del umbral auditivo y del tipo de hipoacusia.

- Hipoacusias de conducción: 92 - 100%
- Cortipatías : 80 - 92%
- Hipoacusias neurales : menos del 70% ⁴

⁴<http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/ApuntesOtorrino/Audiometria.html>

2.1.7 Audiograma

El audiograma es la representación gráfica de los niveles umbrales de audición de cada oído del sujeto de prueba. En la abscisa contiene las frecuencias estudiadas (Hz) y en la ordenada los niveles de audición (dB). Para los audiogramas de forma gráfica, una octava sobre el eje de frecuencias debe corresponder a 20 dB sobre el eje del nivel de audición.

Los símbolos se deben dibujar sobre la carta del audiograma, para que el punto medio del centro del símbolo quede en la intersección de la abscisa (frecuencia) y de la ordenada (nivel umbral de audición) para el nivel y frecuencia apropiada. Si los niveles umbrales de audición de ambos oídos son iguales para alguna frecuencia, ambos están representados en la misma carta; colocar el símbolo del oído izquierdo dentro de aquel del oído derecho.

Con la excepción de los símbolos que representan la no obtención de respuesta, los símbolos de las frecuencias adyacentes pueden ser conectados con líneas rectas y líneas punteadas para unir los símbolos correspondientes a los umbrales de audición obtenidos por conducción ósea.

Se debe usar el color rojo para los símbolos y curvas del oído derecho y el azul para los símbolos y curvas del oído izquierdo.⁵

La representación gráfica de los niveles umbrales de audición se debe hacer a través de los siguientes símbolos y colores:

⁵ http://www.ispch.cl/salud_ocup/doc/proto_final.pdf - guía técnica para la evaluación de los trabajadores expuestos a ruido y/o con sordera profesional.

	Para oído derecho: ●	Para oído izquierdo: ●
Conducción aérea	o	x
Conducción aérea no escucha	◄ o	◄ x
Conducción aérea enmascarada	△	◻
Conducción aérea enmascarada no escucha	◄△	◻◄
Conducción ósea	<	>
Conducción ósea no escucha	◄<	◄>
Conducción ósea enmascarada	[]
Conducción ósea enmascarada no escucha	◄[◄]

Tabla 1. Simbología para audiogramas

2.1.8 Concepto dB HL

El oído humano no reacciona de igual forma a todas las frecuencias, siendo la mejor respuesta en las frecuencias comprendidas entre 1000 y 4000 Hz y peor por encima y por debajo de dichas frecuencias. Esto ha hecho que en los audiómetros se utilice el dB HL para que la gráfica salga horizontal y no se utilice el dB LDL que es el que representa la curva de Wegel. El umbral doloroso también varía con las distintas frecuencias apareciendo antes en los extremos y mas tarde en las frecuencias centrales. Entre una curva y otra se encuentra el campo auditivo o campo dinámico.

Cuando se habla de la unidad dB se usan tres referencias distintas:

dB para nivel de presión sonora (SPL), dB para nivel de audición (HL) y dB para nivel de sensación (SL). El 0 de SPL corresponde a 20 micropascales, en tanto que el 0 en HL depende de la frecuencia y realmente es el resultado estadístico de oídos normales, para que los audiómetros reflejen una curva plana en pacientes con audición normal.

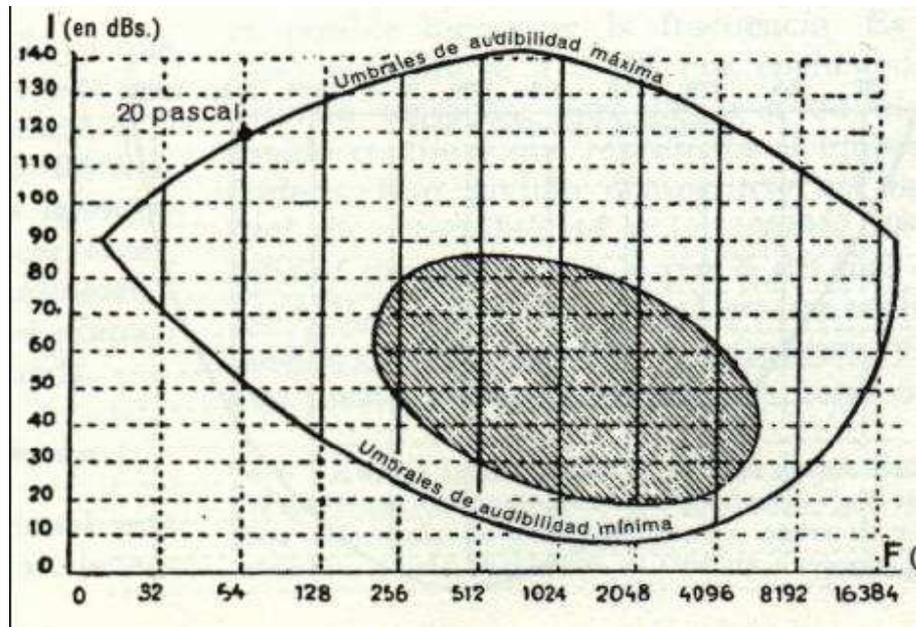


Gráfico N° 3. Curva de Wegel y campo auditivo

Frecuencia (Hz)	Decibelio HL	Decibelio SPL
125	0	45,5
250	0	24,5
500	0	11
1.000	0	6,5
2.000	0	8,5
4.000	0	9

Tabla N° 2. Equivalencia dB SPL a dB HL según Norma ISO 61⁶

Frecuencia (Hz)	dB SPL	dB HL
250	15.0	0.0
500	9.0	0.0
1000	3.0	0.0
2000	-3.0	0.0
4000	-4.0	0.0
8000	13.0	0.0

⁶ http://www.usbadajoz.es/web_descargas/curso_capitulo_2.pdf

Tabla Nº 3. Equivalencia dB SPL a dB HL⁷

2.1.9 Estudio de la adaptación auditiva patológica

En condiciones normales, la fibra nerviosa auditiva es capaz de transmitir el impulso nervioso en que se ha codificado el estímulo sonoro continuo, por lo menos durante 60 segundos sin fatigarse.

Algunas pruebas, entre las más interesantes, en el plano clínico son:

- La prueba por impulsos repetidos de ruidos, para el estudio de la remanencia del oído.
- El test de Bekes modificado e investigado en sonido continuo y discontinuo. La diferencia entre estos dos estímulos es de orden temporal.
- La investigación de la adaptación y de la fatiga, fenómeno en relación con los parámetros de intensidad y duración.
- Investigaciones que conciernen al tiempo de reacción y de latencia del sistema auditivo.
- Una de las pruebas más utilizadas para objetivar la fatiga auditiva patológica es el test de Carhart, que consiste en emitir un tono continuo en el oído, a intensidad normal. Si el sonido se hace inaudible, la intensidad es aumentada y así sucesivamente hasta que se encuentra un nivel en el cual el tono es escuchado por 60 segundos. Las alteraciones en esta prueba indican una alteración en el nervio auditivo.

⁷ <http://www.tonmeister.ca/main/textbook/node328.html>

2.2 Marco legal o normativo

2.2.1 ICONTEC NTC 2884 Acústica. Audiómetros

Esta norma describe especificaciones aplicables a los audiómetros concebidos para determinar las pérdidas de audición con respecto a un nivel inicial elegido como punto de referencia.

Contiene definiciones, recomendaciones para las diferentes clases de audiómetros, requisitos generales, generadores de señales, comandos de los niveles de señal, recomendaciones para tonos de referencia, transductores, marcado e instrucción manual.

El objeto de esta norma es el de asegurar que las mediciones del umbral de audición de un oído humano al ser efectuadas con diferentes audiómetros den sensiblemente los mismos resultados en condiciones comparables y que los resultados obtenidos representen una buena comparación entre la audición del oído examinado y el umbral de audición establecido.

2.2.2 ICONTEC NTC 2884-1 Electroacústica. Equipos audiológicos. Parte 1: Audiómetros de tonos puros

Esta norma especifica los requisitos referentes a los audiómetros de tonos puros en función de las características de sus módulos constitutivos. Algunos de estos módulos son comunes a los audiómetros vocales, como por ejemplo el control del nivel de salida y los transductores.

Contiene descripciones de acústicas, audiometría, medidas, audiómetros, tonos puros, frecuencias, ruido y medición.

Igualmente esta norma describe los requisitos particulares para los audiómetros de tonos puros diseñados para su utilización en la determinación de los niveles umbral de audición en comparación con el nivel umbral de referencia normalizado por medio de métodos de ensayos psicoacústicos.

2.2.3 ICONTEC NTC 2884-2 Audiómetros. Parte 2: Equipos para la audiometría vocal

Esta norma describe específica los requisitos para los audiómetros o las partes de estos equipos diseñados para permitir la presentación de sonidos vocales a un sujeto de forma normalizada, en el caso de medida de inteligibilidad de la palabra, entre algunos.

Contiene descripciones acerca de acústica, audiómetros, audiometría, medidas, percepción auditiva, clasificación, condiciones de ensayo, calibración, precisión sonora y marcado.

La finalidad de esta norma es la de asegurar que los ensayos de audición que utilizan la palabra como estímulo de ensayo, efectuados sobre un oído humano determinado, por medio de diferentes audiómetros que cumplan esta norma, den resultados esencialmente similares utilizando un método de calibración determinado.

2.2.4 Normativa Nacional

En Colombia la normatividad en cuanto a los niveles de ruido está constituida desde los años ochenta. Se conoce como la Resolución 8321 del 4 de Agosto de 1983 del Ministerio de Salud para la República de Colombia. Esta resolución trata exclusivamente de la salud y bienestar de la audición en casos de producción y emisión de ruidos. Actualmente se sigue aplicando y cumpliendo en cuanto a contaminación sonora; especifica niveles sonoros permitidos en distintos espacios y condiciones.⁸ Para el 7 de abril del año en curso se reestructuró la normatividad sobre los niveles de ruido dentro de la resolución 0627, norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, que es la resolución vigente y que sugiere que todos los municipios de más de 100 mil habitantes tengan a su haber un mapa de ruido, además propone una nueva zonificación y nivel de ruido admisible para cada uno de ellos, esto lo deben regular todas las Corporaciones Autónomas Regionales, las de desarrollo sostenible y las autoridades ambientales. A las que se refiere el artículo 66 de la ley 99 de 1993 y el artículo 13 de la ley 768 de 2002. Esta resolución esta soportada por la ISO 1996⁹

El organismo nacional de normalización es el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC y está encargado de publicar todo tipo de normas y certificados de calidad. En cuanto a niveles de ruido se encuentran varias:

- NTC 4653: Acústica. Directrices para la medición de la exposición al ruido en ambientes de trabajo.

⁸ Ministerio de Salud. Resolución 8321, República de Colombia.: 4 de Agosto de 1983, 50p

⁹ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Resolución 0627 República de Colombia. 7 de abril de 2006

- NTC 2508: Acústica. Frecuencias normales para utilizar en Mediciones

2.2.5 Normativa Internacional

Las entidades encargadas de la normalización internacional son la Organización Internacional para la Normalización ISO, que trata las definiciones de los procedimientos que hacen posibles la comparación de resultados; la comisión Electrotécnica Internacional IEC, encargada de asegurar que equipos e instrumentación sean compatibles y precisos y que no exista disminución en la precisión de datos entre sí.

Las normas internacionales guías que verificarán el desarrollo de los procesos necesarios para la simulación de los niveles de ruido, se describen a continuación:

- ISO 389 Referencia cero para calibración de equipo audiométrico

Esta norma viene sub dividida en las siguientes partes:

- ISO 389-1:1998 Referencia equivalente de umbral de niveles de presión sonora para tonos puros y audífonos inserta.
- ISO 389-2:1994 Referencia equivalente de umbral de niveles de presión sonora para tonos puros y audífonos supra-aurales.
- ISO 389-3:1994 Referencia equivalente de umbral de niveles de fuerza para tonos puros y vibradores óseos.
- ISO 389-4:1994 Niveles de referencia para banda angosta y ruido enmascarador

- ISO 8523 Métodos para pruebas audiométricas

Esta norma viene sub dividida en las siguientes partes:

- ISO 8523-1:1989 Audiometría de umbral por medio aéreo y óseo de tono puro básico
 - ISO 8523-2:1992 Audiometría de campo sonoro con señales de prueba de tono puro y banda angosta.
 - ISO 8523-3:1996 Audiometría por discurso.
-
- IEC 60651: Sonómetros (1979, 1993). Define los sonómetros en cuatro grados de precisión (Tipos 0, 1, 2 y 3) y especifica características incluyendo la directividad, ponderación en frecuencias y temporal, y sensibilidad a ambientes varios. Establece pruebas para verificar el cumplimiento con las características específicas.

3. METODOLOGÍA

3.1 Enfoque de la investigación

Este proyecto tiene un enfoque empírico-analítico por que se basa en el uso de un software que permite analizar las consecuencias que tiene la alta exposición de ruido sobre el órgano auditivo del ser humano, ya que gracias a los resultados obtenidos al usar el programa, se pueden hacer comparaciones y valoraciones por parte de personal experto y calificado.

Esta prueba involucra parámetros subjetivos y objetivos; se van a utilizar conocimientos físicos y herramientas científicas para hacer un producto confiable.

3.2 Línea de investigación

El campo temático para este proyecto es la acústica, ya que analiza aspectos físicos del sonido como frecuencia, intensidad, presión sonora etc.; se obtendrá el umbral de audición para diferentes estímulos sonoros (tonos puros).

La sub-línea de la facultad es procesamiento e instrumentación y control de procesos, porque para el desarrollo del trabajo es necesario el uso de herramientas estandarizadas que permitan darle confiabilidad al proyecto, además, todos los requerimientos y parámetros deben ser medidos basados en normativa. Por último, la línea de investigación va a ser la de tecnologías

actuales y sociedad, porque se aplican conocimientos técnicos a un proyecto para desarrollar herramientas en beneficio de la sociedad.

3.3 Técnicas de recolección de información

El proyecto consiste en la elaboración de un programa de computación que permite realizar un examen audiométrico, este debe ser calibrado bajo normativa por una empresa especializada que preste este servicio y así validar su funcionalidad.

Una vez calibrado, es aplicado como prueba preliminar para la remisión a un especialista. Se realizan exámenes a una muestra de personas para comparar los resultados con equipos audiométricos convencionales y así constatar su funcionamiento.

La idea inicial con el algoritmo es crear un programa para computador que emita una serie de señales auditivas a las cuales estará expuesto un usuario o paciente. A ciertos niveles de señal el paciente reaccionará y dará aviso al programa mediante un joystick. A partir del aviso, el software iniciará con el proceso de almacenamiento de datos.

El proceso de diseño comenzó con la creación de un programa que pudiera operar, procesar y almacenar una base de datos, lo cual comprendió y requirió tanto del aprendizaje de un lenguaje de programación y compilador específico, además del manejo de bases de datos.

Posteriormente, la meta era lograr que el programa pudiera reproducir archivos tipo WAV. Lógicamente todo esto implicó la realización de pruebas con varias tarjetas de sonido tanto internas como externas. La operación de tarjetas externas con conexión para puerto USB exigían un poco más de conocimiento en el lenguaje de programación, por lo cual fue necesario

acudir a asesorías externas para lograr configurar y aplicar la tarjeta dentro del programa.

Además de las anteriores funciones en el algoritmo, el usuario debe disponer de un dispositivo que le permita avisar al programa cuándo la señal auditiva emitida es percibida. Por esta razón dentro de las herramientas del programa estaba planeado habilitar una opción que permitiera al usuario o paciente interactuar con el programa por medio de un hardware, más específicamente un joystick. Este nuevo elemento obviamente requirió de nuevas funciones en el código de programación, cuyo objetivo es lograr la compatibilidad del dispositivo con el programa.

Conjuntamente, todos los datos deben ser registrados y guardados en la unidad de almacenamiento del computador, por lo cual se debía dedicar una sección del programa a la manipulación y acceso de datos capturados e historial de los exámenes. A partir de un complejo sistema de base de datos, se le dará la oportunidad al doctor especialista de observar el estado de cada paciente con todas las referencias e información en detalles, lo que incluiría datos personales y resultados para diagnóstico.

En el examen se tiene por objeto cifrar las alteraciones de la audición en relación con los estímulos acústicos, cuyos resultados se presentan en una tabla, para el cual es necesario entonces conocer:

Las vibraciones acústicas.

La fisiología de la audición.

La fisiopatología de la audición.

La imagen del impulso nervioso recorre la vía auditiva, donde sufre algunas modificaciones, resultantes de otras referencias periféricas o de otras funciones nerviosas, que terminan integrándola en el funcionamiento del Sistema Nervioso Central, es decir, esta imagen llega a nivel de las áreas corticales auditivas, donde toma cuerpo la conciencia elemental del sonido

que le ha hecho nacer, esto corresponde al fenómeno auditivo neurosensorial puro. El mensaje sonoro se carga entonces de un valor informativo, descifrado por los centros auditivos superiores, los cuales se pueden jerarquizar en 4 estados de mecanismos fundamentales de la audición:

- Obtención y reconocimiento de las cualidades acústicas de un estímulo sonoro simple (Por ejemplo: tono puro)
- Identificación de elementos acústicos más complejos (Por ejemplo: fonemas)
- Simbolización de los elementos sonoros, uniéndose una significación a cada uno de ellos. Este tercer estado conduce a la noción de conceptos abstractos (vocablos)
- Comprensión del conjunto de los elementos simbólicos individualmente estructurados en el estado precedente; es la construcción del lenguaje.

Este estado parece ser exclusivo del hombre y no tiene que ver con la audición en sí misma, es decir, que para cada uno de estos estados, el mecanismo receptor debe manifestar una actitud particular.

1º grado: La audibilidad

2º grado: La nitidez

3º grado: La inteligibilidad

4º grado: La comprensión

Dicho de otra forma, la audiometría es un examen que cifra las pérdidas auditivas y determina la magnitud de éstas en relación con las vibraciones acústicas.

Los fenómenos, auditivos como otras sensaciones, están regidos por la famosa ley psicofísica de Weber y Fechner: "La sensación crece en

progresión aritmética, cuando la excitación lo hace en progresión geométrica."

Por otro lado el audiómetro consiste básicamente en un generador de distintas frecuencias de sonido, como un instrumento capaz de emitir tonos puros, sonidos que el ser humano no está acostumbrado a escuchar, ya que no existen como tal en la vida diaria, además de un atenuador de intensidad en decibeles entre los 0 y 110, un generador de ruidos enmascarantes, un vibrador óseo para el estudio de la audición ósea y un micrófono para comunicarse con el paciente y realizar la discriminación de la palabra.

Las frecuencias estudiadas son: 125 - 250 - 500 - 1000 - 2000 - 3000 - 4000 - 6000 y 8000 ciclos / segundo o hertz.

3.4 Población y muestra

La muestra tomada está enfocada a un grupo de personas que requieren de una audiometría en un centro especializado. El tamaño de la muestra es de 20 personas comprendidas entre las edades de 18 a 35 años, diagnosticadas como otológicamente sanas y a las cuales se les realizará una prueba audiométrica tonal por vía aérea y ósea .

3.5 Hipótesis

El diseño y elaboración de un software que realice pruebas audiométricas por vía aérea y ósea, óptimo en el manejo de la información captada y la comparación de resultados, siendo al mismo tiempo económicamente asequible y módico en comparación a un audiómetro convencional.

3.6 Variables

Existen varias situaciones que pueden alterar el proceso de evaluación realizado en la audiometría. A continuación se mencionarán los posibles casos a tener en cuenta.

3.6.1 Variables independientes

Para el caso de una audiometría realizada por software, las variables a tener en cuenta son:

- Relación señal ruido del lugar donde se ejecute la evaluación
- Estado de salud y estado físico general de la persona que requiera de la audiometría.
- Estado de salud del oído en el momento de llevar a cabo la audiometría.

3.6.2 Variables dependientes

Entre las variables a controlar para llevar a cabo una medición lo más precisa posible, se encuentran:

- Facilidad de uso y aplicación para que el software pueda ser utilizado por personas que deseen hacer una valoración de su estado auditivo.

- Software compacto y de fácil instalación mediante un archivo ejecutable, el cual tiene un código de seguridad que únicamente es dado a la persona que posea una licencia válida.

4 .DESARROLLO INGENIERIL

El programa se diseño en un concepto a partir de las carencias que presentaban los procedimientos actuales en la realización de audiometrías, por lo cual el proyecto se fundamenta en la elaboración de un programa de computación, con un entorno gráfico que permita realizar un examen audiométrico de una forma fácil y sin recurrir a equipos complejos en su manejo.

A continuación se explica el proceso de diseño del software de audiometría, incluyendo únicamente fragmentos del código principal y ciertas funciones del programa, con el fin de dar a conocer la idea principal del proyecto, el desarrollo y funcionamiento del software, sin exponer la propiedad intelectual de los autores.

El primer paso de diseño, es reconocer todas las funciones necesarias para realizar una prueba audiométrica e igualmente plantear una nueva opción de herramientas que faciliten el desarrollo del examen.

Parámetros a tener en cuenta:

- Emisión de tonos
- Control de nivel
- Intervalos de reproducción
- Tipos de prueba
- Recolección de información
- Formas de captura a la señal percibida
- Validación y calibración

Con los parámetros ya definidos, se crea un algoritmo en Visual Basic 6.0 para ser ejecutado en el sistema operativo Windows, que los agrupe y los haga funcionar de forma conjunta.

Emisión de tonos: para la reproducción de señales, se utiliza la función MMCONTROL. Este componente lo usa el sistema operativo Windows para reproducir y manipular sonidos.



Figura 1. Función de reproducción de audio MMCONTROL

Para la generación de los tonos requeridos, se utilizó el programa Pro Tools versión 7.4, tal como se muestra en la figura 15. Los tonos fueron creados a una tasa de muestreo de 44100 Hertz y 48000 Hertz, con una profundidad de bits a 16 y 24, aplicando Dither de salida al momento del bounce para los audios hechos a 24 bits.

Se generan todas las frecuencias con niveles desde “-10 dBs hasta -1 dB” con el objeto de encontrar una ventana óptima de trabajo, la cual fue a -1 db, 44100 hertz y con una profundidad de 16 bits. Esto se determinó en el laboratorio cuando se estaba ajustando el equipo, mediante un analizador de espectro y medidor de decibeles HL.

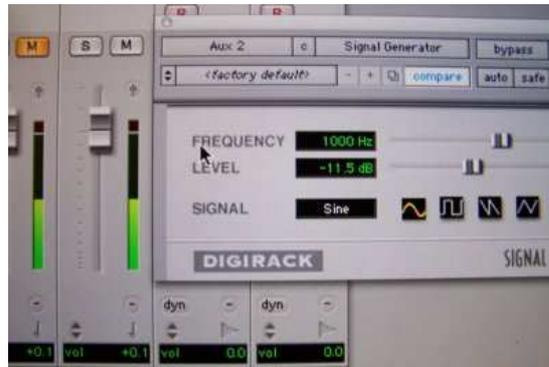


Figura N° 2. Generador de tonos

Control de nivel: El programa posee un control que permite variar la ganancia del tono en ejecución a voluntad. La herramienta de reproducción esta sujeta al valor que tome este control.

Código correspondiente al manejo de nivel en la prueba de 2000 Hz vía aérea manual.

```
If Option1(0) Then
Volume2.Value = a2k0
Elseif Option1(1) Then
Volume2.Value = a2k5
Elseif Option1(2) Then
Volume2.Value = a2k10
Elseif Option1(3) Then
Volume2.Value = a2k15
Elseif Option1(4) Then
Volume2.Value = a2k20
Elseif Option1(5) Then
Volume2.Value = a2k25
Elseif Option1(6) Then
Volume2.Value = a2k30
Elseif Option1(7) Then
Volume2.Value = a2k35
Elseif Option1(8) Then
Volume2.Value = a2k40
Elseif Option1(9) Then
Volume2.Value = a2k45
```

```
Elseif Option1(10) Then
Volume2.Value = a2k50
Elseif Option1(11) Then
Volume2.Value = a2k55
Elseif Option1(12) Then
Volume2.Value = a2k60
Elseif Option1(13) Then
Volume2.Value = a2k65
Elseif Option1(14) Then
Volume2.Value = a2k70
Elseif Option1(15) Then
Volume2.Value = a2k75
Elseif Option1(16) Then
Volume2.Value = a2k80
Elseif Option1(17) Then
Volume2.Value = a2k85
Elseif Option1(18) Then
Volume2.Value = a2k90
End If
```

Intervalos de Reproducción: Se produjeron mediante un TIMER programado para un tiempo específico, en este caso 10 segundos

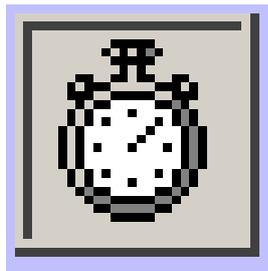


Figura N° 3. Función temporizador de Visual Basic 6.0

Tipos de Prueba: El programa puede realizar la prueba audiométrica de dos formas diferentes: auto umbral y de control manual.



Figura N° 4. Ventana de selección de frecuencias prueba vía ósea

Auto umbral: En esta opción, el programa controla automáticamente el nivel, desde 0 dBs HL y va aumentando a intervalos de 5 dBs HL cada 10 segundos que es lo estipulado en la norma NTC 2884-1. Cuando el paciente percibe el tono, oprime el botón principal de un joystick con lo cual el programa captura la información referente a frecuencia y nivel, con esto, se provee el equipamiento necesario para poder controlar las señales de una manera mas adecuada.



Figura N° 5. Ventana de ejecución de audiometría vía ósea para 1000 Hz

Control manual: El volumen es controlado por el especialista, quien determina a que nivel empieza la prueba, si la aumenta o disminuye y a que intervalo de tiempo. Esta función se puede ver en la siguiente figura.

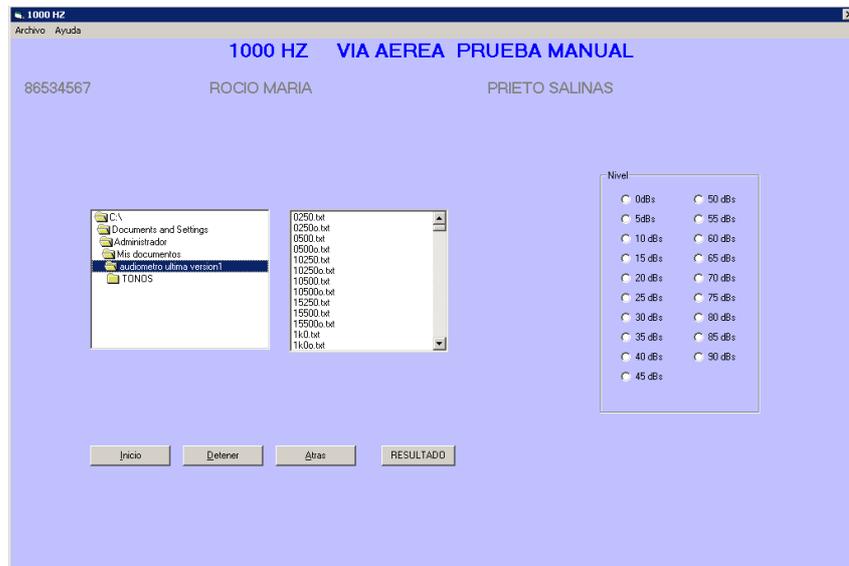


Figura N° 6. Ventana de ejecución de audiometría manual vía aérea

El software de audiometría realiza pruebas por vía aérea y ósea, registrando los resultados obtenidos por separado con lo cual se pueden comparar.

El programa emite los tonos con una tarjeta de sonido externa vía usb, en este caso, la M-Audio Fast Track, con lo cual se descarta la diferencia de funcionamiento de las diferentes placas internas de los computadores. En este paso se configuran las librerías principales de sonido y audio de Windows mediante un código hecho en el programa.

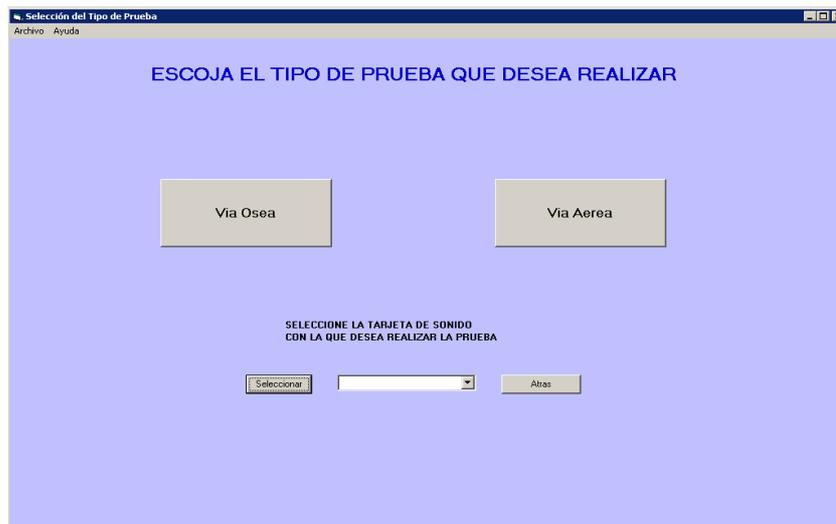


Figura Nº 7. Ventana de selección de tipo de prueba

Recolección de información: Para registrar y almacenar la información de cada paciente y además, los resultados correspondientes al examen realizado, fue necesario diseñar una base de datos en Access que se conecta al programa e interactúa con él, permitiendo el registro de información.

La base de datos consta de tres tablas, clasificadas como “pacientes”, “examen aéreo” y “examen óseo”. Cada tabla registra, dependiendo del ítem a ser almacenado, texto o valores numéricos.

La siguiente ventana del software de audiometría corresponde a paciente antiguo, donde el programa se conecta a la base de datos y lee la información pertinente a la tabla “pacientes”.

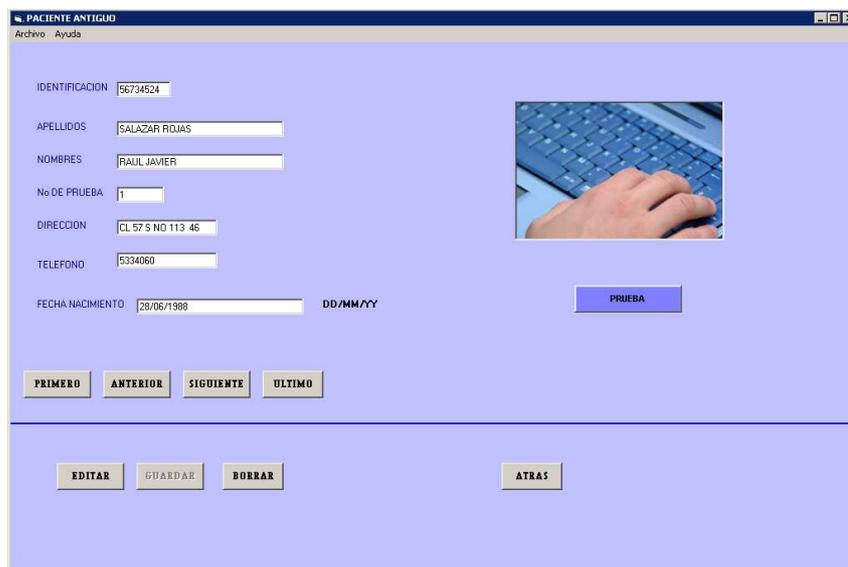


Figura N° 8. Ventana de aplicación para pacientes antiguos

Cuando el programa está ejecutando una prueba audiométrica y el paciente oprime el joystick, automáticamente los resultados son registrados ya sea en la tabla examen óseo o en la tabla examen aéreo dependiendo del tipo de prueba que se este realizando. Para mostrar los resultados, el software se conecta a la base de datos y lee la información correspondiente al paciente, mostrando los valores obtenidos en una plataforma visual.



Figura N° 9. Ventana resultado de prueba

En la figura siguiente se puede observar el diseño de la tabla “examen aéreo”, en donde se almacenan los resultados para esta prueba.

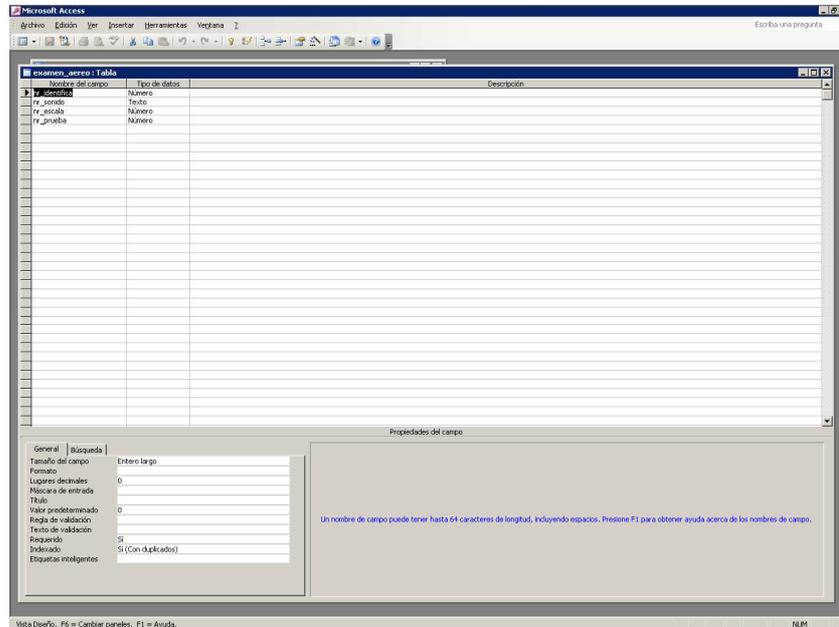


Figura N° 10. Ventana “tabla de examen aéreo”

Formas de captura a la señal percibida:

Dependiendo de la forma en que se este realizando la prueba “auto umbral o registro manual” el programa obtiene los valores de 2 formas diferentes.

Se uso un Command Button como interfaz grafica, que en la prueba automática es controlado por un joystick Genius F-16U y en la manual por el operador mediante el Mouse.

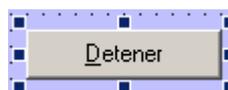


Figura N° 11. Botón de comando “Command button”

Validación y calibración: Al momento de realizar el ajuste del software en el laboratorio, la empresa hizo la recomendación de agregar una ventana

de calibración en donde se pudiera ajustar el programa sin necesidad de ingresar al código primario, ya que en un archivo ejecutable esto es imposible. Esto es necesario para poder certificar el funcionamiento del software.

En un principio el funcionamiento del programa se basaba en cargar variables con valores determinados y que el control de volumen aplicara este valor.

Ejemplo:

```
Private nivel5 as Long "variable para el nivel de 5 dBs"
```

```
Nivel5 = 234 "valor medido en laboratorio y que correspondía a 5 dBs"
```

```
Volume2.Value = Nivel5 "el valor de salida del control de volumen es 234"
```

Con una ventana de calibración este código no es aplicable, porque cada vez que el programa cargue la variable Nivel5, esta va a tener el valor de 234 y no se puede modificar a menos que se cambie en el código fuente del software.

Esto implica un cambio importante en el funcionamiento del programa y su forma de trabajar, la solución para este inconveniente fue usar ficheros secuenciales, que son archivos externos donde guardo la información de nivel y frecuencia. El software carga estos valores a variables internas y ejecuta la prueba. Ahora, al calibrar el programa, la información de cada fichero secuencial es rescrita y así guardada para su uso con el nuevo valor.

La ventana de calibración posee una contraseña que permite solo al personal autorizado, modificar los ficheros de calibración. La opción descrita, está vinculada al tipo de tarjeta de sonido aplicada con el

software, ya que, dependiendo de ésta los valores ajustados para generar un nivel específico a una frecuencia determinada, varían según las propiedades y configuración electrónica de las tarjetas. Por esta razón es importante mencionar, que el software de audiometría puede ser aplicado con otras funciones siempre y cuando la tarjeta de sonido cuente con la capacidad de procesar las funciones

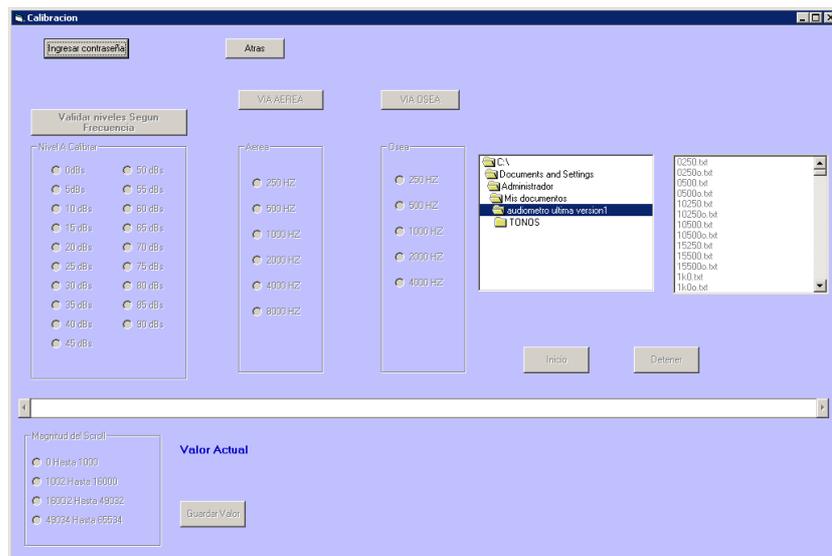


Figura N° 12. Ventana de calibración de software

Todas las herramientas anteriormente mencionadas se unieron en un programa el cual realiza pruebas audiométricas por vía aérea y ósea registrando los datos del paciente y el resultado de su examen en una base de datos.

5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El software de audiometría Audio Tamiz, realiza pruebas audiométricas por vía aérea y ósea; además, de permitir hacer el examen de forma automática o manual.

A continuación se presentarán los resultados del proceso de ajuste, verificación y calibración del programa, lo cual lo valida como un equipo apto para realizar pruebas audiométricas.

5.1 Proceso de Ajuste y verificación del software de audiometría

El ajuste consiste en el proceso de centrar las frecuencias en un valor exacto. De igual manera, el nivel debe ser graduado a un valor puntual, para así poder pasar a una siguiente etapa, la cual es etapa de verificación.

El software de audiometría se procesa con un equipo calificado para la verificación de audiómetros. De esta forma los niveles y tonos que emite el programa se confrontan con la normativa para observar su correspondencia a un rango válido, teniendo en cuenta además, que el objetivo principal de esta verificación es hallar una ventana de trabajo óptima, en el software, que permite graduar los niveles con total precisión y así lograr la calibración necesaria. En este caso la ventana de trabajo aplicada es -1 decibel.

En la figura N° 13, se puede observar la conexión total del software de audiometría al equipo de verificación, teniendo en cuenta que el programa inicialmente se encuentra conectado a una tarjeta de sonido MAudio Fast Track (Figura N° 14) y ésta a su vez a los audífonos TDH39, o al transductor Óseo B 71 especializados para audiometrías. Los audífonos fueron utilizados pareados, ya que la respuesta en frecuencia es igual

para cada parlante y se manejan niveles de igual intensidad tanto para oído izquierdo como oído derecho. De la misma manera, van acoplados a un dispositivo de entrada en el equipo de verificación. Por medio de éste último, el software de audiometría se integra a un osciloscopio digital de alta precisión, con el cual se observa la calidad de la señal de salida del software, tal como se puede observar en la figura N° 19; un medidor análogo dBHL con su correspondiente preamplificador que captura el nivel de entrada y lo traduce a unidades dB HLs (Figura N° 16). De igual manera la señal de salida del auricular y el vibrador es capturada con otro dispositivo digital analizador de espectro que ratifica el nivel y la frecuencia de la señal, tal como se muestra en la figura N° 20.



Figura N° 13. Conexión de Software de Audiometría a equipo de verificación



Figura N° 14. Tarjeta de Sonido MAudio Fast Track, Audífonos TDH 39



Figura N° 15. Panel de mando para analizador de espectro digital



Figura Nº 16. Medidor HL con control y preamplificador

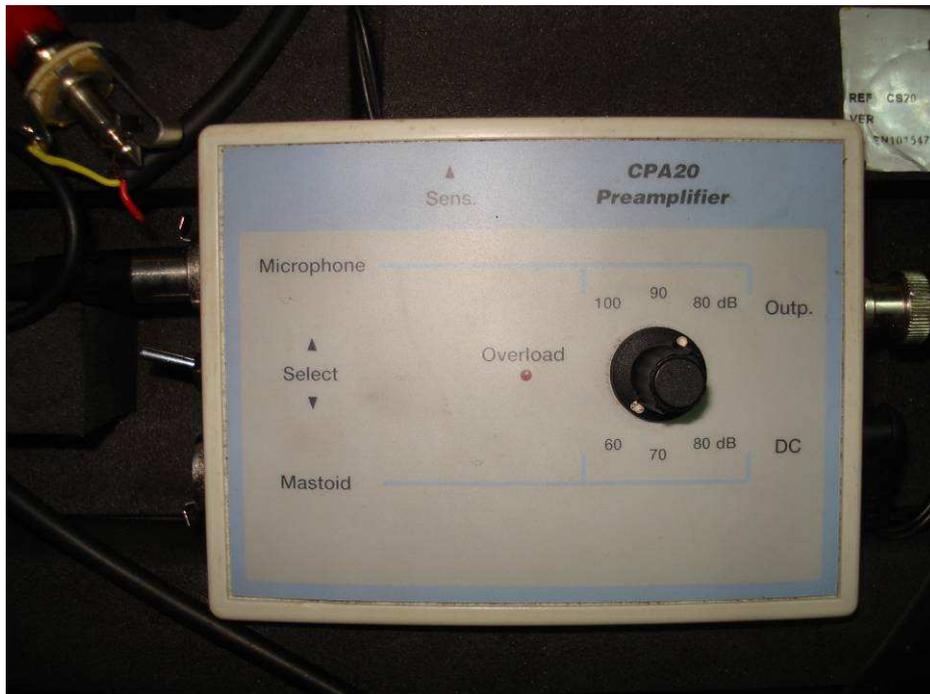


Figura Nº 17. Preamplificador Medidor HL



Figura N° 20. Analizador de espectro digital

5.2 Proceso de Calibración

Después del proceso de verificación y ajuste del software de audiometría, se procede a legitimar el programa y su validez como audiómetro para lo cual se requiere de un proceso de calibración. Éste se lleva a cabo con el objetivo de medir los niveles de salida del software y de la misma forma ajustar el valor exacto en el código del programa, de manera que el nivel y la frecuencia que estén en ejecución, correspondan a los niveles especificados para una audiometría válida.

El proceso de calibración fue llevado a cabo de la siguiente forma: Con el software de audiometría conectado previamente a la tarjeta de sonido MAudio Fast Track y esta a su vez a los audífonos TDH39 o al transductor Óseo B 71; se conecta el sistema de prueba de audición por medio de una sonda especial (Figura N° 22) a los audífonos y al vibrador óseo, tal como se observa en la figura N° 23. De este dispositivo se deriva la salida

tanto a un monitor (Figura N°24) como a un osciloscopio digital de alta precisión (Figura N° 25)



Figura N° 21. Sistema de prueba de audición FONIX 7000



Figura N° 22. Sonda conectada a vibrador óseo

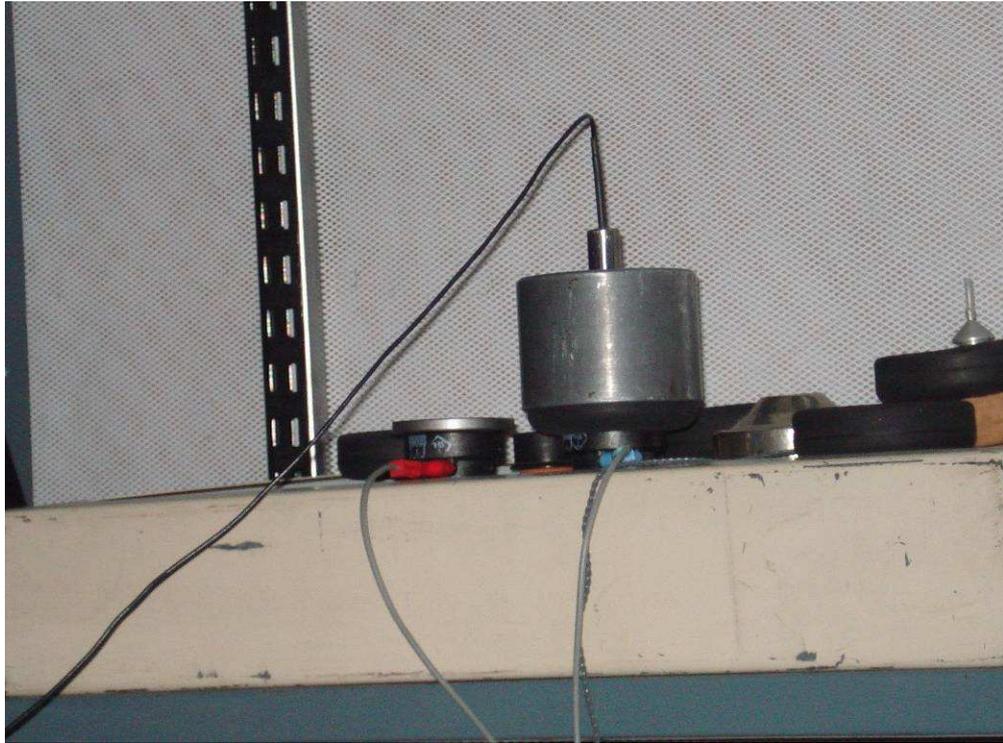


Figura N° 23. Sonda conectada a audífonos TDH39



Figura N° 24. Monitor de sistema de prueba de audición

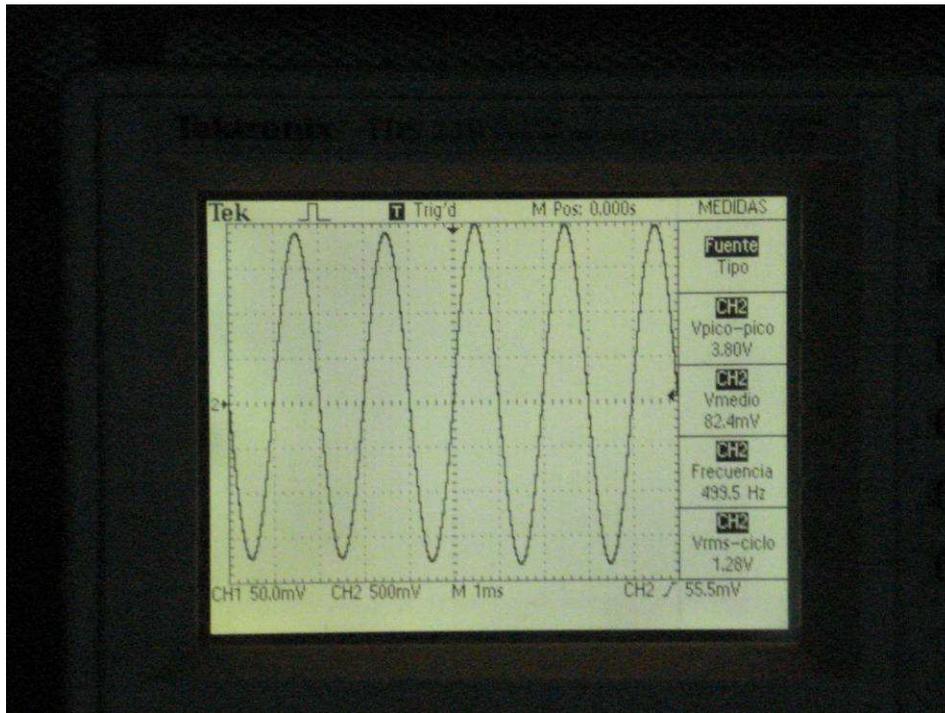


Figura N° 25. Osciloscopio conectado a sistema de prueba de audición

Los resultados obtenidos de la señal arrojada por el software se pueden observar en las siguientes figuras:

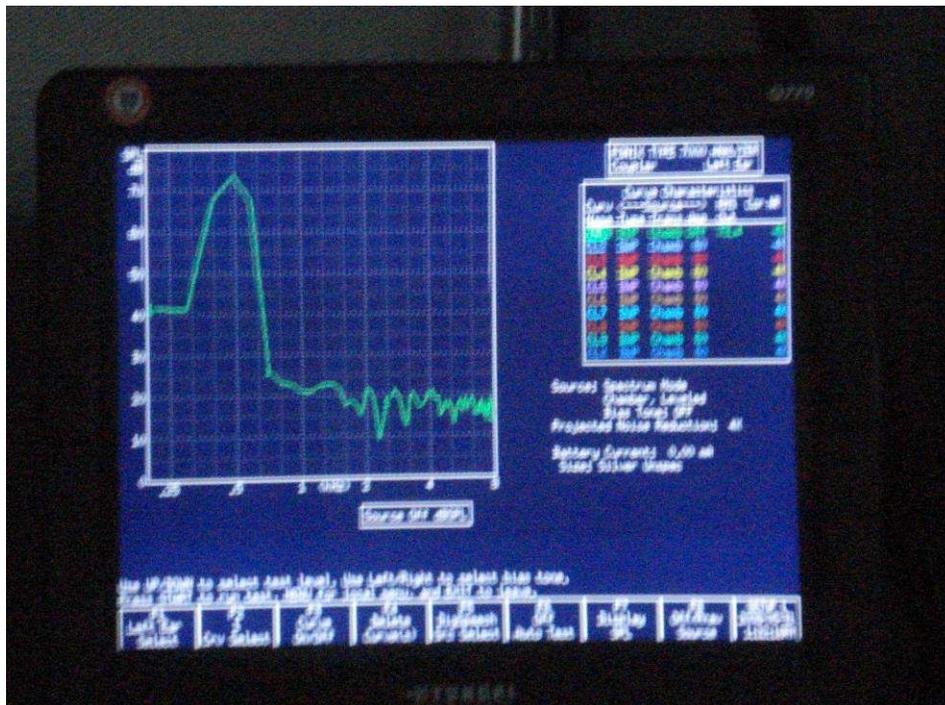


Figura N° 26. Señal vía ósea de software de audiometría a 500 Hertz

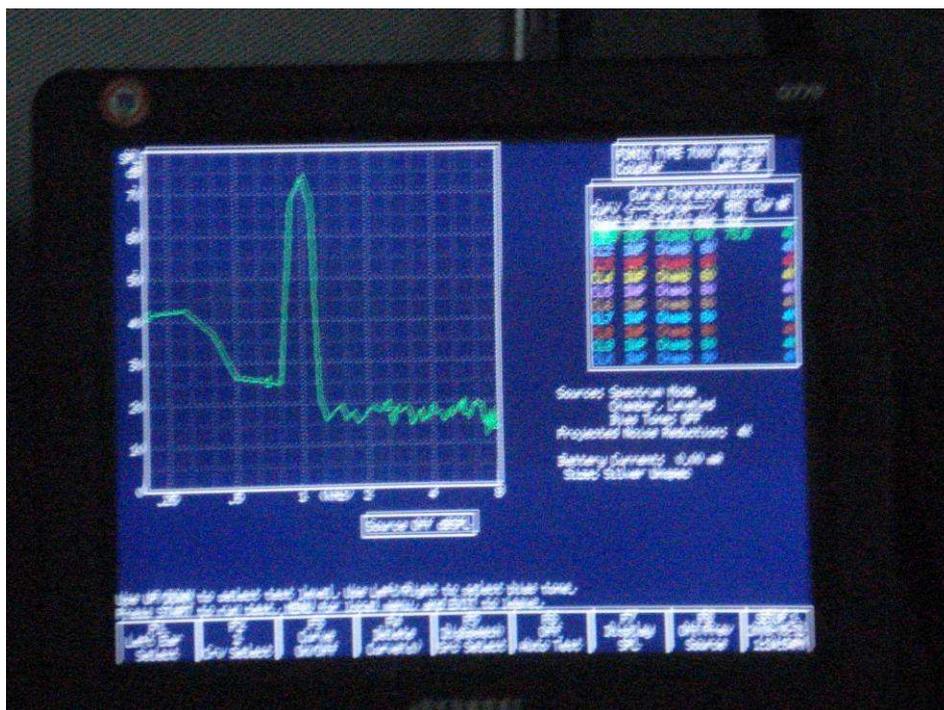


Figura N° 27. Señal vía ósea de software de audiometría a 1000 Hertz

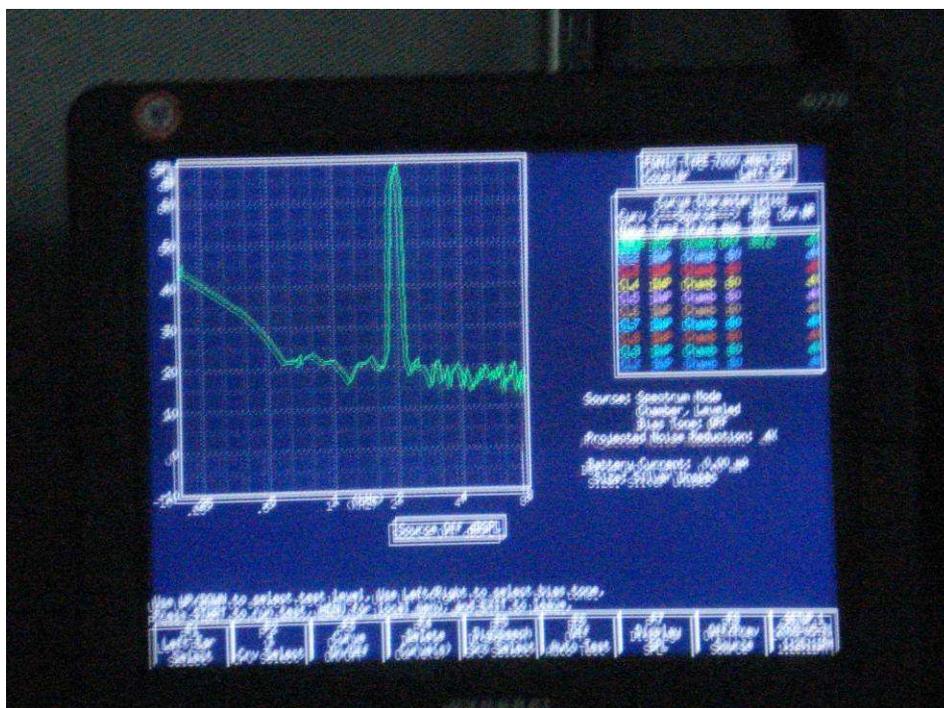


Figura N° 28. Señal vía ósea de software de audiometría a 2000 Hertz

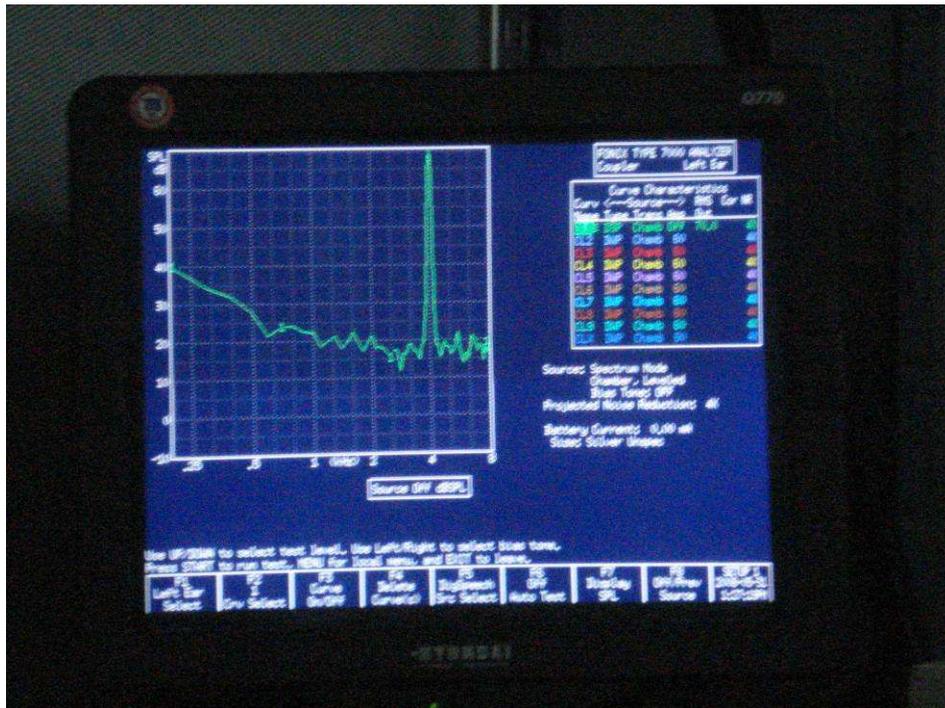


Figura N° 29. Señal vía ósea de software de audiometría a 4000 Hertz

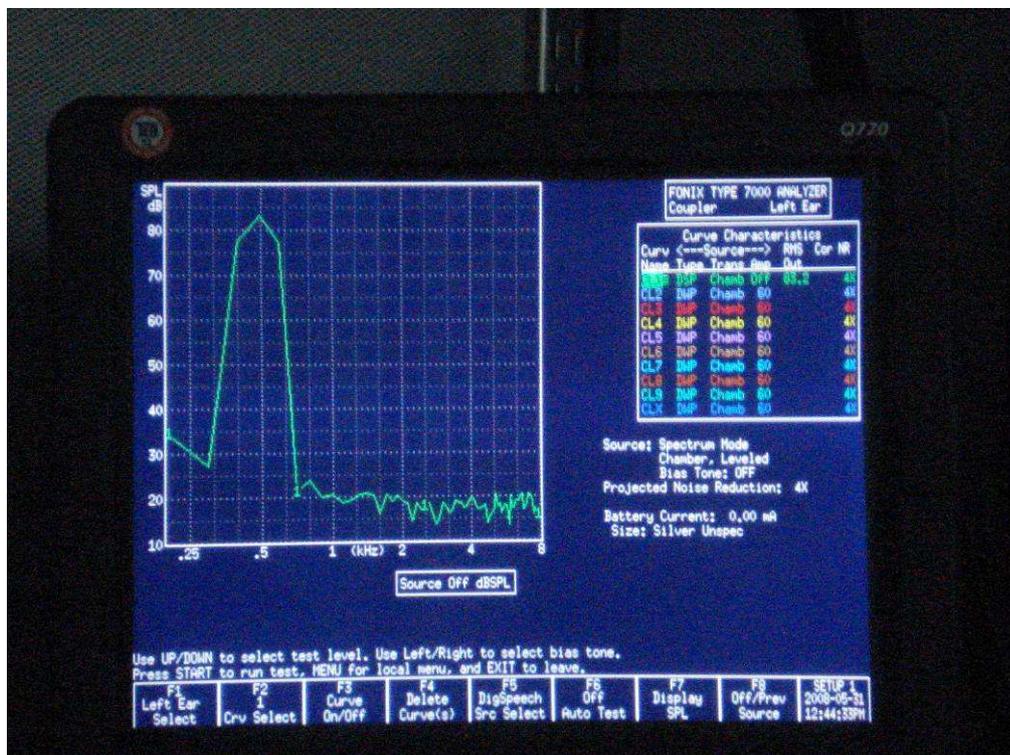


Figura N° 30. Señal vía aérea de software de audiometría a 500 Hertz



Figura N° 31. Señal vía aérea de software de audiometría a 1000 Hertz

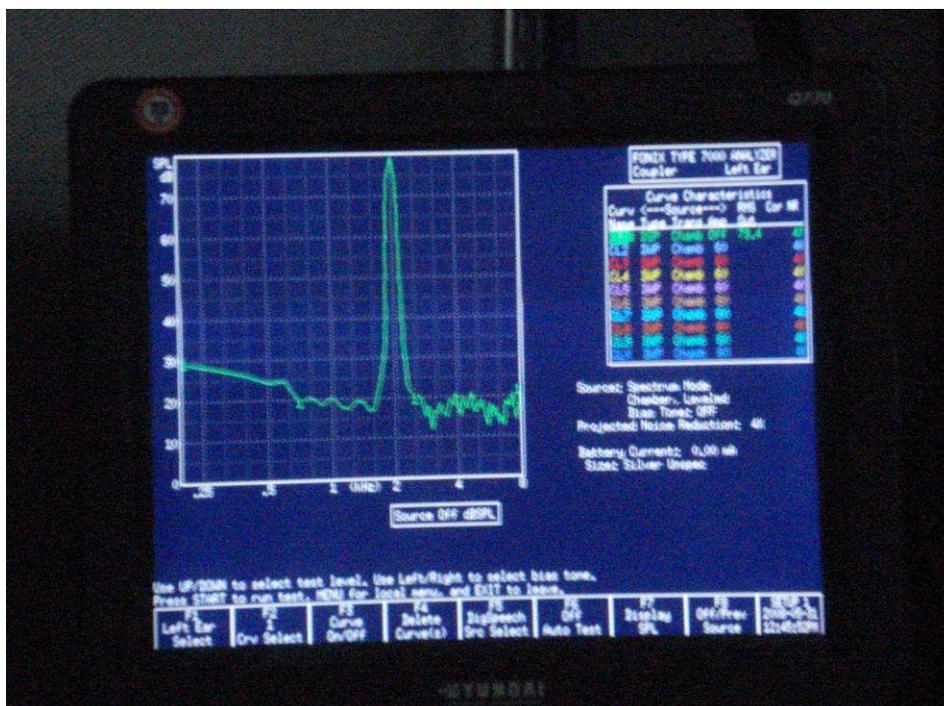


Figura N° 32. Señal vía aérea de software de audiometría a 2000 Hertz

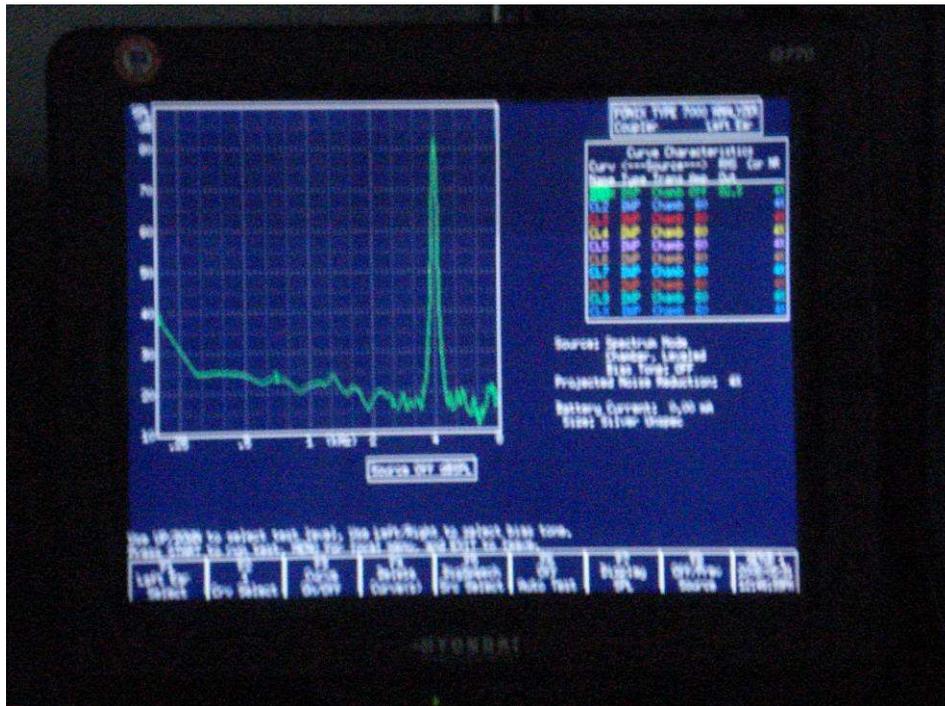


Figura N° 33. Señal vía aérea de software de audiometría a 4000 Hertz



Figura N° 34. Señal vía aérea de software de audiometría a 8000 Hertz



Figura N° 35. Proceso de calibración de software

Una vez realizado el proceso de calibración, el software de audiometría también es evaluado por fonoaudiólogos para comparar su respuesta y realizar las correspondientes observaciones o modificaciones al programa.

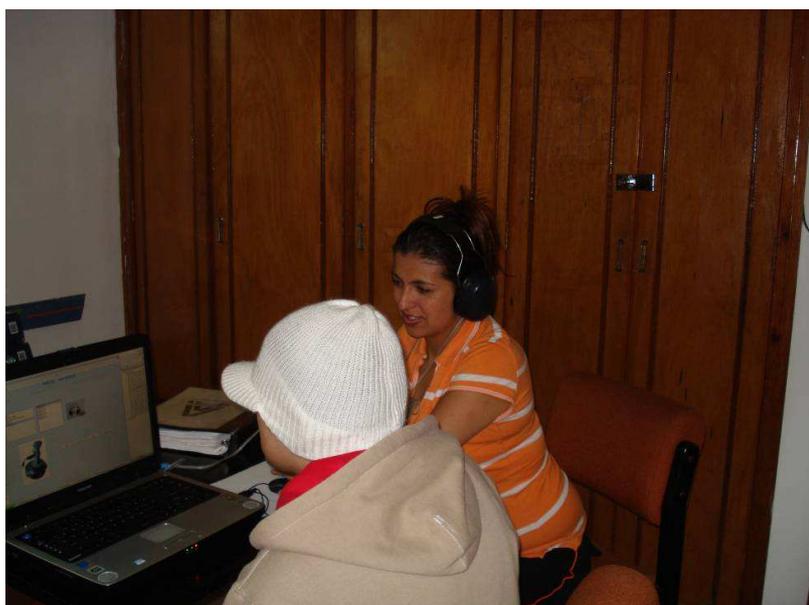


Figura N° 36. Pruebas de software de audiometría con fonoaudióloga

Una vez calibrado el programa, se procede a realizar pruebas audiométricas y comparar el software de audiometría con audiómetros convencionales, obteniendo el mismo resultado.



Figura N° 37. Pruebas de audiometría

5.3 Valores ajustados para los niveles de salida del software

Después de un proceso de calibración y verificación, se obtienen los siguientes valores correspondientes a los valores ajustados a dB HL que el software generará con el nivel adecuado propio de un audiómetro. Cabe mencionar, que debido a la capacidad de medición de los equipos para ajuste y verificación, ciertos niveles producidos por el software de audiometría no eran lo suficientemente altos para ser percibidos por tales equipos. Para esto, a partir de los valores ya logrados y tomándolos como referencia de tendencia, se obtiene una ecuación que permite calcular los valores no alcanzados por los equipos de medición y ajuste. Estas ecuaciones son halladas por medio del cálculo de tendencia de la hoja de cálculo de Microsoft Excel 2003, las cuales son confirmadas después en un proceso de calibración obteniendo los siguientes resultados:

250		500		1000		2000		4000		8000	
dB	Nivel	dB	Nivel	dB	Nivel	dB	Nivel	dB	Nivel	dB	Nivel
				90	50598	90	52528				
		85	48508	85	30062	85	30696	85	50376		
		80	28504	80	16326	80	16926	80	27938		
		75	15100	75	8980	75	9372	75	16168	75	47592
70	51890	70	9304	70	5360	70	5658	70	9048	70	26508
65	28794	65	4958	65	2964	65	3066	65	4924	65	13958
60	16122	60	2794	60	1566	60	1686	60	2744	60	8162
55	9940	55	1414	55	800	55	936	55	1632	55	4634
50	5026	50	834	50	446	50	544	50	714	50	2658
45	2964	45	462	45	256	45	302	45	406	45	1498
40	1670	40	256	40	134	40	158	40	226	40	818
35	914	35	148	35	82	35	98	35	130	35	452
30	514	30	84	30	40	30	48	30	76	30	256
25	272									25	146
20	150									20	82

Tabla N° 4. Valores por obtenidos por equipos de ajuste y verificación

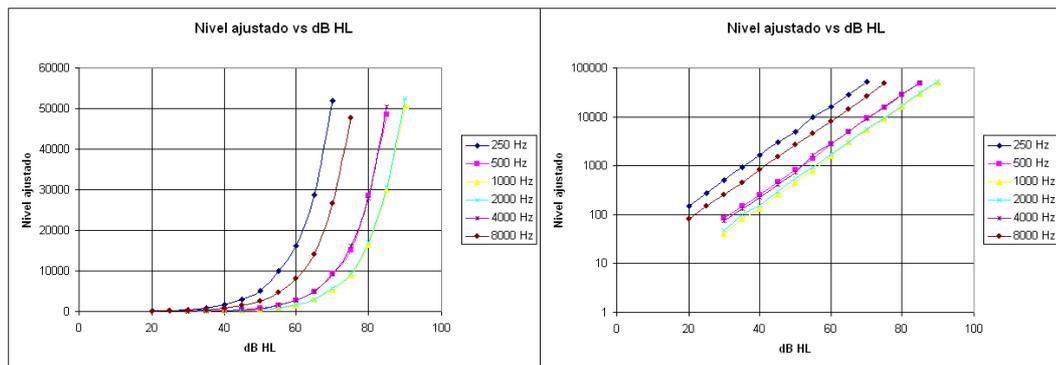


Gráfico N° 4. Valores por obtenidos por equipos de ajuste y verificación

Según la tendencia, las ecuaciones resultan ser funciones exponenciales, descritas a continuación:

Frecuencia	250	500	1000	2000	4000	8000
Ecuación	$y = 15,219e^{0,1165x}$	$y = 2,4641e^{0,1167x}$	$y = 1,1818e^{0,1193x}$	$y = 1,5918e^{0,116x}$	$y = 1,967e^{0,1199x}$	$y = 8,1066e^{0,1154x}$

Tabla N° 5. Ecuaciones obtenidas con base a la tendencia

En los siguientes gráficos y tablas se pueden ver los resultados finales por banda de octava:

250		500		1000		2000		4000		8000	
dB	Nivel	dB	Nivel	dB	Nivel	dB	Nivel	dB	Nivel	dB	Nivel
120	17940022	120	2975214	120	1949083	120	1767127	120	3486851	120	8374304
115	10019509	115	1659997	115	1073430	115	989411	115	1914581	115	4702847
110	5595899	110	926183	110	591176	110	553970	110	1051270	110	2641027
105	3125312	105	516756	105	325582	105	310167	105	577238	105	1483150
100	1745488	100	288320	100	179310	100	173662	100	316953	100	832908
95	974856	95	160866	95	98752	95	97233	95	174035	95	467745
90	544457	90	89754	90	50598	90	52528	90	95560	90	262677
85	304080	85	48508	85	30062	85	30696	85	50376	85	147514
80	169829	80	28504	80	16326	80	16926	80	27938	80	82841
75	94849	75	15100	75	8980	75	9372	75	16168	75	47592
70	51890	70	9304	70	5360	70	5658	70	9048	70	26508
65	28794	65	4958	65	2964	65	3066	65	4924	65	13958
60	16122	60	2794	60	1566	60	1686	60	2744	60	8162
55	9940	55	1414	55	800	55	936	55	1632	55	4634
50	5026	50	834	50	446	50	544	50	714	50	2658
45	2964	45	462	45	256	45	302	45	406	45	1498
40	1670	40	256	40	134	40	158	40	226	40	818
35	914	35	148	35	82	35	98	35	130	35	452
30	514	30	84	30	40	30	48	30	76	30	256
25	272	25	46	25	23	25	29	25	39	25	146
20	150	20	25	20	13	20	16	20	22	20	82
15	87	15	14	15	7	15	9	15	12	15	46
10	49	10	8	10	4	10	5	10	7	10	26
5	27	5	4	5	2	5	3	5	4	5	14
0	15	0	2	0	1	0	2	0	2	0	8

Tabla N° 6. Valores por banda de octava de códigos ajustados a dB HL

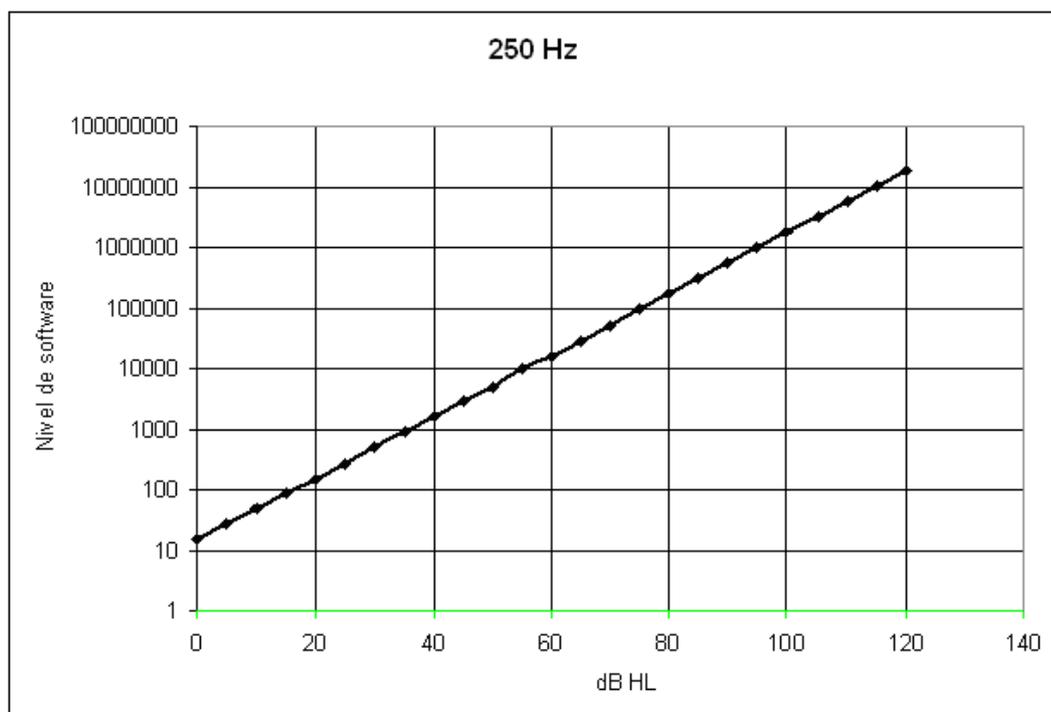


Gráfico N° 5. Niveles del software de audiometría para 250 Hz

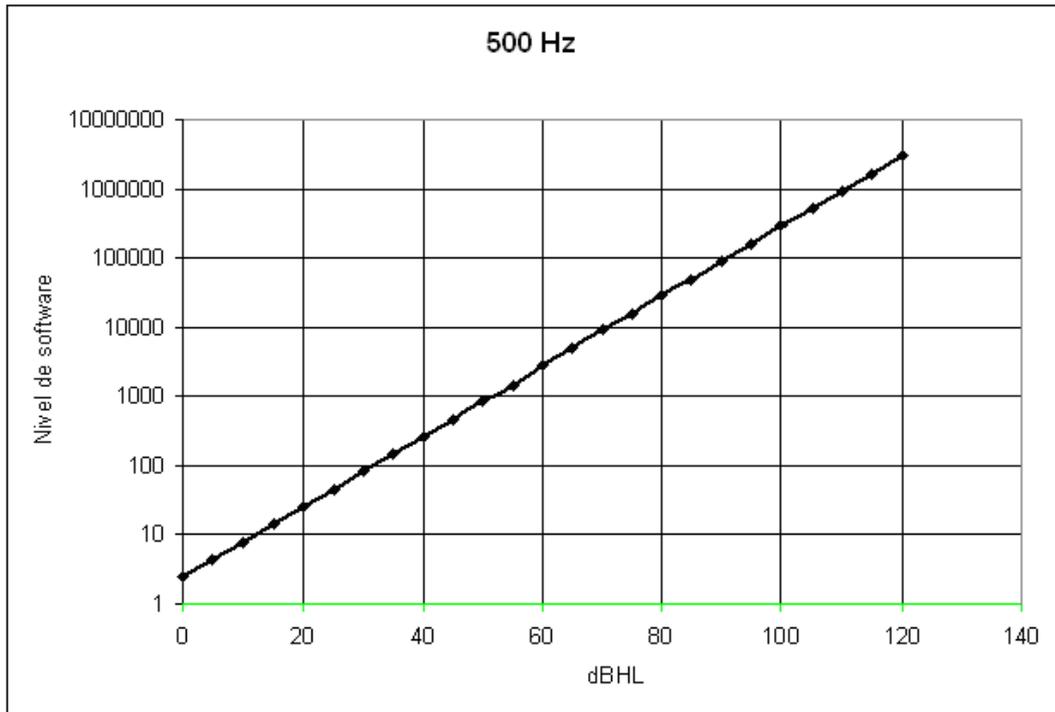


Gráfico N° 6. Niveles del software de audiometría para 500 Hz

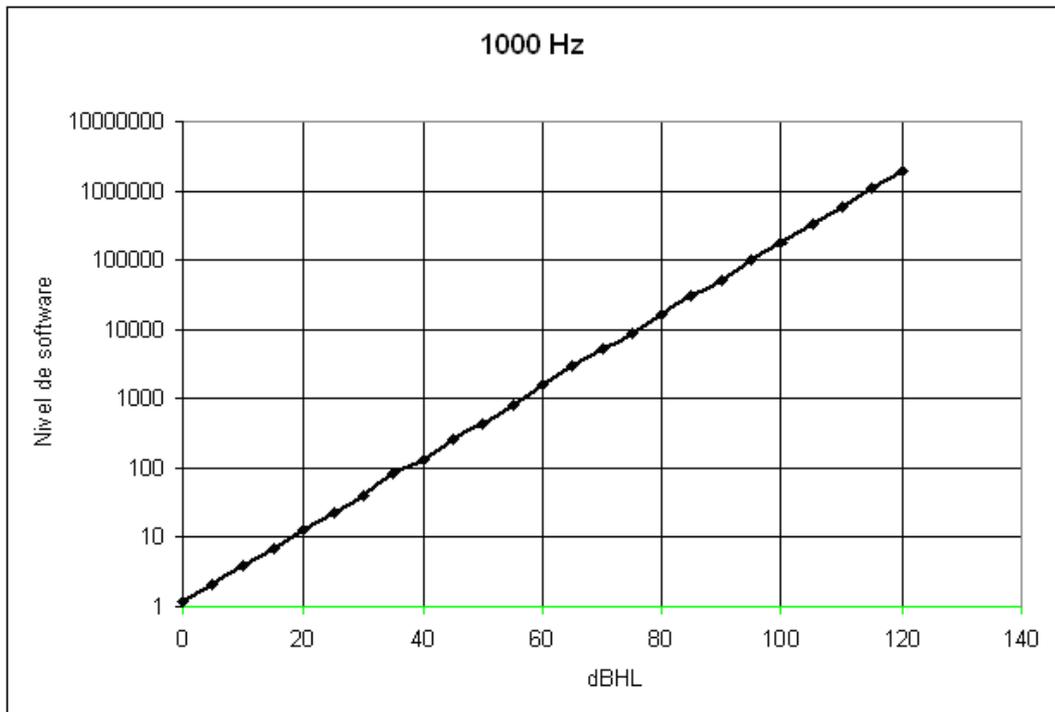


Gráfico N° 7. Niveles del software de audiometría para 1000 Hz

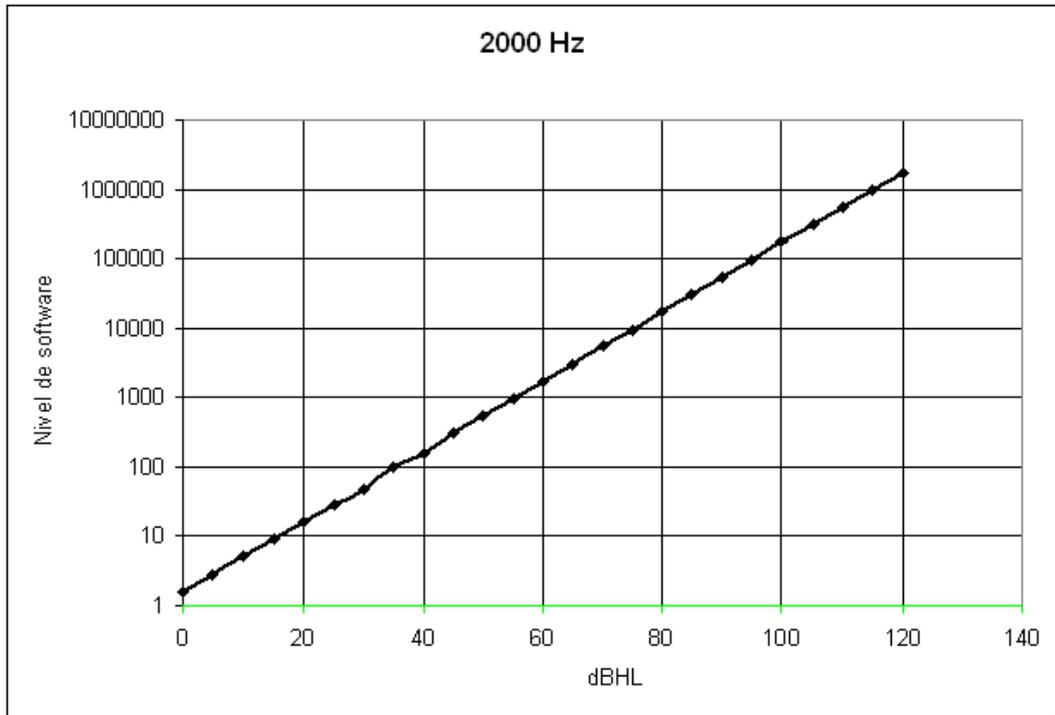


Gráfico N° 8. Niveles del software de audiometría para 2000 Hz

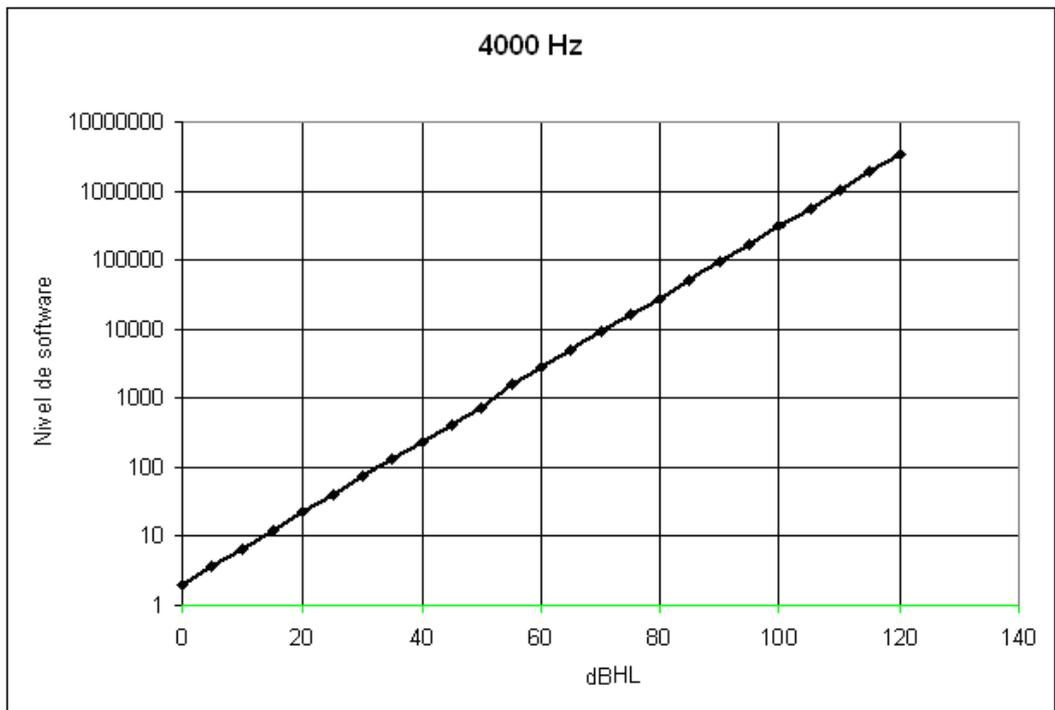


Gráfico N° 9. Niveles del software de audiometría para 4000 Hz

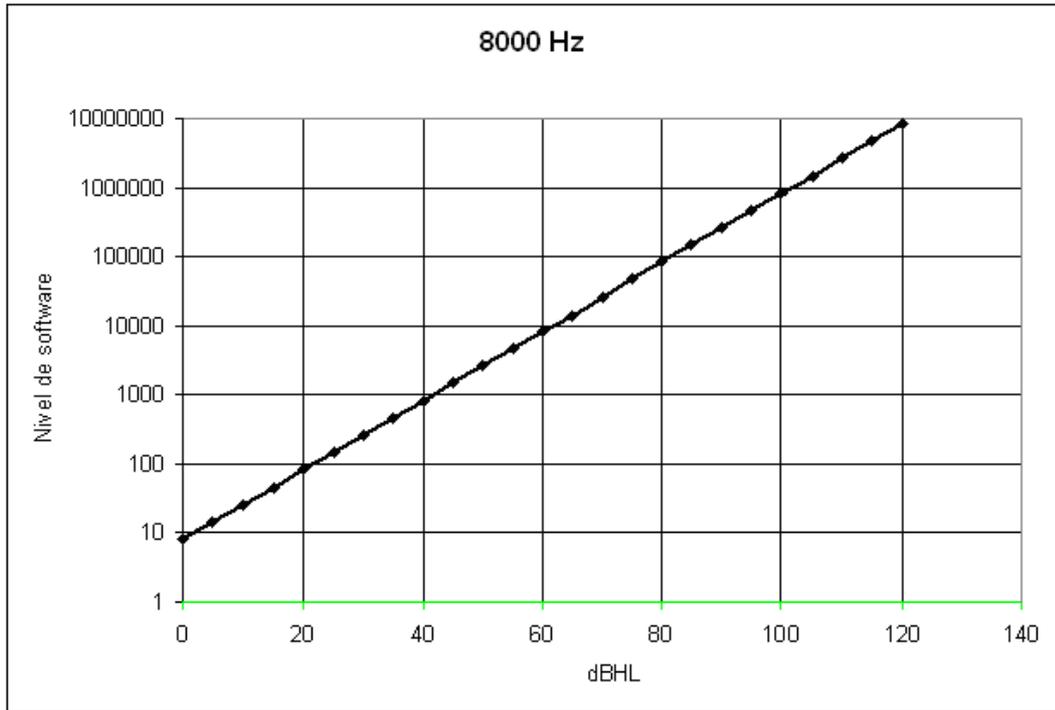
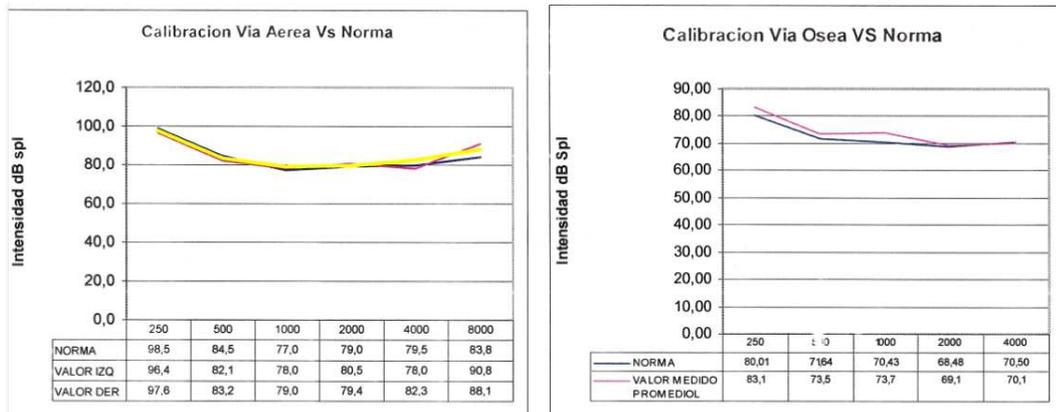


Gráfico N° 10. Niveles del software de audiometría para 8000 Hz

5.4 Resultados de calibración Vs Norma



Certificado de Calibración No. 0051

Gráfico N° 11. Calibración vía aérea y vía ósea vs Norma

Para mayor detalle, las tablas de calibración de atenuador, frecuencias vía ósea y vía aérea, distorsión, se incluyen en el anexo F.

Para poder validar el software y comprobar la funcionalidad de las ecuaciones halladas se realizaron pruebas a pacientes diagnosticados otológicamente sanos, el resultado se comparo con la respuesta ya obtenida con audiómetros convencionales y se analizo el comportamiento del programa, dando el mismo umbral.

Esta prueba subjetiva, mas el ajuste, la verificación y la calibración dieron como resultado que la empresa TECHNIK Limitada, validara y certificara el software de audiometría Audio Tamiz, como un equipo apto para realizar pruebas de audiometría.

6. CONCLUSIONES

La aplicación de la audiometría con un software, permite una administración más eficiente tanto del proceso de examen como del manejo de la información del paciente y control de historial médico.

La nueva opción que incluye el software de audiometría para el almacenamiento de datos, información e historial, permite al fonoaudiólogo tener una panorámica precisa del estado del paciente sin la necesidad de depender del diagnóstico que éste recuerde de citas anteriores, que en la mayor parte de los casos no es completa, y es la única referencia del fonoaudiólogo al realizar el examen, para así poder iniciar la práctica de la audiometría de manera más rápida. Cabe aclarar que esto es posible siempre y cuando el paciente ya se haya realizado una audiometría con el software.

El hecho de montar un audiómetro en un software para computadora, permite desarrollar cualquier tipo de actualización o adaptación en el equipo y al mismo tiempo en el sistema de una manera rápida, económica y práctica, ya que esto solo exige de cambios en el programa, en su entorno y código, mientras que en un equipo normal de audiometría es necesario cambiar parte o la totalidad del hardware, lo que implica mayores costos.

La implementación de un control vinculado con el software, le da la oportunidad al paciente de interactuar con el programa, de manera que llegado el momento el usuario está en la capacidad de detener la reproducción de algún tono si lo llega a sentir molesto, o simplemente para iniciar o terminar el proceso de la audiometría.

Debido a la facilidad para su transporte, el software de audiometría puede ser aplicado con la simplicidad de un equipo como un computador y los audífonos apropiados para una audiometría válida. Las exigencias del recinto son básicamente un aislamiento básico al ruido externo a la sala donde se realice el examen.

Según los resultados arrojados por la verificación y ajuste del software de audiometría, se obtuvo que la tendencia de valores de nivel del programa es de tipo exponencial.

El software de audiometría cuenta varias opciones que lo diferencian de un audiómetro convencional, tal como, almacenamiento de historial, prueba auto umbral y manual, pero según las exigencias de ciertas audiometrías, se requiere de la generación de ruido para enmascaramiento o alcanzar niveles de presión más altos. Para tales situaciones el software de audiometría está abierto a adaptaciones de esta calidad, su limitante es la capacidad y características del hardware utilizado.

7. RECOMENDACIONES

La importancia de la calibración del equipo, ya que está en verificación, se debe efectuar a intervalos de 3 meses como un chequeo. Sin embargo, los intervalos mayores pueden ser aceptados cuando se demuestre que tales parámetros se mantienen estables dentro de las tolerancias aceptadas. En ningún caso, se aceptará intervalos mayores a 12 meses. En caso de encontrarse fuera de tolerancia, cualquiera de los parámetros mencionados anteriormente, se deberá enviar el audiómetro para que se someta a su calibración básica. Esta calibración debe ser efectuada cada dos años, o cuando se juzgue necesario como resultado de las revisiones periódicas señaladas anteriormente.

Si la persona al realizarse la audiometría, presenta graves problemas respecto al oído, ésta se debe realizar una audiometría clínica completa que consiste en: umbrales de audición aéreos y óseos; curva logaudiométrica; pruebas de diapasones (Rinne y Weber) y pruebas complementarias si las características audiométricas lo requieren (pruebas de adaptación patológica y de reclutamiento). Además, se pueden realizar exámenes audiológicos complementarios (impedanciometría, potenciales evocados y emisiones otoacústicas), que permitan un diagnóstico más certero y determinación de la incapacidad auditiva.

Al momento de llevar a cabo una audiometría, es aconsejable que el doctor, fonoaudiólogo o especialista que realiza el examen, de una breve explicación de la aplicación del joystick y su funcionamiento al paciente, ya que puede darse el caso de una mala operación del sistema, lo cual puede llevar resultados no válidos de la prueba. De igual forma es importante tener en cuenta que éste tipo de hardware no es aplicable con

menores de edad, ya que puede representar una distracción en alguna manera para ellos.

El software de audiometría fue diseñado y creado con ciertos parámetros de nivel calibrados, verificados y preestablecidos para la tarjeta de sonido utilizada, en éste caso una tarjeta MAudio Fast Track, con la cual se alcanza hasta un nivel de 90 decibeles HL. Vale aclarar que las características de éste software pueden ser actualizadas sin problema alguno para ser adaptadas a la tarjeta de audio aplicada en el momento; aunque es necesario contar con una recalibración, realizada por expertos, para asegurar la confiabilidad y veracidad de los datos que arroje el programa.

En cuanto, a la presentación de resultados, el software de audiometría exhibe una tabla con los valores numéricos del examen realizado. La opción de graficación de tales valores pueden ser el objeto para una nueva propuesta de actualización del software, ya que la creación de esta función exige de la asesoría especializada y profesional por parte de expertos.

Ya que la Universidad de San Buenaventura no cuenta con la instrumentación y el personal calificado para la realización de audiometrías, podría establecer algún tipo de convenio con la Secretaría de Salud del Distrito (Clínicas, Hospitales, Centro de Salud , etc.), y el Ministerio de Protección social, para así beneficiar no sólo a ambas instituciones sino a una mayor parte a la población.

Se haría necesario por parte del Ministerio de Protección Social, llevar a cabo un plan para mostrar la importancia del oído en el organismo, su cuidado y prevenciones a futuro, sobre todo para aquellas personas que están expuestas a niveles de ruido perjudiciales para la salud.

Es importante que las instituciones de salud (Clínicas, Hospitales, Centros de Salud , etc. y la población en general se acojan a

programas o campañas donde se pueda ver la importancia de la realización de la audiometría, a proyectos de concientización sobre los efectos nocivos de la exposición a fuentes de ruido y de las consecuencias que produce éste a través del tiempo, para así promover la cultura de la higiene y seguridad en el trabajo y así minimizar el impacto de los factores de riesgo laborales y ambientales que afectan la salud.

BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Valoración Colectiva de las Audiometrías. Método de Klockhoff. NTP- 85,
NTP-136. 1985, Barcelona.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN
INCONTEC: Norma Técnica Colombiana: NTC 2884-1 Electroacústica.
Equipos audiológicos. Parte 1: Audiómetros de tonos puros

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN
INCONTEC: Norma Técnica Colombiana: NTC 2884-2 Audiómetros. Parte
2: Equipos para la audiometría vocal

ISO 389-1:1998 Referencia equivalente de umbral de niveles de presión
sonora para tonos puros y audífonos insert.

ISO 389-2:1994 Referencia equivalente de umbral de niveles de presión
sonora para tonos puros y audífonos supra-aurales.

ISO 389-3:1994 Referencia equivalente de umbral de niveles de fuerza
para tonos puros y vibradores óseos

ISO 389-4:1994 Niveles de referencia para banda angosta y ruido
enmascarador

ISO 8523-1:1989 Audiometría de umbral por medio aéreo y óseo de tono
puro básico

ISO 8523-2:1992 Audiometría de campo sonoro con señales de prueba
de tono puro y banda angosta.

ISO 8523-3:1996 Audiometría por discurso

JERGER, James. and NORTHEN, Jerry L. Clinical impedance audiometry
2 ed.

VERGARA, Ramiro. Fisiología Auditiva: Visión actualizada. Bogotá:
Publicaciones de las Fuerzas Militares. 1990.

REFERENCIA DE LA WEB:

- Ministerio De Trabajo y Asuntos Sociales de España

http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_085.htm

- Academia Americana de Audiología

<http://www.audiology.org/consumer>

- Academia Americana de Otorrinolaringología—Cirugía de Cabeza y Cuello

<http://www.entnet.org>

- Asociación Americana de Habla-Lenguaje-Audición

<http://www.asha.org>

GLOSARIO

A

Audiometría: Proceso para medir la capacidad auditiva.

B

Batido: Variación de la amplitud de la onda resultante de superponer dos señales de frecuencias parecidas.

C

Calibrador: Instrumento que genera un tono de nivel calibrado (en general 1 kHz y 94 dB ó 114 dB) que se utiliza para contrastar y ajustar sonómetros u otros instrumentos de medición acústica.

Conducción ósea: La transmisión del sonido al oído interno a través de la vibración mecánica de los huesos craneales y los tejidos blandos.

E

Enmascaramiento: Fenómeno psicoacústico por el cual un tono débil se vuelve inaudible en presencia de otro más intenso cercano en frecuencia.

Espectrograma: Gráfico en el cual se presenta, bidimensionalmente la evolución del espectro con el tiempo. Para ello se representa en el eje horizontal (abscisas) el tiempo, en el eje vertical (ordenadas) la frecuencia y los niveles en forma de un código de colores que puede ir del blanco (mínimo) al negro (máximo) o del azul al amarillo pasando por el rojo, etc.

F

Fatiga auditiva: Disminución de la sensación de sonoridad que se experimenta al escuchar un sonido de amplitud constante durante un tiempo prolongado.

Fonación: Emisión vocal, particularmente en forma controlada para producir fonemas o la palabra.

Resonancias características de una voz o instrumento, que determinan su timbre.

Formantes: Resonancias características de una voz o instrumento, que determinan su timbre.

Frecuencia audiométrica: Cualquiera de una serie de frecuencias utilizadas en las audiometrías (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz).

G

Gradiente de presión: Derivada direccional de la presión en un campo sonoro. Depende fuertemente de la dirección. En un campo plano, por ejemplo, es máximo en la dirección de propagación, y nulo en la dirección perpendicular.

H

Hipoacusia coclear: Hipoacusia originada en la lesión de la cóclea.

Hipoacusia conductiva: Hipoacusia originada en un mal funcionamiento del oído externo o medio.

Hipoacusia perceptiva: Hipoacusia originada en el mal funcionamiento del oído interno o del nervio auditivo.

Hipoacusia retrococlear: Hipoacusia originada en la lesión del nervio auditivo.

I

Impedancia acústica (Z_a): En una superficie dada, es la relación compleja entre la presión sonora eficaz promediada sobre la superficie y la velocidad eficaz de las partículas a su través.

Impedancia acústica característica (Z): Para una onda plana y progresiva es igual al producto de la densidad del medio por la velocidad del sonido.

Impedancia acústica específica: En un punto de un campo sonoro, la relación compleja entre la presión sonora instantánea y la velocidad de partículas. Unidad: pascal segundo por metro. Símbolo de la unidad: Pa.s/m.

Inmisión: Por oposición a emisión, todo fenómeno ondulatorio que llega a un receptor.

Inmisión de ruido: Ruido que llega a un receptor (persona, local, etc.).

Inteligibilidad de la palabra: Entendimiento de la palabra, habitualmente evaluada por medio de tests de articulación.

L

Ley de Weber-Fechner: Ley fisiológica que expresa que las sensaciones, experimentan una variación proporcional al logaritmo de los estímulos.

M

Melio: Una unidad de tono. Un tono puro, presentado frontalmente, con frecuencia de 1000 Hz y un nivel de presión sonora de 40 dB re 20 μ Pa produce un tono de 1000 melios.

N

Nivel de aceleración de vibración: Diez veces el logaritmo (de base 10) de la relación entre el cuadrado de una aceleración de vibración determinada y el cuadrado de la aceleración de referencia. Habitualmente, la aceleración de referencia es 1g o 1 m/seg². Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: VAL. Símbolo: La.

O

Oído absoluto: Habilidad de un porcentaje reducido de personas de reconocer auditivamente una nota musical ejecutada aisladamente.

Oído relativo Habilidad de la generalidad de las personas de reconocer, luego de un periodo de entrenamiento, los intervalos musicales, es decir la relación existente entre pares de sonidos sucesivos (octava, quinta, tercera, etc.).

Otoemisiones acústicas: Sonidos producidos por el propio oído, como consecuencia del funcionamiento de las células ciliadas externas, al recibir un estímulo auditivo. Conociendo las emisiones estadísticamente normales ante estímulos dados, es posible detectar anomalías o patologías.

P

Presbiacusia: Disminución de la capacidad auditiva con la edad.

R

Ruido tonal: Ruido en el cual son claramente audibles tonos puros. Se pueden detectar utilizando un analizador de espectro por tercios de octava cuando se observa que una banda de frecuencia excede en más de 5 dB a las dos bandas contiguas.

ANEXOS

ANEXO A

FACTURA DE VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE SOFTWARE DE AUDIOMETRÍA



FACTURA No. 22061
FACTURA DE VENTA
FACTURA CAMBIARIA DE VENTA

IVA - REGIMEN COMUN Código ICA 5249 - 5170 - 5136
Bogotá, D.C., Carrera 73 No.51-78 Of. 102 - PBX: 295 5537 - FAX: 547 2859

NIT: 800.042.462-1

Fecha Elaboración: BOGOTÁ D.C. 27/05/2008 Fecha Vencimiento: 26/06/2008

Señor(es): DIEGO MAURICIO MURILLO GOMEZ
Dirección: CLL 2 A No.72 -36 T.2 Apto.402 B/Americas Occidental
NIT: 80.774.255-3 Teléfono: 451-0688 BOGOTÁ

EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	D.T.
AUD	ATP	PC200	001	0

Relación de trabajos realizados en el equipo:

Verificación y Ajuste via Aerea	0
Verificación y Ajuste de la via osea	0
Verificación de Funcionamiento.	320000
Alquiler de Via Aerea Completa	0
Alquiler de Via Osea Completa	70000

SUBTOTAL	390.000,00
I.V.A.	62.400,00
TOTAL	452.400,00

SON CUATROCIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS PESOS M/CTE

SEGUN ORDEN DE SERVICIO No. _____

Realice sus pagos a través de la consignación de RECAUDO BANCOLOMBIA
en la cuenta de ahorros No. 201-651005-83, indicando NIT y FACTURA cancel

ACEPTADA,


TECHNIK LTDA. FIRMA Y SELLO DEL CLIENTE

LA PRESENTE FACTURA CAMBIARIA DE COMPRA VENTA SE ASIMILA EN SUS EFECTOS A LA LETRA DE CAMBIO, SEGUN EL ARTICULO 774 DEL CODIGO DE COMERCIO
NO SOMOS RETENEDORES DE IVA E ICA
NUMERACION DE FACTURAS APROBADAS SEGUN RESOLUCION DIAN No. 300000481914 DE MAYO 12 DEL 2008. DESDE LA 22000 A LA 29999

ANEXO B

MÓDULO DE AUDIOMETRÍA NOAH FONIX

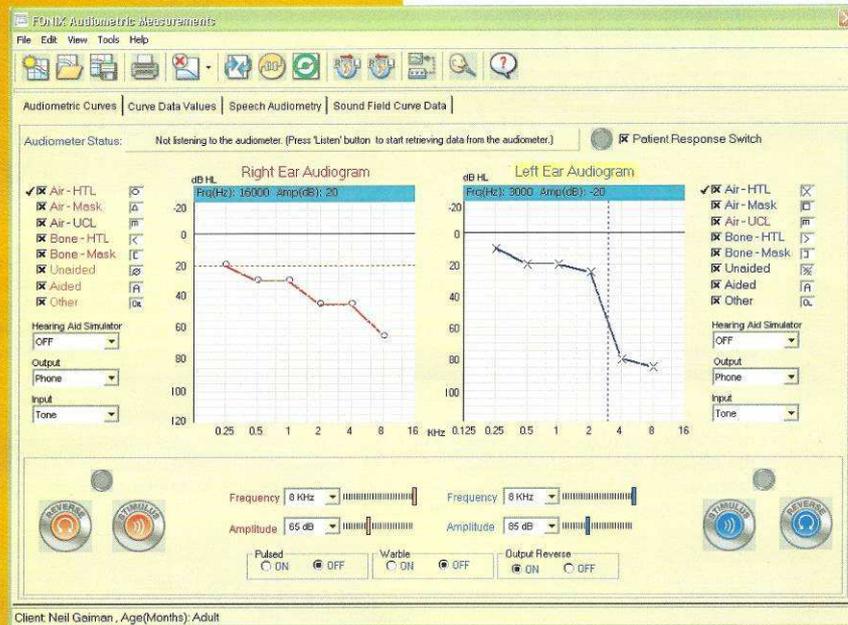
FONIX Audiometer NOAH Module

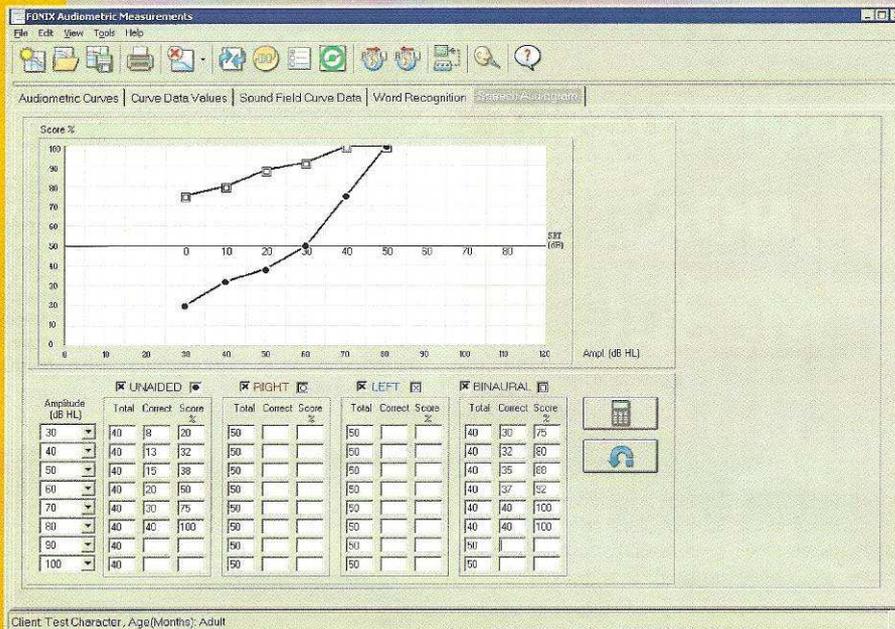
AUDIOMETRY MODULE

The Audiometry module is an elegant, computer-based interface for your FONIX audiometer. It has straightforward controls that are intuitive and easy to use while also being flexible enough to accommodate the needs of different types of users.

Remote Control of your Audiometer

If you like using your mouse to perform audiometric measurements, the Audiometer module provides controls to remotely operate most of the functions of the FONIX audiometer. The virtual control panel layout is similar to the front panel of the audiometer, making it very intuitive and easy to use. You can also enable the mouse-over feature that lets you simply hold the mouse pointer over the stimulus button to present a tone, eliminating the sound of the mouse click.





Automatically Collect Test Results

If you prefer using the traditional front panel dials, knobs, and buttons of the audiometer, the Audiometry module provides a way to collect measurement results from the FONIX audiometer in real-time. When you choose the Listen mode, the Audiometry module establishes a connection to the audiometer and monitors all adjustments and button pushes made on the front panel. Whenever you push the stimulus button on the audiometer, the Audiometry module graph updates the ongoing test results with the current selected frequency and amplitude.

Speech audiogram tab

This function allows you to plot speech testing as a function of amplitude. Four such audiograms can be plotted: unaided, left aided, right aided, and binaural aided. This type of testing can help document the improvement given by hearing aids to the patient.

1-page audiogram printout

This printout includes most of the important audiometric data on one vertical page. The audiograms for both ears are all on one graph.



FRYE ELECTRONICS, INC.
 P.O. Box 23391 • Tigard, OR 97281-3391 • USA
 (503) 620-2722 • (800) 547-8209
 Fax: (503) 639-0128
 www.frye.com • email: sales@frye.com

ANEXO C

FORMATO DE EXÁMEN DE AUDIOMETRÍA HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LA SAMARITANA

AUDIOMETRÍA - BELTONE
CONSULTORIO DE OTORRINOLARINGOLOGÍA

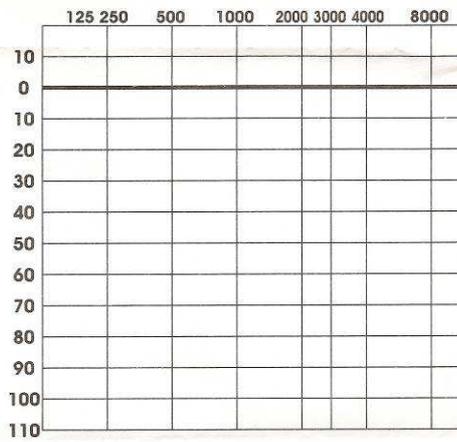


HOSPITAL UNIVERSITARIO
DE LA SAMARITANA
Empresa Social del Estado

05OT02-V1

FECHA	HISTORIA CLÍNICA	
NOMBRE DEL PACIENTE		EDAD
		CAMA

AUDIOMETRÍA - BELTONE

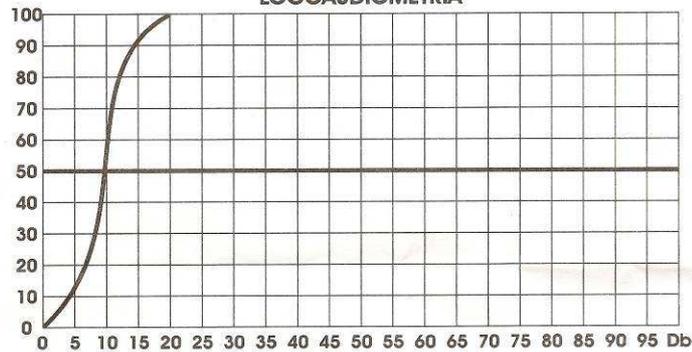


	OD	OI
	Rojo	Azul
Aérea	0	X
Aérea con enmascarar	△	□
No hay Respuesta	↙	↘
Ósea	<	>
Ósea con enmascarar	{	}

WEBER

OD	250	500	1000	2000	4000	OI

LOGOAUDIOMETRÍA



OD	OI
%PERDIDA	
S.R.T	
% Discriminación	

RESULTADOS

FONOAUDIÓLOGA

ANEXO D

CARTA DE MISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL



República de Colombia
Ministerio de la Protección Social
Despacho Ministro

Bogotá D.C. Junio 9 de 2008

Señor
OSCAR ARMANDO LINARES GARCIA
Ciudad

Respetado Señor Linares

Quiero aprovechar la oportunidad para felicitarlo a usted y a sus compañeros por la certificación que de su proyecto de grado le aprobaron en tan prestigiosa y reconocida empresa como es **TECHNIK LTDA** ya que cumple con los estándares internacionales que se requieren en esta especialidad. Espero que esto les de mas entusiasmo y ganas de seguir adelante con el proyecto ya q es muy importante para los avances en tecnología futura, y que puede llegar hacer de gran ayuda para nuestros audiómetros en un futuro.

Espero tener nuevamente noticias sobre el avance de su proyecto de tesis cualquier gestión o colaboración que desde el Ministerio les pueda brindar no duden en hacérmela saber.

Cordial Saludo,


CLAUDIA PATRICIA GONZALEZ C.
PARS
Ministerio de la Protección Social

ANEXO E

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE SOFTWARE DE AUDIOMETRÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION
Calibration Certificate

Equipo / Equipment: Audiómetro

Fabricante / Manufacturer: AUDIO-TAMIZ

Modelo / Model: PC-2008

Numero de Serie / Serial Number: 001

TECHNIK LTDA. Certifica que este equipo fue calibrado, usando instrumentos los cuales son trazables a estándares internacionales. El laboratorio establece la trazabilidad del Sistema de Calibración con el sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones que lo vincula a los patrones primarios pertinentes de medición SI.

TECHNIK LTDA. certifies that this equipment was calibrated, using instruments which are traceable to international standards. The laboratory establishes the traceability of the Calibration System with the International System of Unities (SI) through a unstopped chain of calibrations which is joined to primary measuring patrons belong to SI.

Technik Ltda
Carrera 73 No. 51-78
Bogota D.C.
Colombia

Teléfono/Phone: +57 1295 5537
Fax/Fax: +57 1547 2859
<http://www.technikltda@etb.net.co>

Fecha / Date: JUNIO 03 DE 2008

Calibrado por/ Calibrated by: EDILBERTO MATALLANA



Bogotá, D.C., Carrera 73 No. 51-78 Of. 102 - PBX 295 5537 - Fax 547 2859 - Cel.: 315 3056575 - 313 2080270 - e-mail: technik@etb.net.co
Cali (Valle) Calle 3A No. 43-40 - Telefax 6810052 - 5133966 - 5526618 - Cel. 315 3056767 - e-mail: technik@007mundo.com
Ibagué, - Calle 55 No. 51-47 Of. 301 - PBX 377 2733 - Cel.: 313 2099290 - e-mail: tech8000@one.net.co

MODELO DE GESTION TECNOLOGIK
NIT: 800.042.462-1

CERTIFICADO DE CALIBRACION
Calibration Certificate
FOR-AUDI-004

TECHNIK LTDA.

Solicitante / Customer: DIEGO MAURICIO MURILLO GOMEZ

Dirección / Address: CALLE 2ª Nª.72-36 APT.402

Equipo / Equipment: Audiometro

Fabricante / Manufacturer: AUDIO-TAMIZ

Modelo/Model: PC-2008

Numero de serie/Serial number: 001

Fecha de calibración/Calibration date: MAYO 27 DE 2008

Numero de páginas: 10 Incluyendo anexos.

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. Sólo podrá ser reproducido en su totalidad con previa autorización. Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Technik Ltda. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de la información aquí contenida y de los instrumentos calibrados.

Edilberto Mitalana
Servicio Técnico.
Calibró

Johana Sánchez N.
Líder del Departamento
Aprobó

Página 1 de 9

Certificado de Calibración No. 0051



MÉTODO DE MEDICIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO:

Los parámetros físicos medidos durante la calibración de un Audiómetro son: Nivel de Presión Sonora en los auriculares de salida, los niveles del vibrador óseo, los pasos del atenuador, las frecuencias del tono puro y la distorsión armónica.

El estándar Internacional, ISO 389, determina que el nivel de presión sonora mínimo en dB re. 20 uPa (SPL) para cada frecuencia de un audiómetro, el cual puede ser oído por una persona con audición normal corresponden a 0 dB HL.

Sin embargo este nivel es tan bajo que un equipo normal de medidas no registra estos valores de forma confiable. Durante la calibración del equipo el atenuador o selector de intensidad debe ser incrementado a razón de producir en el transductor un nivel medible por el equipo de medida (normalmente 40 o 50 dB HL).

El equipo patronado Frye 7000 lee las salidas del equipo, para determinar la linealidad en todo su rango de frecuencias. Además, el osciloscopio patronado registra los valores de distorsión en frecuencia. Por ultimo se compara la salida del audiómetro frente a su respectiva Norma Internacional.

Para Vía Aérea las normativas son ISO 389-1, IEC 303, ANSI S3.6, para Auriculares de Inserción (EAR 3A) son ISO 389-2, IEC 126, para Ruidos de Enmascaramiento es ISO 389-4, para Vía Ósea son ISO 389-3, IEC 373 y para Campo Libre es ISO 389-7.

El método de medición es directo.

El procedimiento interno es PRO-AUDI-001

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	:	21.0 +/- 1 C°
Humedad relativa	:	69 +/- 1 %
Presión Atmosférica:		768,1 HPa

ANEXO F

INFORME DE MANTENIMIENTO, VERIFICACIÓN Y/O AJUSTE



Bogotá, D.C., Carrera 73 No. 51-78 Of. 102 - PBX 295 5537 - Fax 547 2859 - Cel.: 315 3066575 - 313 2030270 - e-mail: technik@etb.net.co
 Cali (Vale) Calle 3A No. 43-40 - Telefax 6810652 - 5133966 - 5526818 - Cel.: 315 3056767 - e-mail: technik@007mundo.com
 Itagüí, - Calle 55 No. 51-47 Of. 301 - PBX 377 2733 - Cel.: 313 2039290 - e-mail: tech8000@unet.net.co

MODELO DE GESTION TECHNOLOGIK
 NIT: 800.042.462-1

INFORME DE MANTENIMIENTO VERIFICACIÓN Y/O AJUSTE FOR-AUDI-001

No. 8371

Procedimiento: PRO-AUDI-001

Fecha: 03 DE JUNIO DE 2008

Dirección donde se efectúa la verificación: CARRERA 73 No.51-78 OFC:102

Ciudad: BOGOTA

DATOS DEL CLIENTE

Nombre del cliente o Institución: DIEGO MAURICIO MURILLO GOMEZ	Teléfono: 4510688
Dirección del cliente: CARRERA 73 No.51-78 OFC:102	Ciudad : BOGOTA

DATOS DEL EQUIPO

EQUIPO: AUDIOMETRO	MARCA: AUDIO-TAMIZ
MODELO: PC--2008	SERIE: 001

Revisado por Technik Ltda. Siguiendo las siguientes normas

Vía Ósea		Campo libre		Vía Aérea y/o Reflejos	
X	ISO 389-3		ISO 389-7	X	ISO 389-1
X	IEC 373	Auriculares de Inserción		X	IEC 303
Ruidos de Enmascaramiento			ISO 389-2	X	ANSI S3.6-1996
	ISO 389-4		IEC 126	Especificaciones de Manufactura	

Ítems evaluado	Límites de Tolerancia encontrados en el equipo		Límites de tolerancia dejados en el equipo					
	Dentro de límites	Fuera de límites	Dentro de límites	Fuera de límites				
AUDIOMETROS								
Vía aérea derecha	TDH39	X	TDH50	inserción	X			
Vía aérea izquierda	TDH39	X	TDH50	inserción	X		X	
Vía Ósea	B-70		B-71	B-72	X		X	
Ruidos de enmascaramiento			NO APLICA					
Logo audiometría			NO APLICA					
Campo libre			NO APLICA					
Linealidad en frecuencias			X		X			
IMPEDANCIOMETROS								
Tono base			226Hz					
Compliance								
Reflejos Ipsi								
Reflejos contra			TDH39	TDH49	CIR22			
Linealidad en la admittancia en c.c								
Linealidad de presión								



Bogotá, D.C., Carrera 73 No. 51-78 Of. 102 - PBX 295 5537 - Fax 547 2859 - Cel.: 315 3066575 - 313 2099270 - e-mail: technikola@eto.net.co
 Cali (Valle) Calle 3A No. 43-40 - Telefax 6810652 - 5133966 - 5526818 - Cel: 315 3066767 - e-mail: technik@007mundo.com
 Itagüí, - Calle 55 No. 51-47 Of. 301 - PBX 377 2733 - Cel.: 313 2099290 - e-mail: tech8000@une.net.co

MODELO DE GESTION TECNOLOGIK
 NIT: 800.042.462-1

IMPEDANCIOMETRO	Limites tolerancia Encontrados		Limites tolerancia dejados	
	Dentro limites	Fuera de limites	Dentro limites	Fuera de limites
Distorsión				
Integridad mecánica y eléctrica				
ESPIROMETROS				
Volumen				
POTENCIALES EVOCADOS				
Vía aérea Derecha	TDH39		TDH49	Inserción
Vía aérea Izquierda			TDH49	Inserción
Vía Ósea				
Pre amplificador				
Distorsión en los tonos				
ANALIZADOR DE AUDIFONOS				
Micrófono de referencia				
Baterías				
Distorsión en las frecuencias				
Campo libre				
Vía aérea Derecha	TDH39		TDH49	Inserción
Vía aérea Izquierda	TDH39		TDH49	Inserción
SONOMETROS				
Micrófono de referencia				
Filtros				
VISIOMETROS				
Espejo				
Lentes				
Perimetrales				

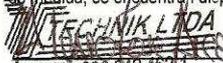
OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS: ESTE EQUIPO SE ENCUENTRA DENTRO DE LOS PARAMETROS DE LA NORMA Y ES APTO PARA REALIZAR EXAMENES DE AUDIOMETRIA

Presión atmosférica	768.1 Hpa
Temperatura	25° C
Humedad relativa	50 %

EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA VERIFICACION

PARA AUDIOMETROS, IMPEDANCIO Y POTENCIALES	Marca:	Serie:
• Sistema de caibración	CS20	146571
PARA ESPIROMETROS		
• Jeringa Volumen		
PARA ANALIZADOR DE AUDIFONOS		
• Sistema de Calibración		
• Osciloscopio Tektronik		
• Pistófono		

El laboratorio de Metrología de TECHNIK Ltda., certifica que este instrumento de medida ha sido comparado con estándares específicos, dando valores y constantes físicas aceptables. Los documentos que soportan la trazabilidad de los instrumentos de medida, se encuentran disponibles para revisión en la oficina de Bogotá.


ALVARO JOSE ARCE
 Dpto. de Servicio Técnico

Día	Mes	Año
27	05	2008

Fecha de Verificación

ANEXO G

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN DE SOFTWARE DE AUDIOMETRÍA



Bogotá, D.C., Carrera 73 No. 51-78 Of. 102 - PBX 295 5537 - Fax 547 2659 - Cel.: 315 3056575 - 313 2099270 - e-mail: technikltda@eto.net.co
Cali (Valle) Calle 3A No. 43-40 - Telefax 6910652 - 5133966 - 5326618 - Cel.: 315 3056767 - e-mail: technik@007mundo.com
Itagüí, - Calle 55 No. 51-47 Of. 301 - PBX 377 2733 - Cel.: 313 2099290 - e-mail: tech8000@une.net.co

MODELO DE GESTION TECNOLOGIK
NIT.: 800.042.462-1

MÉTODO DE MEDICIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO:

Los parámetros físicos medidos durante la calibración de un Audiómetro son: Nivel de Presión Sonora en los auriculares de salida, los niveles del vibrador óseo, los pasos del atenuador, las frecuencias del tono puro y la distorsión armónica.

El estándar Internacional, ISO 389, determina que el nivel de presión sonora mínimo en dB re. 20 uPa (SPL) para cada frecuencia de un audiómetro, el cual puede ser oído por una persona con audición normal corresponden a 0 dB HL.

Sin embargo este nivel es tan bajo que un equipo normal de medidas no registra estos valores de forma confiable. Durante la calibración del equipo el atenuador o selector de intensidad debe ser incrementado a razón de producir en el transductor un nivel medible por el equipo de medida (normalmente 40 o 50 dB HL).

El equipo patronado Frye 7000 lee las salidas del equipo, para determinar la linealidad en todo su rango de frecuencias. Además, el osciloscopio patronado registra los valores de distorsión en frecuencia. Por ultimo se compara la salida del audiómetro frente a su respectiva Norma Internacional.

Para Vía Aérea las normativas son ISO 389-1, IEC 303, ANSI S3.6, para Auriculares de Inserción (EAR 3A) son ISO 389-2, IEC 126, para Ruidos de Enmascaramiento es ISO 389-4, para Vía Ósea son ISO 389-3, IEC 373 y para Campo Libre es ISO 389-7.

El método de medición es directo.

El procedimiento interno es PRO-AUDI-001

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	:	21.0 +/- 1 C°
Humedad relativa	:	69 +/- 1 %
Presión Atmosférica:		768,1 HPA



Bogotá, D.C., Carrera 73 No. 51-78 Of. 102 - PBX 295 5537 - Fax 547 2859 - Cel.: 315 3056575 - 313 2099270 - e-mail: techniktda@eto.net.co
Cali (Valle) Calle 3A No. 43-40 - Telefax 6810652 - 5133996 - 5526818 - Cel: 315 3056767 - e-mail: technik@007mundo.com
Itagüí, - Calle 55 No. 51-47 Of. 301 - PBX 377 2733 - Cel.: 313 2099290 - e-mail: tech8000@une.net.co

MODELO DE GESTION TECNOLOGIK
NIT.: 800.042.462-1

EQUIPO UTILIZADO

Analizador FRYE 7000 Serie: 480

Osciloscopio Digital Tektronix Modelo: TDS-210 Serie: B012852

INFORMACION DE TRAZABILIDAD

Analizador FRYE 7000 Serie: 480 Software: 1,6 Hardware: 205 - 0220

Osciloscopio Digital Tektronix Modelo: TDS-210 Serie: B012852

Los instrumentos de calibración se calibraron con instrumentos trazados a estándares internacionales. El laboratorio establece la trazabilidad de los patrones de referencia con el sistema de Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones que lo vincula a los patrones primarios pertinentes de medición SI.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida reportada en las tablas de resultados, se calcula mediante la siguiente expresión:

Incetidumbre Expandida = [Incertidumbre combinada] x [Factor de Cobertura (K)]

Los valores de K se calculan para un nivel de confianza de aproximadamente 95,45% de acuerdo a la distribución normal.

ERROR

El error reportado en las tablas de resultados se calculan mediante la siguiente expresión:

Error Linealidad= $\left| \left| \frac{\text{Lectura del valor medido } n - \text{Lectura del valor medido } n+1}{\text{Lectura del valor medido } n} \right| \right|$

Error Frecuencia= $\left| \left| \text{Frecuencia real} - \text{Frecuencia nominal} \right| \right|$

% Error Frecuencia= $\left(\frac{\text{Error Frecuencia}}{\text{Frecuencia nominal}} \right) \times 100$.

Error= $\left| \left| \text{Lectura del Calibrador} - \text{Valores estándares de calibración según la norma} \right| \right|$

TABLA DE RESULTADOS

Se anexan las tablas de resultados y las graficas comparativas a la norma.

CALIBRACION VIA AEREA												
Calibracion Tonal Via Aerea												
Lectura Calibrador												
Transductor TDH - 39												
Frecuencia indicada en el audiometro (Hz)	Intensidad HL en el Audiometro	Auricular izquierdo						Auricular derecho				
		Valor Normativa (dB SPL)	promedio medida (dB SPL)	Promedio error (dB SPL)	K (Nivel de Confianza: 95,45%)	Incertidumbre expandida (dB SPL)	Valor Normativa (dB SPL)	promedio medida (dB SPL)	Promedio error (dB SPL)	K (Nivel de Confianza: 95,45%)	Incertidumbre expandida (dB SPL)	
250	70	98,5	96,4	2,1	2,0	0,3	98,5	97,6	0,9	2,0	0,3	
500	70	84,5	82,1	2,4	2,0	0,3	84,5	83,2	1,3	2,0	0,3	
1000	70	77,0	78,0	1,0	2,0	0,3	77,0	79,0	2,0	2,0	0,3	
2000	70	79,0	80,5	1,5	2,0	0,3	79,0	79,4	0,4	2,0	0,3	
4000	70	79,5	78,0	2,0	2,0	0,3	79,5	82,3	2,8	2,0	0,3	
8000	70	83,8	90,8	7,0	2,0	0,3	83,8	88,1	4,3	2,0	0,3	

CALIBRACION VIA AEREA FRECUENCIA Y DISTORSION

		FRECUENCIA Hz									
		Auricular Izquierdo					Auricular derecho				
		Transductor TDH-39									
Frecuencia Indicada en el audiometro	Intensidad HL en el Audiometro	Promedio	Promedio	Factor 95,45%. K	Incertidumbre	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Factor 95,45%. K	Incertidumbre
		Frecuencia	Error	Frecuencia	Error	Frecuencia	Error	Frecuencia	Error	Frecuencia	Error
250	70	250,0	0,2	2,0	2,90	250,3	0,4	2,0	2,90	2,0	2,9
500	70	499,0	0,7	2,0	2,97	500,0	0,0	2,0	2,97	2,0	2,9
1000	70	1000,0	0,0	2,0	2,90	1000,0	0,0	2,0	2,90	2,0	2,9
2000	70	2004,0	1,7	4,5	8,53	2000,0	1,3	4,5	8,53	4,5	8,9
4000	70	4004,0	4,0	2,0	2,90	4004,0	2,0	4,5	2,90	4,5	8,0
8000	70	8000,0	0,0	2,0	2,90	7998,0	2,0	2,0	2,90	2,0	2,9

CALIBRACION VIA OSEA						
Frecuencia Indicada en el audiometro	Intensidad HL en el Audiometro	Valores Estandares de Calibración	Medidas SPL			
			Promedio Medida	Promedio error	Factor 95,45. K	Incertidumbre expandida
			B71			
		NORMATIVA				
250	5	80,01	83,1	3,09	4,53	1,18
500	20	71,64	73,5	1,83	2	0,32
1000	25	70,43	73,7	3,24	2	0,32
2000	40	68,48	69,1	0,65	2	0,36
4000	40	70,50	70,1	0,40	2	0,33

CALIBRACION VIA OSEA FRECUENCIA					
Frecuencia indicada en el audiometro	Intensidad HL en el Audiometro	FRECUENCIA Hz			
		Frecuencia	Promedio Error	Factor 95,45%. K	Incertidumbre expandida
		B71			
250	5	250	0,50	2	2,96
500	20	501	1,33	2	2,97
750	30	0	750,00	2	2,90
1000	25	1000	0,00	2	2,90
1500	35	0	1500,00	2	2,90
2000	40	2001	0,33	2	2,97
3000	40	0	3000,00	3,31	4,80
4000	40	4005	4,33	4,53	8,53

CALIBRACION ATENUADOR									
		Pasos del Atenuador 5 dB							
		dB SPL							
		Transductor TDH - 39							
Frecuencia Indicada en el audímetro	Intensidad HL en el Audiometro	Auricular Izquierdo				Auricular Derecho			
		Promedio Error linealidad	K (Nivel de Confianza: 95,45%)	Incertidumbre expandida	Promedio Error linealidad	K (Nivel de Confianza: 95,45%)	Incertidumbre expandida		
1000	55	0,87	2,00	0,32	0,93	3,49	0,69		
1000	60	0,37	2,00	0,32	0,47	2,00	0,32		
1000	65	0,47	2,00	0,32	0,50	2,00	0,31		
1000	70	0,90	2,00	0,31	1,00	2,00	0,31		
1000	75	0,40	2,00	0,31	0,47	2,00	0,32		
1000	80	0,00	2,00	0,31	0,00	2,00	0,31		
1000	85	0,00	2,00	0,31	0,10	2,00	0,31		
1000	90	92,40	2,00	0,31	93,30	2,00	0,31		
1000	95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

ANEXO H

PRÁCTICA DE AUDIOMETRÍA EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LA SAMARITANA CON AUDIÓMETRO CONVENCIONAL



ANEXO I

EXÁMENES AUDIOMÉTRICOS CON SOFTWARE DE AUDIOMETRÍA REALIZADAS A PERSONAS ENTRE 18 Y 35 AÑOS

TONAL				OSEA				PACIENTE: DIEGO MURILLO GOMEZ C.C 80,774,255
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	
250	5	10	250	-	5	250	-	-
500	5	5	500	10	10	500	20	10
1000	10	5	1000	5	5	1000	15	10
2000	10	10	2000	5	5	2000	15	10
4000	5	5	4000	10	10	4000	20	15
8000	10	10	8000	-	-	8000	-	-
TONAL				OSEA				PACIENTE: ALVARO RIVERA FIERRO C.C 80,095,232
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	
250	15	15	250	-	-	250	-	-
500	15	5	500	20	10	500	20	10
1000	10	10	1000	15	10	1000	15	10
2000	10	10	2000	15	10	2000	15	10
4000	10	15	4000	20	15	4000	20	15
8000	15	10	8000	-	-	8000	-	-
TONAL				OSEA				PACIENTE: LEIDY CARDENAS C.C 1,010,173,516
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	
250	20	15	250	-	-	250	-	-
500	15	15	500	10	5	500	10	5
1000	10	10	1000	5	5	1000	5	5
2000	15	10	2000	10	10	2000	10	10
4000	20	5	4000	15	10	4000	15	10
8000	15	15	8000	-	-	8000	-	-
TONAL				OSEA				PACIENTE: MAURICIO AREDONDO C.C 80,739,612
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	
250	20	10	250	-	-	250	-	-
500	10	10	500	10	10	500	10	10
1000	15	15	1000	15	10	1000	15	10
2000	20	10	2000	20	10	2000	20	10
4000	20	15	4000	20	10	4000	20	10
8000	15	15	8000	-	-	8000	-	-
TONAL				OSEA				PACIENTE: PAULA FIGUEROA C.C 1,032,359,995
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	
250	15	15	250	-	-	250	-	-
500	20	15	500	20	10	500	20	10
1000	10	20	1000	15	15	1000	15	15
2000	10	20	2000	10	15	2000	10	15
4000	15	15	4000	15	15	4000	15	15
8000	20	20	8000	-	-	8000	-	-
TONAL				OSEA				PACIENTE: RAUL MUÑOZ C.C 80,774,820
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL	F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	
250	25	20	250	-	-	250	-	-
500	20	20	500	20	15	500	20	15
1000	15	10	1000	15	10	1000	15	10
2000	15	15	2000	10	15	2000	10	15
4000	20	15	4000	15	15	4000	15	15
8000	15	15	8000	-	-	8000	-	-

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	15	10
500	15	5
1000	10	15
2000	10	10
4000	15	15
8000	10	10

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	-	-
500	15	5
1000	10	10
2000	5	10
4000	15	15

PACIENTE: MARCELA DOMIGUEZ
C.C 1,032,359,996

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	25	30
500	30	25
1000	20	25
2000	25	25
4000	20	20
8000	20	20

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	-	-
500	-	20
1000	20	20
2000	25	20
4000	15	15

PACIENTE: ALEXANDER VILLAMIZAR
C.C 80,828,335

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	35	30
500	30	25
1000	25	20
2000	20	20
4000	20	20
8000	20	15

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	-	-
500	-	-
1000	25	20
2000	15	20
4000	20	10

PACIENTE: ANGELA ARROYO
C.C 56,860,929

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	15	15
500	10	5
1000	15	5
2000	10	10
4000	5	5
8000	10	10

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	-	-
500	10	5
1000	10	5
2000	5	10
4000	10	10

PACIENTE: JULIAN PARDO
C.C 13,870,854

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	25	20
500	30	25
1000	20	20
2000	15	15
4000	20	20
8000	10	15

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	-	-
500	-	-
1000	20	20
2000	10	15
4000	20	15

PACIENTE: JUAN DAVID MEJIA
C.C 80,794,178

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	15	15
500	20	20
1000	15	15
2000	25	15
4000	30	20
8000	15	10

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO	OIDO DERECHO
	dB HL	dB HL
250	-	-
500	20	20
1000	10	15
2000	25	15
4000	25	20

PACIENTE: OLGA LUCIA MARTINEZ
C.C 1,116,244,487

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	15	15
500	20	20
1000	15	10
2000	20	15
4000	20	15
8000	10	10

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	-	-
500	15	15
1000	15	10
2000	20	15
4000	20	10

PACIENTE: DIEGO VASQUEZ
C.C 1,010,185,036

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	25	20
500	20	15
1000	15	15
2000	10	10
4000	15	15
8000	10	10

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	-	-
500	-	10
1000	15	15
2000	10	10
4000	10	15

PACIENTE: FERNANDA LONDOÑO
C.C 67,028,554

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	15	15
500	20	15
1000	15	10
2000	20	15
4000	15	20
8000	20	20

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	-	-
500	-	10
1000	15	15
2000	15	15
4000	15	20

PACIENTE: EDSSON GOMEZ
C.C 89,056,473

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	15	15
500	15	15
1000	15	10
2000	5	10
4000	5	5
8000	10	10

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	-	-
500	15	15
1000	10	10
2000	5	10
4000	5	5

PACIENTE: ROCIO PRIETO
C.C 7,898,965

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	10	10
500	5	10
1000	10	5
2000	10	10
4000	5	5
8000	10	10

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	10	10
500	5	10
1000	10	5
2000	5	5
4000	10	10

PACIENTE: OSCAR LINARES GARCIA
C.C 1,088,237,420

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	20	15
500	15	15
1000	20	20
2000	15	10
4000	10	15
8000	10	10

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	-	-
500	15	10
1000	15	20
2000	15	10
4000	10	15

PACIENTE: WILLIAM AUGUSTO RIVERA
C.C 80,101,672

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	15	10
500	15	15
1000	10	15
2000	10	10
4000	15	15
8000	10	10

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	-	-
500	15	10
1000	10	15
2000	10	10
4000	15	15

PACIENTE: DIONNE ALEXANDRA CRUZ
C.C 52,428,975

TONAL		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	20	20
500	20	20
1000	25	20
2000	15	15
4000	20	15
8000	15	20

OSEA		
F (Hz)	OIDO IZQUIERDO dB HL	OIDO DERECHO dB HL
250	-	-
500	-	-
1000	20	20
2000	15	15
4000	20	15

PACIENTE: MARLENY VIVAS
C.C 52,048,311

ANEXO J

MANUAL DE OPERACIÓN DEL SOFTWARE DE AUDIOMETRÍA

SOFTWARE EN PROCESO PARA REALIZAR UNA AUDIOMETRÍA

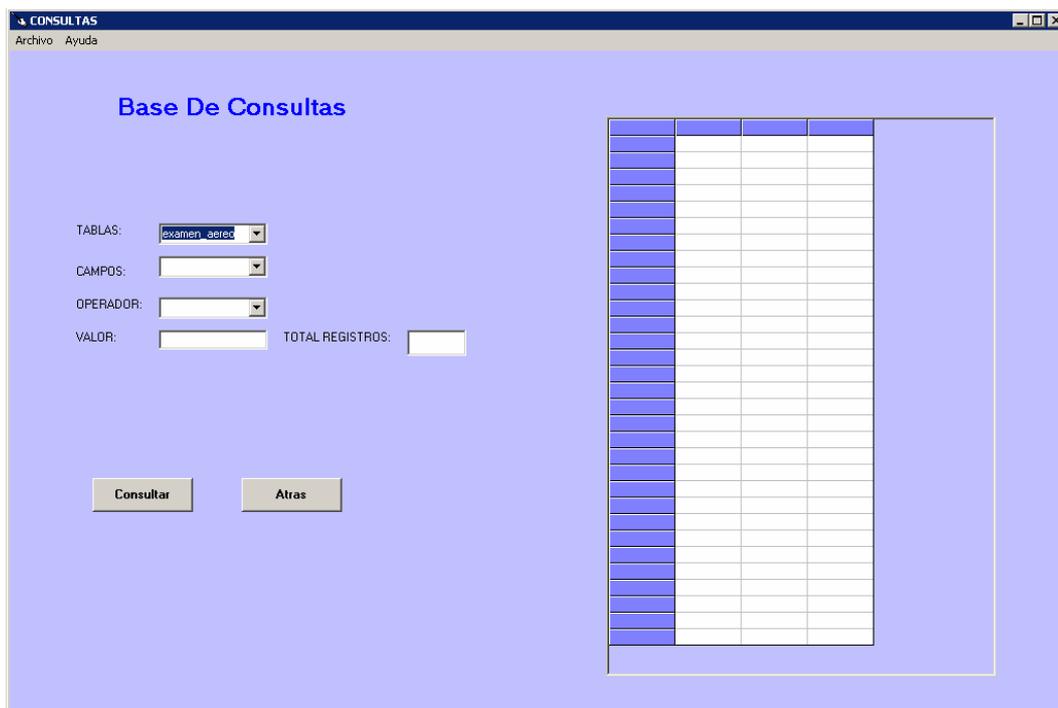


En la anterior figura, se puede ver el inicio del programa, donde se encuentran tres opciones y una alternativa extra para solo calibración; la primera permite al usuario introducir el historial de un nuevo paciente, tal como se puede observar en la figura a continuación.

Ventana para crear nuevo paciente

Ventana para pacientes antiguos

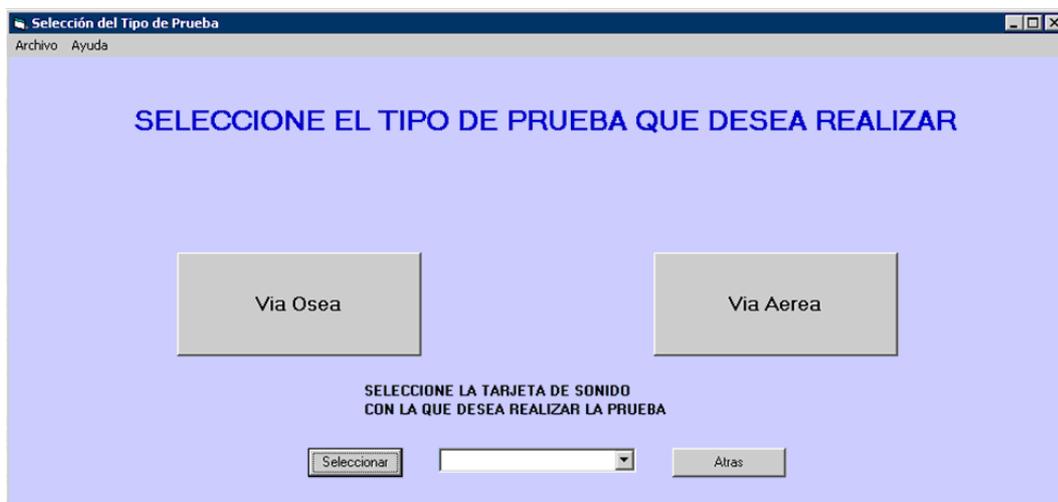
En la anterior figura; se observa la segunda opción aplicada, la cual da espacio a trabajar con un paciente antiguo y continuar con su historial ya creado.



Ventana de consulta de pacientes

En la figura anterior se observa la última función de la ventana de inicio ejecutada. Ésta permite revisar los datos de algún paciente que halla tenido una sesión de audiometría con el software anteriormente.

Una vez registrado la información del paciente, se abre una ventana que permite elegir el tipo de audiometría a realizar, tal como se puede ver en la figura a continuación.



Ventana de Selección tipo de Audiometría

Consecuentemente se muestran las frecuencias para llevar a cabo el examen por vía ósea o aérea, tal como se encuentra en las figuras siguientes.



Ventana de Selección de Frecuencias Vía ósea



Ventana de Selección de Frecuencias Vía Aérea



Ventana de ejecución de audiometría Vía Ósea



Ventana de ejecución de audiometría Vía Aérea

En las figuras anteriores, se crea el espacio para ejecutar la audiometría especificada. En estas ventanas se muestran las opciones para iniciar la reproducción de los tonos y de la misma forma la opción para volver atrás

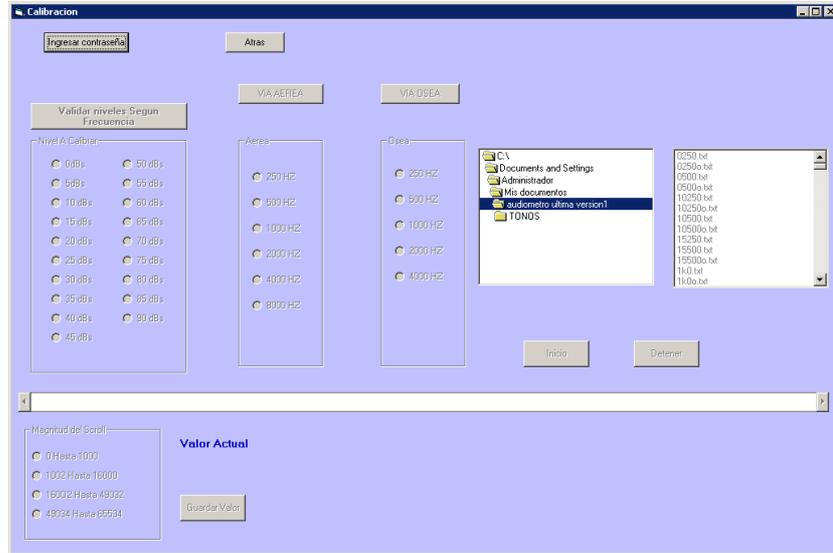
y cambiar el valor de la frecuencia. Igualmente hay un panel que permite seleccionar el nivel deseado del tono en reproducción, en caso de que el examen no se practique con incremento de nivel automático, que para el caso sería de aumento de nivel a intervalos de 5 segundos.

Finalmente, se obtienen los resultados obtenidos del examen audiométrico, tal como se puede ver en la figura siguiente. Aquí podemos manejar todos los datos y llamarlos por relaciones ya establecidas, es decir, resultados mayores, iguales o menores que un valor especificado.

The screenshot shows a software window titled "RESULTADO" with a menu bar containing "Archivo" and "Ayuda". The main area has a light blue background. At the top, it displays "Identificación: 1985" and two "HIJK" labels. Below this, there are several input fields and buttons. On the left, there are dropdown menus for "TABLAS:" (selected "examen_aereo"), "CAMPOS:", "OPERADOR:", and "VALOR:". To the right of these are two buttons: "EJECUTAR" and "Imprimir". Below the input fields, there is a "TOTAL REGISTROS:" label and an empty text box. At the bottom left, there is a table with 15 rows and 3 columns. The first column of the table is highlighted in blue.

Resultados de la Audiometría

En cuanto a la calibración del software de audiometría, en la ventana inicial se incluye una opción que permite modificar los valores en el código primario a partir de los datos introducidos. Esto cambiará los valores predeterminados del software, en cuanto a niveles y frecuencias y su valor correspondiente en código fuente, a nuevos valores aptos para la tarjeta de audio que se esté implementando en el momento. A continuación se puede observar la ventana en discusión.



Ventana de calibración del software