



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**DESARROLLO DE UNA INTERFAZ PARA LA DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE
VENTILACIÓN EN MOLDES DE AUXILIARES AUDITIVOS RETROAURICULARES**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERA BIOMÉDICA

PRESENTADO POR:

22111041 ANETH RACHEL RIVERA CABALLERO

22111108 MÓNICA SOAD SEQUEIRA RODRÍGUEZ

ASESOR: REYNA VALLE

SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.

MARZO, 2025

AGRADECIMIENTOS

A Dios en primer lugar por darme la sabiduría de poder llegar hasta donde estoy y guiarme en cada paso del camino, porque gracias a Él pude culminar todos los desafíos que se me presentaron.

A mi papá y a mi mamá por sus esfuerzos para darme una educación de calidad y ayudarme a lograr mis metas, por todo su amor y apoyo a lo largo de mi camino.

A mis hermanas por siempre motivarme, acompañarme y ser siempre esas personas en las cuales contar.

A mi novio, por su amor y apoyo en cada momento, que hizo que estos años de universidad se sintieran más tranquilos.

A mis amigos, los que estuvieron desde el principio y los que se fueron sumando, por hacer mi vida universitaria más feliz y divertida.

- **Rachel Rivera**

Quiero comenzar expresando mi más profundo agradecimiento a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la guía necesarias para superar cada desafío y culminar con éxito esta etapa de mi carrera.

A mis padres, mi eterno agradecimiento por su amor incondicional y por ser mi fuente de apoyo y motivación en cada paso de este camino. Gracias por su paciencia, sus enseñanzas y por siempre estar a mi lado, alentándome a seguir adelante.

De igual manera, quiero agradecer a mis hermanas, quienes, con su ejemplo y sabiduría, me inspiran a ser mejor cada día. Gracias por su constante apoyo y por instruirme con tanto cariño, ayudándome a crecer tanto personal como profesionalmente. Finalmente, quiero agradecer a mis amistades y a todas las personas que, con su presencia y apoyo, hicieron de mi experiencia universitaria una vivencia inolvidable y enriquecedora.

- **Mónica Sequeira**

En conjunto, quisiéramos agradecer a nuestra asesora la ingeniera Reyna Valle por todo su apoyo, paciencia y palabras de motivación a lo largo de la carrera y especialmente en esta última etapa de tesis.

A nuestras amigas y colegas Valerie Paredes y Andrea Martínez por siempre brindarnos su amistad tan sincera y amor incondicional desde el inicio de nuestra carrera.

Así mismo agradecemos a Dany Nieto por ser siempre nuestro compañero en cada reto presentado y brindarnos siempre su apoyo y paciencia.

Al ingeniero Josue Perez por su ayuda en el desarrollo del proyecto, por instruirnos y estar dispuesto a apoyarnos siempre.

Finalmente agradecemos al Dr Iván Jovel por su constante participación y apoyo en el presente proyecto.

RESUMEN EJECUTIVO

La selección del diámetro de ventilación en moldes auditivos es un factor de suma importancia para la elaboración de estos dispositivos, ya que influye en la percepción del sonido, la comodidad y la reducción de efectos adversos como la sensación de oclusión. Tradicionalmente, este proceso se ha basado en métodos manuales, lo que puede generar variaciones en los resultados y errores humanos. Ante esta problemática, el presente estudio tuvo como objetivo desarrollar y validar un software para la selección automatizada del diámetro de ventilación en moldes auditivos retroauriculares, con el fin de optimizar la personalización de los moldes.

Para evaluar la efectividad del software, se realizó un estudio con pacientes que utilizaron moldes auditivos elaborados con la herramienta desarrollada, analizando su percepción del molde mediante encuestas de satisfacción. Adicionalmente, se consultó a profesionales del área para validar la precisión y aplicabilidad clínica del software. Los resultados indicaron que la mayoría de los participantes no experimentaron efectos adversos como sensación de aislamiento o amplificación excesiva de ciertas frecuencias, lo que indica que el software brinda una selección adecuada del diámetro de ventilación. Asimismo, los especialistas destacaron su utilidad como un recurso innovador, con potencial de integración en el campo.

La implementación de este software es innovadora para la personalización de moldes auditivos, facilitando una selección más precisa y rápida del diámetro de ventilación y mejorando la percepción del sonido del paciente. Su uso en la práctica clínica y su posible integración con nuevas tecnologías podrían contribuir a la optimización de los procesos de adaptación auditiva.

Palabras clave: auxiliares auditivos, hipoacusia, moldes auditivos, software, ventilación en audífonos.

ABSTRACT

The selection of the ventilation diameter in hearing aid molds is a crucial factor in their manufacturing process, as it directly influences sound perception, user comfort, and the reduction of adverse effects such as the occlusion effect. Traditionally, this process has relied on manual methods, which can lead to variations in results and human errors. To address this issue, the present study aimed to develop and validate software for the automated selection of the ventilation diameter in behind-the-ear (BTE) hearing aid molds, optimizing the customization of these molds.

To evaluate the software's effectiveness, a study was conducted with patients who used hearing aid molds created with the developed tool, assessing their perception of the mold through satisfaction surveys. Additionally, professionals in the field were consulted to validate the software's accuracy and clinical applicability. The results indicated that most participants did not experience adverse effects such as a sense of isolation or excessive amplification of certain frequencies, demonstrating that the software provides an appropriate selection of the ventilation diameter. Furthermore, specialists highlighted its usefulness as an innovative tool with potential for integration into the field.

The implementation of this software represents a significant advancement in the personalization of hearing aid molds, enabling a more precise and faster selection of the ventilation diameter while improving the patient's sound perception. Its use in clinical practice and its possible integration with new technologies could contribute to the optimization of hearing aid adaptation processes.

Keywords: hearing aids, hearing aid molds, hearing aid ventilation, hearing loss, software.

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	3
II. ESTADO DEL ARTE	5
2.1. ANTECEDENTES	5
2.1.1. ANATOMÍA DEL OÍDO HUMANO	5
2.1.2. FISIOLÓGÍA DEL SENTIDO DE LA AUDICIÓN	8
2.1.3. PATOLOGÍAS DEL SISTEMA AUDITIVO	9
2.1.3.1. Enfermedad de Ménière	9
2.1.3.2. Timpanoesclerosis	10
2.1.3.3. Perforación Timpánica	11
2.1.3.4. Hipoacusia y pérdida auditiva bilateral	12
2.1.4. AUXILIARES AUDITIVOS	14
2.1.5. IMPORTANCIA DE LOS AUXILIARES AUDITIVOS EN LA MEJORA DE LA AUDICIÓN	16
2.1.6. CLASIFICACIÓN DE LOS AUXILIARES AUDITIVOS SEGÚN SU TECNOLOGÍA	16
2.1.7. CLASIFICACIÓN DE AUXILIARES AUDITIVOS SEGÚN SU AMPLIFICACIÓN SONORA	17
2.1.8. CLASIFICACIÓN DE LOS AUXILIARES AUDITIVOS SEGÚN SU MODELO	17
2.1.8.1. Audífono Retroauricular (BTE)	18
2.1.8.2. Audífono Intrauricular (ITE)	18
2.1.8.3. Audífono de Canal Auditivo	19
2.1.9. MOLDES DE ADAPTACIÓN AUDITIVA	21
2.1.10. EFECTOS ACÚSTICOS ASOCIADOS AL USO DE MOLDES AUDITIVOS	23
2.1.11. VENTILACIÓN	23
2.2. PROBLEMÁTICA	27
2.3. IMAGEN INTEGRADORA	30
2.4. TABLA DE LIMITANTES	31

III. OBJETIVOS	32
3.1. OBJETIVO GENERAL	32
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
IV. MÉTODOS	33
4.1. ENFOQUE	33
4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	34
4.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES.....	34
4.2.2. VARIABLES INDEPENDIENTES	34
4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	35
4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS	36
4.4.1. SOFTWARE	36
4.4.1.1. Microsoft Visual	36
4.4.1.2. Google Forms	37
4.4.2. HARDWARE	37
4.4.2.1. Moldes Auditivos	37
4.4.3. INSTRUMENTOS	38
4.4.3.1. Tabla de referencia de selección de diámetro de ventilación	38
4.4.3.2. Encuesta de satisfacción.....	39
4.5. MÉTODO DE ESTUDIO	39
4.5.1. RECOPIACIÓN DE DATOS.....	39
4.5.2. DISEÑO DEL SOFTWARE.....	40
4.5.3. IMPLEMENTACIÓN	40
4.5.4. PRUEBAS Y VALIDACIÓN	40
4.5.5. DOCUMENTACIÓN Y RESULTADOS.....	40
4.6. METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN	41

4.6.1.	PRUEBAS DE CAMPO	41
4.6.2.	SATISFACCIÓN DEL PACIENTE	41
4.6.3.	VALIDACIÓN CON EXPERTOS.....	41
4.7.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	42
4.8.	OPERACIONES DE LAS VARIABLES	43
4.9.	MATRIZ METODOLÓGICA	44
V.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	46
5.1.	RECOPIACIÓN DE DATOS	46
5.2.	DESARROLLO DEL SOFTWARE	46
5.2.1.	Creación del software.....	46
5.2.2.	Descripción y características del software	47
5.2.3.	Requisitos de Hardware y Software	50
5.2.4.	Ejecución del software.....	51
5.3.	PRUEBAS PILOTO	52
5.3.1.	PARTICIPANTES	52
5.3.2.	Elaboración de moldes auditivos	52
5.3.2.1.	Procesamiento de datos en el software	53
5.3.2.2.	Fabricación del molde auditivo con ventilación (Participante A).....	54
5.4.	PERCEPCIÓN DE PARTICIPANTES.....	59
5.6.	PRESUPUESTO DEL SOFTWARE	64
VI.	DISCUSIÓN.....	66
VII.	CONCLUSIONES.....	72
7.1.	CONCLUSIÓN GENERAL.....	72
7.2.	CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	72
VIII.	RECOMENDACIONES	73

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
---	-----------

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Oído Externo y sus partes	6
Ilustración 2. Oído Medio y sus partes	7
Ilustración 3. Oído Interno y sus partes.....	8
Ilustración 4. Oído medio con timpanoesclerosis.....	10
Ilustración 5. Perforación timpánica.....	12
Ilustración 6. Evolución de los auxiliares auditivos.....	15
Ilustración 7. Modelos de audífonos	18
Ilustración 8. Proceso tradicional de impresión de molde	22
Ilustración 9. Selección de ventilación según pérdida auditiva.....	26
Ilustración 10. Imagen Integradora	30
Ilustración 11. Variable dependiente e independientes	35
Ilustración 12. Método de Estudio.....	41
Ilustración 13. Pantalla de inicio.	47
Ilustración 14. Menú desplegable.....	47
Ilustración 15. Datos ingresados.	48
Ilustración 16. Pantalla de Resultados.....	49
Ilustración 17. Pantalla de Historial.....	49
Ilustración 18. Proceso de elaboración con software.....	51
Ilustración 19. Resultados participante A.....	53
Ilustración 20. Resultados participante B.	53
Ilustración 21. Resultados participante C.....	54
Ilustración 22. Vertido del material (Acrílico).....	54

Ilustración 23. Fresado del molde.....	55
Ilustración 24. Perforación del conducto principal.....	55
Ilustración 25. Perforación del diámetro de ventilación.....	55
Ilustración 26. Molde finalizado.	56
Ilustración 27. Vertido de material (acrílico)	56
Ilustración 28. Molde de acrílico solidificado.	57
Ilustración 29. Proceso de fresado del molde.....	57
Ilustración 30. Perforación del conducto principal.....	58
Ilustración 31. Proceso de pulido del molde.	58
Ilustración 32. Moldes ya finalizados.....	58
Ilustración 33. Percepción de la voz al hablar.	59
Ilustración 34. Percepción del bloqueo de sonidos externos.....	60
Ilustración 35. Percepción de los sonidos graves.	60
Ilustración 36. Percepción de los sonidos agudos.....	61
Ilustración 37. Percepción del sonido en espacios cerrados.	61
Ilustración 38. Percepción del sonido en espacios abiertos.	62
Ilustración 39. Percepción de los sonidos al utilizar el molde.....	63
Ilustración 40. Percepción del nivel de comodidad del molde.....	63
Ilustración 41. Encuesta de Satisfacción.....	84
Ilustración 42. Encuesta de Satisfacción.....	84
Ilustración 43. Encuesta de Satisfacción.....	85
Ilustración 44. Encuesta de Satisfacción.....	85
Ilustración 45. Encuesta de Satisfacción.....	86
Ilustración 46. Encuesta de Satisfacción.....	86
Ilustración 47. Encuesta de Satisfacción.....	87

Ilustración 48. Consentimiento informado de participación	87
Ilustración 49. Consentimiento informado de participación.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de hipoacusia	13
Tabla 2. Características de los auxiliares auditivos según su modelo.....	20
Tabla 3. Tabla de limitaciones	31
Tabla 4. Enfoque de la investigación.....	33
Tabla 5. Dimensiones del diámetro de ventilación.....	39
Tabla 6. Cronograma de actividades.....	42
Tabla 7. Operacionalización de las variables.....	43
Tabla 8. Matriz Metodológica.....	44
Tabla 9. Características del software.	50
Tabla 10. Requisitos de Hardware y Software.	50
Tabla 11. Características de los Participantes seleccionados.....	52
Tabla 12. Precios según Modelo de Venta.....	65

LISTA DE SIGLAS

NIDCD	National Institute on Deafness and Other Communication Disorders
WHO	World Health Organization
OMS	Organización Mundial de la Salud
CAE	Conducto Auditivo Externo
OPS	Organización Panamericana de la Salud
BTE	Behind The Ear
ITE	In The Ear
SLA	Stereolithography Apparatus
EM	Enfermedad de Ménière
HCE	Historial Clínico Electrónico
FHIR	Fast Healthcare Interoperability Resources
API	Application Programming Interface

GLOSARIO

1. Fotopolimerización: Es el proceso mediante el cual se emplea una luz como fuente de energía para convertir moléculas líquidas insaturadas en macromoléculas sólidas mediante polimerización (ScienceDirect, 2021).
2. Audífono Retroauricular: Consiste en un estuche de plástico resistente que se coloca detrás de la oreja y se conecta a un molde auditivo hecho de plástico moldeable que se posiciona dentro del oído externo (NIDCD, 2022).
3. Hipoacusia: Reducción de la sensibilidad auditiva (ASALE & RAE, 2025).

I. INTRODUCCIÓN

La pérdida auditiva representa un desafío significativo para la calidad de vida de quienes la padecen, afectando su comunicación, integración social y bienestar general. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), más del 5% de la población mundial sufre de una pérdida auditiva discapacitante, y se estima que para 2050 esta cifra podría alcanzar los 2,500 millones de personas. En este contexto, el uso de auxiliares auditivos ha demostrado ser una solución efectiva para mitigar los efectos de la pérdida auditiva, permitiendo mejorar la percepción del sonido y la interacción con el entorno.

Dentro de los componentes esenciales de un auxiliar auditivo se encuentran los moldes auditivos, los cuales deben adaptarse de manera precisa al canal auditivo del usuario para garantizar comodidad y un adecuado rendimiento acústico. Un aspecto clave en el diseño de estos moldes es la ventilación, cuya selección incorrecta puede generar efectos adversos como la sensación de oclusión, retroalimentación acústica y alteraciones en la amplificación del sonido. La determinación del diámetro de ventilación se ha realizado tradicionalmente mediante tablas de referencia, lo que puede llevar a errores humanos en la selección y afectar la experiencia del usuario.

Dada la necesidad de optimizar este proceso, el presente estudio propone el desarrollo de un sistema automatizado para la determinación del diámetro de ventilación en moldes de auxiliares auditivos retroauriculares. A través de la implementación de software especializado, se busca reducir los errores humanos en la selección de la ventilación y mejorar la eficiencia del proceso de fabricación de moldes auditivos. Este enfoque permitirá ofrecer una solución más precisa y personalizada para cada paciente, asegurando una mejor adaptación y desempeño del audífono.

El estudio se estructurará en varios capítulos. En el capítulo II, se presentará un estado del arte que abarca los antecedentes sobre la anatomía del oído, la fisiología del sistema auditivo, las patologías relacionadas con la pérdida auditiva y la importancia de los auxiliares auditivos en la rehabilitación auditiva. Además, se abordará la problemática asociada a la determinación del diámetro de ventilación en moldes auditivos. En el capítulo III, se establecerán los objetivos generales y específicos del estudio, definiendo la dirección de la investigación. El capítulo IV describirá la metodología utilizada para el desarrollo del sistema

automatizado, incluyendo el enfoque de estudio, las variables de investigación, los instrumentos empleados y el método de validación del software. Posteriormente, en el capítulo V, se presentarán los resultados obtenidos tras la implementación y prueba del sistema. Finalmente, los capítulos VI y VII incluirán las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

Este proyecto contribuirá significativamente a la mejora del proceso de fabricación de moldes auditivos mediante la incorporación de herramientas tecnológicas que optimicen la selección de ventilación. Su aplicabilidad se extiende a clínicas auditivas, laboratorios de audioprótesis y profesionales del área, quienes podrán contar con un sistema más preciso y eficiente para garantizar una mejor experiencia auditiva a los pacientes. Además, su versatilidad permitirá su integración en futuras investigaciones y distintas plataformas. A través de esta investigación, se espera demostrar que la automatización en la selección del diámetro de ventilación representa un avance clave en la adaptación de auxiliares auditivos, beneficiando tanto a los especialistas como a los usuarios finales.

II. ESTADO DEL ARTE

A continuación, se describen los antecedentes que contextualizan la anatomía del oído humano, su fisiología, las patologías del sistema auditivo y sus tratamientos tradicionales. De igual manera, se dan a conocer los tipos de auxiliares auditivos, su elaboración y la importancia de la ventilación en un molde auditivo. Se presentará la problemática que justifica la necesidad de un sistema para determinar el diámetro de ventilación en los moldes auditivos, junto con la imagen integradora y el cuadro de limitaciones.

2.1. ANTECEDENTES

A lo largo de la vida de una persona, se puede visualizar su trayectoria auditiva, siendo esta la capacidad auditiva que se tiene en cualquier momento, esta depende de la capacidad auditiva al nacer y factores que influyen a lo largo del curso de la vida (OPS, 2021). Por lo tanto, existen diversas patologías del sistema auditivo que afectan diferentes regiones del oído, pero en la presente investigación se pone énfasis en la pérdida auditiva. La pérdida de la audición se determina cuando el umbral de audición de una persona es mayor a 20dB (OMS, 2024).

2.1.1. ANATOMÍA DEL OÍDO HUMANO

El oído humano es un órgano sensorial que permite escuchar y ayuda a mantener el equilibrio (Rodrigo, 2023). Este órgano sensorial capta las vibraciones convirtiéndolas en sonidos con significado, captando las ondas sonoras y transformándolas en impulsos nerviosos que son procesados por el cerebro (Silván, 2020). Por lo tanto, el oído es fundamental para la comunicación y el control del espacio circundante de cada persona. El oído humano, anatómicamente se divide en oído externo, oído medio y oído interno.

El oído externo es el primer órgano acústico encargado de captar y conducir los sonidos a la membrana timpánica, compuesto por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo (NIDCD, 2022). Como menciona Navarro (2023), el pabellón, también conocido como pinna, es un tejido que está unido al cráneo y situado a los laterales de la cabeza, capturando así los sonidos del exterior.

Al pasar el conducto auditivo externo, se encuentra la membrana timpánica, también conocida como tímpano. Por lo tanto, la membrana timpánica actúa como barrera protectora del oído medio y el oído interno, tiene un diámetro de aproximadamente 1cm, ovalada y una estructura similar a un embudo (Lagos Villaseca et al., 2020). Las ondas sonoras que entran al oído golpean con la membrana timpánica haciendo que esta genere vibraciones (NIDCD,

2022), siendo estas vibraciones las que llegan al oído medio, conectando el oído externo con el oído medio. En la Ilustración 1 se observa el oído externo con cada una de sus partes señaladas.

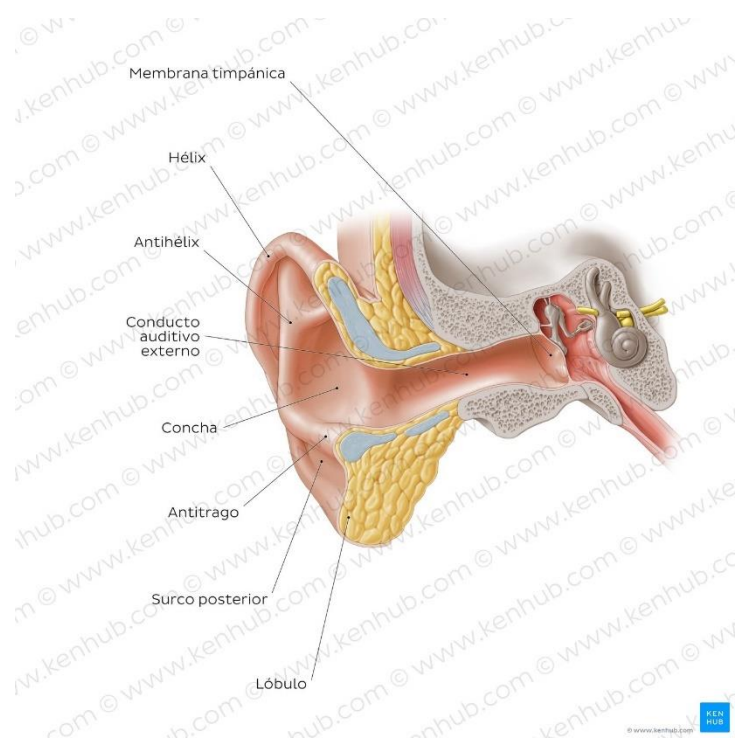


Ilustración 1. Oído Externo y sus partes

Fuente: (Navarro, 2023)

El oído medio es parte del hueso temporal, hueso que está ubicado en la parte lateral inferior del cráneo y contiene el oído medio y el oído interno (Jones, 2022). Por lo tanto, el hueso temporal es una parte fundamental de la estructura del oído humano.

La cavidad timpánica es la que contiene los tres huesecillos auditivos, los cuales son: el martillo, yunque y estribo (AudioCardio, 2020). Según Hayes (2023), estos huesecillos sirven para transmitir las vibraciones generadas por la membrana timpánica a la ventana oval. Por lo tanto, los huesecillos provocan que la ventana oval se logre comunicar con el oído interno. Se presenta el oído medio con cada una de sus partes en la ilustración 2.

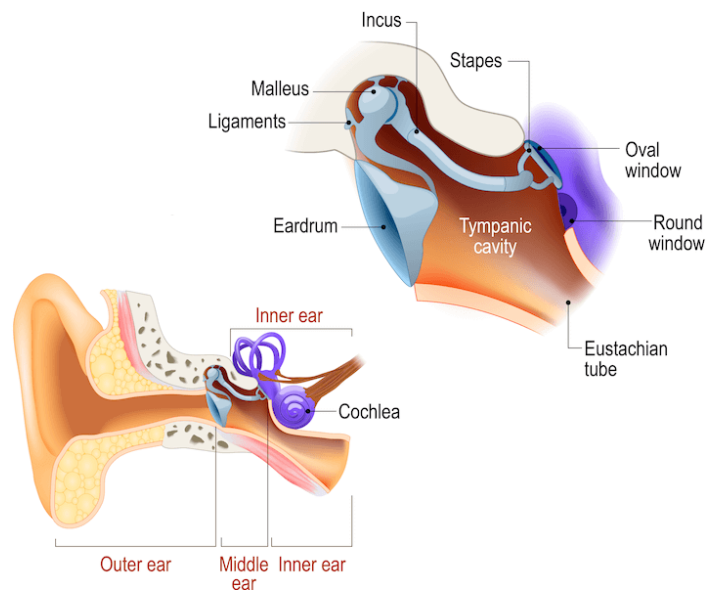


Ilustración 2. Oído Medio y sus partes

Fuente: (AudioCardio, 2020)

El oído interno está formado por un conjunto de cámaras a las que se les conoce como laberinto óseo, ubicado en la parte interna del hueso temporal. El laberinto óseo se subdivide en la cóclea, el vestíbulo y los canales semicirculares (Lagos Villaseca et al., 2020). Existe un nervio que conecta la cóclea y el vestíbulo con el encéfalo llamado nervio vestibulococlear que transmite las señales de sonido y señales de equilibrio al cerebro (Hamiter, 2023). Por lo tanto, el oído interno es el encargado de transmitir las señales de sonido y de equilibrio para ser procesadas por el cerebro mediante impulsos eléctricos.

La cóclea tiene una forma peculiar, como de caracol y se divide en dos cámaras mediante una membrana, cada una de las cámaras contiene líquido llamado endolinfa que genera vibraciones cuando ingresa el sonido y provoca vibración en los filamentos pequeños que cubren la membrana, estos generan impulsos eléctricos que son transmitidos al cerebro (McGovern Medical School, 2014). Luego, está presente el vestíbulo que es la parte que conecta la cóclea con los conductos semicirculares (o canales semicirculares). Estos conductos semicirculares son los responsables de mantener el equilibrio debido a que envían información al cerebro acerca del movimiento y de la posición de la cabeza con respecto a la gravedad del mundo externo (Van De Water, 2012). Los conductos semicirculares son parte del vestíbulo, por lo tanto, ambos son responsables del equilibrio. Para tener una mejor visualización de lo que compone al oído interno, en la ilustración 3 se identifican cada una de sus partes.

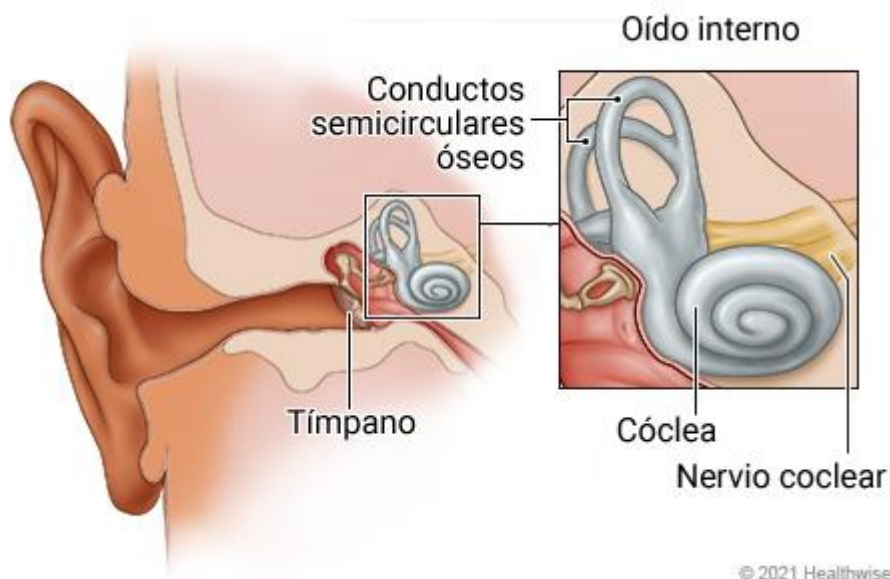


Ilustración 3. Oído Interno y sus partes

Fuente: (Ignite Healthwise, 2021)

2.1.2. FISIOLÓGÍA DEL SENTIDO DE LA AUDICIÓN

La fisiología de la audición abarca el funcionamiento del oído externo, medio e interno, y también el del sistema nervioso que se encarga de la audición (Letelier & San Martín, 2020). En el oído externo, la membrana timpánica está conectada con los huesecillos ubicados en el oído medio que conectan con el laberinto membranoso de la cóclea, por lo tanto, cualquier vibración sonora que se presente en el centro de la membrana timpánica, en específico en el músculo tensor del tímpano, sean transmitidas a los huesecillos. Es por esto que la membrana timpánica y los huesecillos generan un ajuste de impedancias, facilitando la transmisión de las ondas sonoras del aire a las vibraciones que se presentan en el líquido de la cóclea debido a los huesecillos (Hall & Hall, 2021).

Las vibraciones presentes en el líquido se transmiten por una oscilación de presión, el movimiento generado se desplaza a la membrana basilar, ubicada en el oído medio, junto a sus células ciliadas, según la frecuencia del sonido. La activación de las células ciliadas constituye la base de la tonotopía, el principio que en los humanos permite captar frecuencias de 20-20kHz de rango audible. Las células ciliadas internas funcionan como sensores mecánicos, transforman el movimiento del líquido en la cóclea en un potencial receptor, lo que corresponde al proceso de transducción del estímulo y constituye el primer nivel neuronal del sistema auditivo (Milenkovic et al., 2020).

En la cóclea se encuentran más células ciliadas externas que internas, pero el 90% de las fibras del nervio coclear se estimulan por las células ciliadas internas, por lo tanto, son las principales responsables de transmitir las señales auditivas al cerebro. Sin embargo, las células ciliadas externas son responsables del control de la sensibilidad de las células internas, por lo que cualquier lesión en las células externas puede producir una hipoacusia significativa (Hall & Hall, 2021). Por lo tanto, el cuidado de cualquier parte del oído es esencial para prevenir posibles alteraciones en la audición.

2.1.3. PATOLOGÍAS DEL SISTEMA AUDITIVO

Existen infinidad de patologías que pertenecen al sistema auditivo, pero las más frecuentes, según Audika (2022) son la enfermedad de Ménière, timpanoesclerosis, perforación timpánica, la hipoacusia y la pérdida auditiva bilateral. Cada una de estas afecta el día a día del ser humano que lo padece, por esto es importante conocer de estas enfermedades y la manera en que son tratadas estas enfermedades actualmente.

2.1.3.1. *Enfermedad de Ménière*

La enfermedad de Ménière (EM) es una enfermedad que se presenta en oído interno, sus síntomas siendo ataques de vértigo, pérdida auditiva y zumbidos en los oídos (Sáenz et al., 2023a). Menciona Maset (2023) que la enfermedad de Ménière fue descrita por el médico de procedencia francesa Prosper Ménière en el año 1861, a la cual también se le denomina hidropesía endolinfática. El Instituto Nacional de la Sordera y Otros Trastornos de la Comunicación (NIDCD) (2010) afirma que la enfermedad puede presentarse en cualquier etapa de la vida de una persona, pero es más frecuente en adultos mayores a 40 años y se calculó que en el año 2010 habían alrededor de 615,000 personas que fueron diagnosticadas con la EM y que se diagnostican 45,500 casos cada año. Por lo tanto, en base a lo que informa la NIDCD, para el año 2025 deben haber 1,252,000 de personas diagnosticadas con EM.

Los pacientes suelen presentar desequilibrio, pero no en todos los casos, únicamente se presenta en un 15% de los casos. Otro síntoma de la EM son los acúfenos, que son zumbidos en el oído, estos pueden ser constantes o variables en intensidad o tono (Sáenz et al., 2023). Estos síntomas son los más habituales presentes en un caso de EM, pero los síntomas y las intensidades de estos puede variar dependiendo del paciente.

Debido a que la EM no tiene cura, esta se puede controlar con diferentes tratamientos, siendo estos medicamentos, restricción de sal y uso de diuréticos, cambios en la alimentación, cambios en el comportamiento, terapia cognitiva, inyección de antibióticos y tratamiento con pulsos de presión (NIDCD, 2010). Cada uno de estos tratamientos va a depender del grado de intensidad de la enfermedad y de las recomendaciones del doctor.

2.1.3.2. *Timpanoesclerosis*

La timpanoesclerosis es la formación de diversas cicatrices en la membrana timpánica debido a infecciones, lesiones o cirugías, es una condición postinflamatoria que afecta el oído medio y la membrana timpánica. También existe la timpanoesclerosis que solo afecta la membrana timpánica, a la cual los médicos le llaman miringosclerosis (Ewumi, 2023). Según Mansour et al. (2018), actualmente, se reconoce de manera general que la timpanoesclerosis consiste en una degeneración hialina que afecta la capa fibrosa de la membrana timpánica y la membrana basal de la mucosa del oído medio. La timpanoesclerosis fue descubierta por Cassebohm en 1734, se les llamaba “manchas calcáreas” en la membrana timpánica (Aristizábal & Bonilla, 2021). La Ilustración 4 muestra el aspecto del oído, destacando las diferentes marcas blancas características de la timpanoesclerosis en los pacientes.

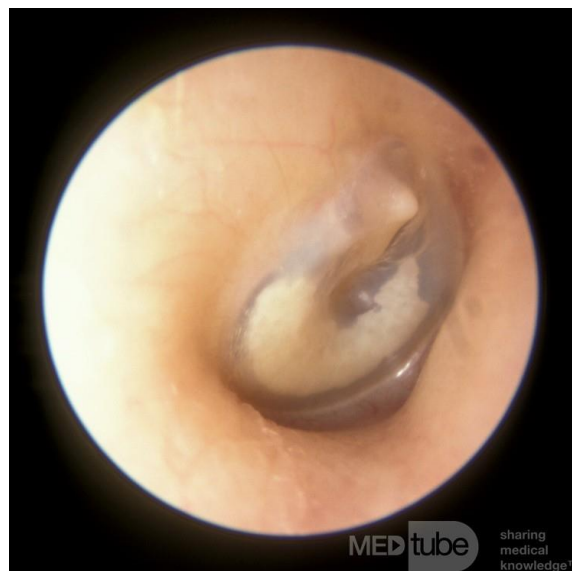


Ilustración 4. Oído medio con timpanoesclerosis

Fuente: (Hawke, 2021)

La incidencia clínica de timpanoesclerosis está entre el 5% y el 10% en pacientes con antecedentes de otitis media crónica, pero solo el 6% de ellos reporta pérdida de audición y

la mitad de estos casos presentan la enfermedad en ambos oídos. La timpanoesclerosis es más frecuente en personas mayores de 40 años, con un porcentaje del 86.7%. Además, su prevalencia aumenta con la edad, siendo más común en grupos etarios avanzados (Mansour et al., 2018). Esto brinda una idea de la prevalencia de la timpanoesclerosis, permitiendo a los médicos anticipar su aparición en pacientes con antecedentes de infecciones del oído medio y diseñar estrategias para su manejo adecuado.

Los tratamientos que se tienen para esta enfermedad según Domínguez (2024) dependen de los síntomas que se presenten y la gravedad de la afección. Cuando la afección es muy avanzada, se recomienda el uso de audífonos que ayudan a amplificar el sonido y mejoran la audición, ya que el síntoma principal de la timpanoesclerosis es la pérdida auditiva, pero también se puede llegar a experimentar acúfenos. Cuando estos síntomas llegan a ser muy avanzados, existe la posibilidad que sea necesario un procedimiento quirúrgico que se conoce como timpanoplastia.

2.1.3.3. Perforación Timpánica

Entre 2011 y 2016, el número de casos registrados de perforación del tímpano en España aumentó en gran cantidad, pasando de 24,672 casos en 2011 a 101,728 casos en 2016, lo que evidencia una tendencia creciente en la incidencia de esta condición con el paso de los años. Yagual Mosquera et al. (2023) menciona que la perforación timpánica es una condición que afecta directamente a la membrana timpánica, la cual es vital para la audición. Cuando ocurre una perforación del tímpano, se crea un agujero en la membrana timpánica y esto puede afectar la audición del paciente y presentar otros síntomas. Los síntomas pueden ser dolor de oído, secreción con pus saliendo del oído, acúfenos, sensación de vértigo y náuseas o vómitos. Si la perforación del tímpano no sana luego de tres meses, existe la posibilidad que se presenten diversas complicaciones como ser la pérdida auditiva, una infección del oído medio y en otros casos se puede desarrollar un colesteatoma que se refiere a un quiste del oído medio (Mayo Clinic, 2022). Por lo tanto, ante la aparición de cualquiera de los síntomas mencionados, es fundamental consultar con un médico para recibir un diagnóstico y tratamiento oportunos.



Ilustración 5. Perforación timpánica

Fuente: (Villacis, 2022)

En la ilustración 5 se observa la perforación de la membrana timpánica, haciendo que la barrera entre el oído externo y el oído medio se rompa. El tratamiento que usualmente se brinda para esta condición puede variar desde la simple observación hasta intervenciones quirúrgicas, como la timpanoplastia, aunque con frecuencia surgen dificultades en la cicatrización o recaídas. Por lo que la ingeniería de tejidos y las terapias avanzadas representan alternativas innovadoras, al emplear biomateriales y/o células que promueven la regeneración del tejido dañado (Díaz Rodríguez & Martín Piedra, 2024).

2.1.3.4. Hipoacusia y pérdida auditiva bilateral

Según Maita (2021) la hipoacusia es la disminución en la habilidad de escuchar, lo que dificulta el aprendizaje del lenguaje oral mediante el sentido auditivo. La hipoacusia puede ser congénita, pero también adquirida por diversos factores y esta se puede presentar en un solo oído o en ambos, al estar presente en ambos lleva a la pérdida auditiva bilateral.

La hipoacusia consta de dos tipos: de conducción y neurosensorial. La hipoacusia de conducción es el resultado de una disfunción mecánica en el oído externo o medio que afecta la transmisión de las vibraciones sonoras en el oído medio al oído interno. Este fenómeno se puede presentar por diversos factores, los cuales pueden ser un tapón de cerumen, derrame en el oído medio, perforaciones timpánicas, pérdida de continuidad de los huesecillos, entre otros (Kozin & Lustig, 2024).

Por otro lado, está la hipoacusia neurosensorial que ocurre cuando existe un daño en las células sensoriales que pertenecen al oído interno. Este tipo afecta la capacidad de escuchar

sonidos con nitidez, lo que provoca que las conversaciones sean confusas o que algunos tonos parezcan no estar presentes. La hipoacusia sensorial se puede desarrollar gradualmente, pero algunas de las causas pueden ser: envejecimiento, ruidos fuertes, infecciones y enfermedades, genética, entre otras (Cadrecha, 2024).

Según la OMS (2024) la pérdida de audición suele ser más común en adultos mayores, más del 25% de las personas mayores de 60 años experimentan una pérdida auditiva discapacitante. Es por esto, que el tratamiento de la hipoacusia puede ser mediante implantes cocleares, terapias de rehabilitación y una de las soluciones más efectivas es el uso de audífonos o auxiliares auditivos (Cadrecha, 2024). Como mencionan Cadernil M. et al. (2021), el uso de audífonos no depende de la edad, deterioro funcional o medicamentos. Es crucial asesorar a los pacientes, ya que sus percepciones y expectativas son clave para adquirirlos y mantener su uso. En conclusión, el tratamiento de la hipoacusia en adultos mayores no solo debe centrarse en las opciones disponibles, como los audífonos, sino también en brindar un adecuado acompañamiento y orientación. Esto asegura que los pacientes comprendan los beneficios reales y se sientan motivados a utilizarlos.

La hipoacusia también se puede dividir según su intensidad o nivel, lo que permite identificar el grado de pérdida auditiva. En la Tabla 1, se da a conocer los diferentes niveles que se presentan en la hipoacusia, de acuerdo con Domínguez (2023), se divide en leve, moderada, severa y profunda.

Tabla 1. Niveles de hipoacusia

Nivel	Decibeles	Características
<i>Leve</i>	21-40dB	Dificultad para escuchar sonidos suaves.
<i>Moderada</i>	41-70dB	Dificultad para la distinción de sonidos y conversaciones. Se escuchan sonidos, pero no se logran entender.
<i>Severa</i>	71-79dB	No se puede tener una conversación sin ayuda de auxiliares auditivos. Solo se escuchan sonidos muy fuertes.
<i>Profunda</i>	Mayores a 80dB	La pérdida total de la audición, también conocida como cofosis o sordera.

Fuente: elaboración propia.

Debido a que la pérdida auditiva varía en cada persona, es fundamental que la adaptación del audífono sea personalizada, asegurando que se ajuste perfectamente a las necesidades específicas de cada paciente.

2.1.4. AUXILIARES AUDITIVOS

Un auxiliar auditivo o audífono es un aparato electrónico que se usa dentro o detrás de la oreja. Este se encarga de amplificar ciertos sonidos, con el objetivo de poder oírlos con mayor facilidad (NIDCD, 2022). Muchos estudios demuestran que la implementación de este tipo de tecnología aumenta la capacidad del usuario para diferenciar, detectar y localizar el sonido, lo cual mejora el reconocimiento de voz, la salud, y por ende, la calidad de vida (Liu et al., 2023). Estos dispositivos le permiten al usuario poder desenvolverse de forma más eficiente en su entorno, superando las limitaciones auditivas que afectan su vida cotidiana.

El desarrollo de los audífonos ha recorrido un largo camino para llegar a su estado actual, consolidándose como una de las principales soluciones para las personas con pérdida auditiva. La ilustración 6 muestra la evolución histórica que han tenido los auxiliares auditivos, desde los primeros dispositivos acústicos rudimentarios hasta las soluciones digitales que existen en la actualidad. Hasta 1947, los audífonos eran pesados y solo se utilizaban en el cuerpo, pero la invención del transistor trajo consigo un cambio en los audífonos debido a su asequibilidad, tamaño reducido y bajo consumo de energía, lo cual resultó en una disminución del tamaño de los audífonos (ur Rehman et al., 2016). Uno de los primeros audífonos que se podían utilizar casi invisibles fue inventado en la década de 1950 por Otariion Electronics, el cual consistía en unas gafas que integraba la electrónica en las patillas de esta (Valentinuzzi, 2020). Conforme la tecnología avanzó con el circuito integrado y las baterías de zinc-aire, mejoraron tamaño y rendimiento, logrando a finales del siglo XX importantes innovaciones en audífonos ITE, ITC y CIC (Hatzopoulos & Ciorba, 2018). Estos avances mejoraron tanto el diseño como rendimiento de estos dispositivos, impulsando mayores innovaciones en los años siguientes hasta la actualidad.

EVOLUCIÓN DE LOS AUXILIARES AUDITIVOS

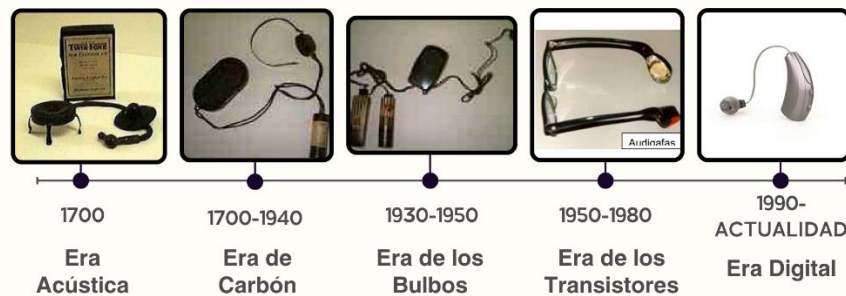


Ilustración 6. Evolución de los auxiliares auditivos

Fuente: Elaboración propia basada en (Olmo Cordero, 2005) y (AUDEX, 2022).

Hoy en día, existen diversos tipos de auxiliares auditivos, sin embargo, la mayoría contienen las mismas partes, variando principalmente en su diseño físico y sus funciones. Un audífono cuenta con tres partes básicas para su adecuado funcionamiento: un micrófono, un amplificador y una bocina (receptor). El dispositivo recibe los sonidos a través de un micrófono, el cual convierte las ondas sonoras en señales eléctricas. Estas señales son enviadas a un amplificador para aumentar su intensidad y amplitud, siendo transmitidas al oído mediante una bocina (NIDCD, 2022). Como se menciona anteriormente, esta es la manera en la que la mayoría de los audífonos funcionan en la actualidad, sin embargo, factores como la ergonomía del paciente y las distintas configuraciones personalizadas disponibles en el mercado, ha hecho posible que estos dispositivos funcionen de forma más eficiente. Incluso, hoy en día, los auxiliares auditivos también incorporan características que no están vinculadas al conjunto de herramientas de procesamiento de señales digitales, las cuales permiten mejorar la audibilidad y la comprensibilidad del habla (Saleh, 2022). Estas características se centran en el aspecto físico del audífono y la forma de este, y el hecho de que hoy en día es posible la conexión a bluetooth y a teléfonos inteligentes para configurar de manera personalizada el audífono, acoplándose a las necesidades específicas del usuario.

2.1.5. IMPORTANCIA DE LOS AUXILIARES AUDITIVOS EN LA MEJORA DE LA AUDICIÓN

La pérdida auditiva, tercera causa mundial de discapacidad y asociada con una peor calidad de vida, se trata con auxiliares auditivos, no obstante, las tasas de adopción y uso de estos dispositivos siguen siendo bajas (Liu et al., 2023). Sin embargo, el no tratar esta discapacidad puede afectar a gran escala la salud física y mental de estos pacientes, convirtiéndose en un obstáculo en su día a día. La pérdida auditiva no tratada afecta la comunicación y puede aportar al aislamiento social y la pérdida de autonomía, con ansiedad, depresión y deterioro cognitivo (WHO, 2017). Es por ello que la adopción de un auxiliar auditivo es esencial para tratar esta minusvalía, con el objetivo de poder mejorar la calidad de vida del paciente y que este pueda continuar su vida cotidiana de una mejor manera.

El uso habitual de un auxiliar auditivo (más de 8 horas al día) mejora la audición de las personas para una mejor comunicación en comparación con aquellas que tienen menos tendencia a utilizar estos dispositivos (Zafar et al., 2021). Los auxiliares auditivos suponen una ayuda a los usuarios para socializar, facilitando su participación en actividades grupales y mejorar sus relaciones, ya que se considera que las personas con discapacidad auditiva que utilizan audífonos tienen mayor autoconfianza (Kateifidis et al., 2016). El uso de estos dispositivos mejora de manera creciente la calidad de vida de los pacientes, siendo una solución directa para tratar la pérdida auditiva, lo cual indirectamente favorece la salud mental del usuario. Para ello, es importante que, al momento de adquirir un auxiliar auditivo, este se acople a las necesidades del paciente y sea ergonómico, con el que objetivo de brindarle seguridad y comodidad al momento de utilizarlo. Es por eso que actualmente se cuenta con una gran diversidad de modelos y variantes de audífonos que cubren esas necesidades específicas de cada persona.

2.1.6. CLASIFICACIÓN DE LOS AUXILIARES AUDITIVOS SEGÚN SU TECNOLOGÍA

Los distintos parámetros de amplificación de salida de un audífono pueden manipularse de forma manual mediante control de regulación o de manera computarizada por medio de programas específicos (Abal & Lissin, 2010). Por lo tanto, los auxiliares auditivos se pueden clasificar según su tecnología, como análogos o digitales. Los audífonos análogos poseen características acústicas dictadas por el fabricante, las cuales durante el proceso de adaptación pueden regularse y fijarse, de forma "manual" por el audiólogo protésico (Rouco

et al., 2016). En contraste, los audífonos digitales cuentan con características tecnológicas comunes, como la comprensión, multicanal que permiten un ajuste independiente de amplificación en varias bandas de frecuencia; micrófonos direccionales; y algoritmos de reducción de ruido (Ayala Balseca & Zambrano Moya, 2019). En la actualidad los audífonos digitales son los más utilizados debido a sus ventajas tecnológicas, sin embargo, ambos tipos brindan características altamente funcionales, las cuales permiten al usuario utilizar su audífono de manera fácil y eficiente.

2.1.7. CLASIFICACIÓN DE AUXILIARES AUDITIVOS SEGÚN SU AMPLIFICACIÓN SONORA

Una de las clasificaciones de los auxiliares auditivos es por su amplificación sonora, la cual puede ser una amplificación lineal o una comprimida. La amplificación lineal se refiere a una amplificación de relación constante, en donde, por ejemplo, si la entrada aumenta el sonido por cada 10 decibeles (dB), lo mismo sucede con la salida, hasta llegar a su punto de saturación (Orellana P. & Torres U., 2003). En cambio, la amplificación comprimida ocurre cuando la señal de salida se mantiene dentro de una amplitud predefinida para incrementos específicos de la señal de entrada, amplificando linealmente los sonidos de baja intensidad (Wainerman & Wainerman, 2010). Este tipo de clasificación permite adaptar el sonido a las necesidades específicas de cada paciente, donde la amplificación lineal funciona mejor para la pérdida auditiva leve a moderada y la amplificación comprimida, para una pérdida auditiva severa a profunda, debido a las características mencionadas anteriormente.

2.1.8. CLASIFICACIÓN DE LOS AUXILIARES AUDITIVOS SEGÚN SU MODELO

En la actualidad existen múltiples dispositivos de asistencia auditiva que varían en tamaño y diseño, entre otras características, las cuales se acoplan a las necesidades y preferencias de cada usuario. Al seleccionar un modelo de audífono, este se relaciona con el tipo y magnitud de la pérdida auditiva, así como también, la preferencia estética y la destreza manual para manejar la prótesis (Der, 2016). Una las clasificaciones principales de estos dispositivos son por su tamaño, el sitio donde se colocan (detrás de la oreja o dentro del oído) y grado de amplificación de sonido (NIDCD, 2022). La ilustración 7 muestra los tipos de audífonos más comunes en el mercado, los cuales le brindan al paciente una amplia variedad de auxiliares auditivos, permitiéndole seleccionar el adecuado para su contexto y sus preferencias.



Ilustración 7. Modelos de audífonos

Fuente: (NIDCD, 2022)

2.1.8.1. Audífono Retroauricular (BTE)

Un audífono retroauricular se refiere a un auxiliar auditivo que va ubicado detrás de la oreja y se conecta mediante un codo plástico al molde de oído. Este tipo de audífonos cuenta con una amplia variedad de estilos, tamaños y configuraciones para pérdidas auditivas leves a profundas (Abal & Lissin, 2010). Así mismo, existe una adaptación abierta a este tipo de audífono llamado audífono "mini" retroauricular. En este modelo, un mini tubo fino, sutil y transparente se inserta dentro del canal auditivo con un cono de diferentes tamaños (Open o Plus) según las dimensiones del CAE y el nivel de pérdida auditiva del paciente (Pasik, 2010). El modelo BTE es uno de los audífonos con mayor aceptación por parte de los pacientes debido a sus características y su buen rendimiento, sin embargo, este modelo es más visible en comparación a los ubicados dentro del oído.

2.1.8.2. Audífono Intrauricular (ITE)

Los audífonos intrauriculares se acoplan en la entrada del CAE. En este modelo los componentes electrónicos del audífono se ubican en la carcasa que se lleva en el oído y aborda pérdidas auditivas de leves a severas (Portella, 2024). Este modelo suele tener un tamaño y fabricación personalizada, ya que van dentro del oído externo. Sin embargo, no cubre pérdidas

graves ya que no cuenta con características de potencia y amplificación necesarias (Eugenio Peña & Rativa Yepes, 2017). No obstante, este tipo de modelo se considera estéticamente superior, debido a que su tamaño es menor al de un BTE, lo que los hace menos visibles, por lo cual es bastante utilizado. Es importante mencionar que, este tipo de audífono puede venir con accesorios ya instalados como ser un sistema de bobina telefónica. Esta bobina permite al usuario recibir sonidos a través de los circuitos del audífono, y no a través de su audífono, lo cual facilita el escuchar conversaciones telefónicas (NIDCD, 2022). Este tipo de funciones permiten que el audífono tenga un mejor desempeño, facilitando las actividades diarias del usuario.

2.1.8.3. *Audífono de Canal Auditivo*

Este modelo se coloca dentro del oído, no posee tubos externos, son livianos y se hacen a la medida. Se dividen en intracanales (ITC) y los completamente insertados en el canal (CIC) (Orellana P. & Torres U., 2003). Debido a su ergonomía, estos son adaptados dentro del CAE, y canalizan el sonido directamente al tímpano dentro del CAE (recomendado para personas con pérdida auditiva leve a severa) (Bizama Campos & Vergara Ruiz, 2020). Debido a su tamaño y características, este tipo de modelo es preferible por los usuarios, sin embargo, esta elección se evalúa de acuerdo a la pérdida auditiva, edad y preferencias de la persona.

Los audífonos varían en diseño y estructura, pero cada uno es eficiente para tratar la pérdida auditiva. La tabla inferior muestra sus diferencias en tamaño ubicación y uso. Aunque cada modelo difiere del otro, no obstante, cada uno de estos modelos presenta un buen rendimiento según su aplicación, ya que la selección de estos depende de factores como la edad, comodidad y necesidades del paciente. Además, los audífonos actuales son capaces de adaptarse a diferentes entornos de escucha y conectarse con otros dispositivos electrónicos, adaptándolo a las necesidades auditivas del usuario (Valentinuzzi, 2020). Paralelamente, se están realizando investigaciones de cómo integrar procesamiento de señales en audífonos, utilizar tecnología computarizada para su diseño y mejorar la transmisión de sonido, reduciendo interferencias y el efecto de oclusión (NIDCD, 2022).

Tabla 2. Características de los auxiliares auditivos según su modelo

Modelo	Características	Aplicación	Patología asociada	Rango de edad	Cita
Audífono retroauricular (BTE)	<ul style="list-style-type: none"> - Se ubica detrás de la oreja. - Son adaptados con moldes auditivos. - Amplia selección de valores de amplificación. 	Pérdida auditiva severa a profunda	Hipoacusia severa a profunda	Apto para niños y adultos	(Orellana P. & Torres U., 2003)
Audífono intrauricular (ITE)	<ul style="list-style-type: none"> - Acoplado en la entrada del CAE. - Más pequeño que el modelo BTE. 	Pérdida auditiva leve a severa	Hipoacusia leve a severa	Preferible para adultos	(Portella, 2024)
Audífono de canal auditivo	<ul style="list-style-type: none"> - Se adaptan dentro del CAE. - Dirigen el sonido directamente hacia el tímpano. 	Pérdidas auditivas leve a severa	Hipoacusia leve a severa	Recomendado para adultos y en ciertos casos adolescentes	(Bizama Campos & Vergara Ruiz, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

2.1.9. MOLDES DE ADAPTACIÓN AUDITIVA

El molde es un dispositivo de silicona o acrílico realizado a la medida del CAE del paciente. Su principal función es guiar el sonido desde la carcasa hasta el tímpano en los modelos que así lo requieren (Lérida Jimenez & Sotillo Viejo, 2024). Para realizar un molde se debe tomar una impresión para que el molde sea hecho a la medida, debido a que son los más adecuados porque tienen la forma del conducto y de la concha del paciente (Montes, 2020). Por lo tanto, el molde auditivo es igual de importante que el propio audífono. Hasta el mejor audífono puede perder su cualidad, sin una pieza a medida correctamente adaptada y conforme a las características morfológicas del CAE del paciente (Portella, 2024). Un diseño deficiente en el molde acústico puede provocar un mal desempeño en el audífono, y consecuentemente generarle problemas al paciente, es por ello la importancia de considerar los diversos elementos y características del molde específico para cada persona.

Los moldes acústicos, así como los audífonos, tienen sus distintas clasificaciones, con el objetivo de brindar una óptima funcionalidad y comodidad hacia el paciente. Una de las clasificaciones se basa en su forma, y entre ellas se encuentra el molde de concha, el cual proporciona un ajuste firme ocupando toda la concha del pabellón auricular, y brinda gran estanqueidad y ganancia (Ortega Corredor, 2023). También existe un modelo llamado media concha, el cual es similar al de concha, pero en este se elimina la parte del hélix. Un segundo tipo de molde es el de esqueleto, el cual mantiene el ajuste del modelo de concha, pero mejora la ventilación del oído debido a su concha hueca (Interton, 2017). Un modelo derivado de este es el semi-esqueleto, el cual omite porciones de la concha y reduce vibraciones al eliminar material externo, siendo ideal para pérdidas auditivas que conservan graves y tienen perfiles descendentes hacia los agudos (Montes, 2020). Un tipo de molde adicional es el de canal, el cual se coloca en la zona del CAE. Esta variedad de modelos le permite al usuario una combinación de ergonomía y comodidad, adaptándose a sus necesidades específicas.

Una segunda clasificación de moldes acústicos es según su material, el cual, como se menciona anteriormente, puede ser de acrílico o silicona. El molde de acrílico es un molde duro, resistente y fácil de mecanizar. Este es utilizado de forma extendida, permitiendo un buen grado de ventilación en el oído. Este material es fotosensible, por ende se puede imprimir mediante SLA (Ortega Corredor, 2023). El segundo tipo de molde, fabricado en

silicona, brinda un mejor y durabilidad de 1 a 2 años. Este material se recomienda cuando se requiere una ganancia mayor a 55dB y se utiliza comúnmente en niños (Der, 2016). La selección del material del molde depende de factores como la edad, el grado y pérdida auditiva del paciente, así como sus preferencias y nivel de comodidad.

Para la elaboración de moldes, primero es necesario obtener la forma del oído del paciente, esto se puede realizar mediante escaneo 3D o un método tradicional. El método tradicional (mostrado en la ilustración 8) consiste en inyectar una silicona dentro del oído del paciente para capturar un molde negativo de su forma (Ortega Corredor, 2023). Luego de la obtención del molde negativo del paciente, mediante un bisturí, se realizan distintos cortes sobre la impresión para dar forma o eliminar material sobrante (Guzmán, 2013). Esta obtención del molde negativo con sus determinados cortes es útil para posteriormente elaborar el molde acústico, ya sea de acrílico o silicona. Para ello, existen distintas técnicas para la elaboración de moldes auditivos, entre las que se incluyen la impresión 3D y la de fotopolimerización manual, la cual es la más común debido a que no requiere de equipos muy costosos para su elaboración (Guzmán, 2013).



Ilustración 8. Proceso tradicional de impresión de molde

Fuente: (Ortega Corredor, 2023)

2.1.10. EFECTOS ACÚSTICOS ASOCIADOS AL USO DE MOLDES AUDITIVOS

Existen distintos recursos para modificar los parámetros del molde auditivo, lo que permite influir en el rendimiento del audífono y afectar los rangos de frecuencias graves, medias y agudas, los cuales suelen superponerse ligeramente (Abal de Cárrega, 2019). Estas características físico-acústicas del molde dependen de la pérdida auditiva, volumen del conducto auditivo, la presión acústica de la prótesis, la edad del paciente y las patologías del pabellón o conducto auditivo (BELLO, 2014). La adecuada implementación de los efectos y características acústicas garantiza una correcta elaboración y un óptimo rendimiento del audífono.

Una de las características acústicas a considerar es el efecto trompeta, el cual consiste en efectuar una amplificación progresiva del diámetro de perforación del molde, este es implementado cuando se desea mejorar la respuesta de las altas frecuencias (Montes, 2020). Esta modificación se realiza en el canal de sonido, y como se menciona, es aplicado para ciertos casos. Por otro lado, Bonilla Berríos (2009) menciona otro efecto acústico importante para los moldes, el cual consiste en el uso de filtros para la reducción de los picos de resonancia de la respuesta en frecuencia del audífono, la potencia máxima de salida y la retroalimentación acústica. La amortiguación acústica es dependiente de la ubicación del filtro en el sistema audífono/molde, esta generalmente es mayor cuanto más cerca está colocado de la extremidad del molde (Abal de Cárrega, 2019). Estos efectos acústicos son especialmente relevantes, ya que su aplicación tiene un impacto significativo en el rendimiento del audífono. Además de los efectos mencionados, es fundamental considerar otros factores, como la ganancia o cantidad de sonido generada por el audífono, el diámetro y longitud del tubo del molde, así como la ventilación.

2.1.11. VENTILACIÓN

La ventilación es una segunda perforación del molde la cual permite el ingreso del aire desde el exterior a la parte interna del conducto auditivo y se emplea para mejorar su aireación, especialmente en patologías como la otitis que requieren de la eliminación de la humedad en el conducto (Pinzón Díaz et al., 2024). Así mismo, la apertura de ventilación produce dos tipos de efectos: comodidad al usuario y reducción de las bajas frecuencias, en donde las perforaciones de 0.5 a 1 mm (venting de presión) equilibra la presión timpánica y previenen

la oclusión (Montes, 2020). Las perforaciones de 2 mm disminuyen la amplificación de frecuencias graves, responsables de la audición de la propia voz, y las perforaciones de 3 mm eliminan la amplificación de bajas y medias frecuencias (Ortega Corredor, 2023). Colocar la ventilación de forma adecuado es de suma relevancia debido a que, según el diámetro aplicado, este tiene un efecto en el desempeño del audífono y en cómo el paciente percibe el sonido.

Para incorporar el conducto de ventilación es importante conocer los distintos tipos de ventilación que existen. Dos de los principales tipos de ventilación es la ventilación paralela y la ventilación externa. Abal de Cárrega (2019) explica que el primer tipo de ventilación consiste en una perforación paralela al orificio del tubo del molde, que termina en el extremo de este. Por otro lado, la ventilación externa es un conducto parcial que recorre el borde inferior del conducto y atraviesa el molde. Un tercer tipo de ventilación es la diagonal u oblicua, la cual consiste en un conducto de ventilación que se coloca en la parte media de la perforación central del molde. Esta es una opción adecuado para conductos pequeños, donde no hay suficiente espacio para realizar dos perforaciones (Bonilla Berríos, 2009). Estos tres tipos de ventilación permiten un diseño versátil, adaptándose a la estructura del molde para ajustar la ventilación sin afectar su diseño.

La ventilación es un elemento primordial en el molde debido a los efectos que este puede presentar en el mismo, siendo uno de los principales la eliminación del fenómeno de oclusión. Este fenómeno se refiere a la obstrucción de uno o ambos conductos auditivos externo con moldes cerrados, lo cual produce serios problemas acústicos que no pueden ser resueltos por medios electrónicos (Abal de Cárrega, 2019). Desde una perspectiva acústica, el efecto de oclusión, aumenta notablemente la percepción de sonidos graves y medios (aproximadamente hasta 2.000 Hz) transmitidos por vía ósea, Incluida la voz propia y sonidos corporales como respirar, masticar o tragar (S'Arreplec, 2020). Es por ello que, a modo de compensación, la ventilación reduce la amplificación de las frecuencias graves, resalta las frecuencias agudas y permite el paso libre de las señales no amplificadas hacia el tímpano (Bonilla Berríos, 2009). Es fundamental comprender los efectos que produce la ventilación en un molde auditivo, ya que están directamente relacionados al desempeño que tendrá el audífono posteriormente. Así mismo, estos efectos resaltan la importancia de la ventilación al mejorar tanto la funcionalidad del molde como la comodidad del paciente.

Las ventilaciones pueden implementarse tanto en moldes de acoplamiento directo como en los de acoplamiento indirecto, teniendo en cuenta que el único inconveniente que pueden presentar es el riesgo de retroalimentación acústica (Abal de Cárrega, 2019). Es por ello que, como se muestra en la ilustración 9, se han implementado directrices o recomendaciones para poder seleccionar el diámetro de ventilación adecuado basándose en el grado de pérdida auditiva del paciente. Esta tabla muestra la relación entre el diámetro de ventilación en los moldes auditivos y el grado de pérdida auditiva en los rangos de frecuencia de 150 Hz a 4kHz, haciendo énfasis en 750 Hz, debido a que estos entran en el rango de frecuencias del espectro de audición del ser humano (20 Hz-20.000 Hz), en donde 750 Hz se encuentra dentro de las frecuencias medias (Rodríguez, 2015). La tabla indica que para pérdidas auditivas normales y ligeras se recomienda una ventilación amplia (4-2 mm o más), mientras que para pérdidas moderadas o medias se utilizan ventilaciones más pequeñas (2-1 mm). En el caso de pérdidas auditivas severas se recomienda una ventilación mínima (1-0.5 mm) o sin ventilación, como ocurre con las pérdidas auditivas profundas. La selección del diámetro del canal de ventilación debe realizarse con cuidado, ya que un orificio demasiado estrecho podría no eliminar dicho efecto, mientras que uno demasiado amplio podría provocar retroalimentación acústica (Cordero & Gutiérrez, 2020). Es por ello que, estas directrices sirven como una guía útil para asegurar una aplicación adecuada de la ventilación, ya que cada diámetro cumple con funciones específicas, ya sea para amplificar frecuencias o prevenir el efecto de oclusión, tal como se mencionó anteriormente. Sin embargo, cabe destacar que estas directrices pueden variar levemente debido al modelo del audífono, marcas o casos especiales.

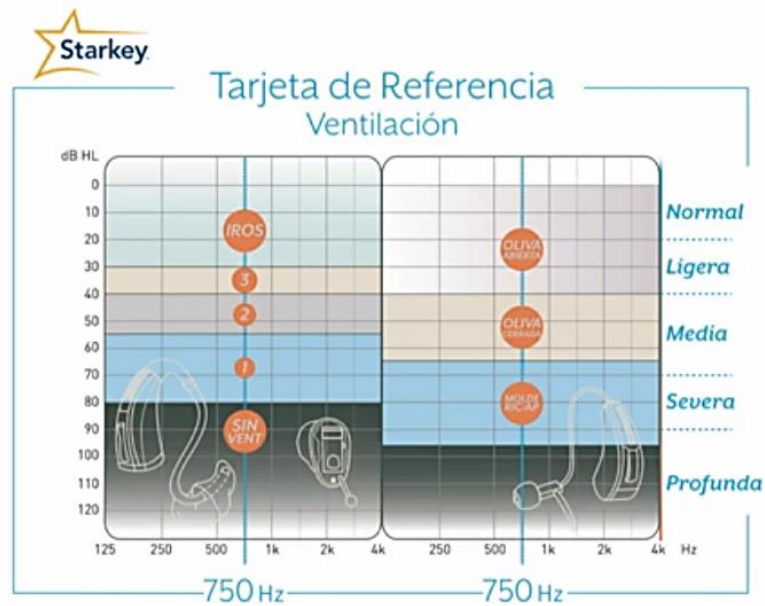


Ilustración 9. Selección de ventilación según pérdida auditiva

Fuente: (Starkey América Latina, 2019)

La historia de los avances actuales en moldes auditivos tiene sus orígenes en la implementación de la ventilación, ya que esta permite que una parte de la energía acústica de baja frecuencia se disperse a través del molde (Cordero & Guerra, 2023). Es por ello que, en la actualidad se ha buscado realizar mejoras en el diseño de moldes auditivos como ser en la ventilación, la cual es comúnmente asociada con efectos de oclusión y calidad del sonido amplificado. Un ejemplo de ello es el estudio de Kiessling et al. (2005), el cual consistió en implementar un diseño innovador de ventilación con áreas transversales de ventilación equivalentes, junto con puntas de silicón suave no oclusivas, provenientes de un auxiliar auditivo convencional. Esto resultó en una disminución del efecto de oclusión con estas ventilaciones en comparación con las tradicionalmente utilizadas. Estudios como este permiten abordar la ventilación desde una diferente perspectiva, con el objetivo de brindarle una mejor experiencia al usuario.

Hoy en día, la determinación de la ventilación en los moldes auditivos se realiza considerando factores como la pérdida auditiva del paciente, oclusión acústica y calidad del sonido amplificado, tal como se mencionó anteriormente. Sin embargo, aunque actualmente hay directrices sobre cómo seleccionar adecuadamente una ventilación, es indispensable crear

herramientas que mejoren este proceso, con el objetivo de disminuir errores en el diseño y finalmente mejorar el rendimiento del auxiliar auditivo.

2.2. PROBLEMÁTICA

Según la OMS (2024) más del 5% de la población sufre de una pérdida auditiva discapacitante. Se proyecta que para el año 2050 cerca de 2500 millones de personas tendrán un grado de pérdida auditiva y al menos 700 millones necesitarán rehabilitación. Por lo tanto, es de suma importancia que los médicos especialistas del área generen consciencia en la población para la prevención, detección temprana y brinden información del tratamiento que se da al presentarse una pérdida auditiva.

Cuando la condición no es tratada, esta puede impactar de manera negativa diversos aspectos de la vida, como ser: la escucha y comunicación, el habla, la cognición, la educación, el empleo, el aislamiento social y soledad, la salud mental y por último, pero no menos importante, las relaciones (OPS, 2021). Es por esto, que, al ser tratada, se puede cambiar inmensamente la vida de una persona en todos los aspectos.

Menciona el Comisionado Nacional de los Derechos Humanos (CONADEH, 2024) que en Honduras, se estima que alrededor de 100,000 personas padecen de discapacidad auditiva. Sin embargo, solo aproximadamente 1,044 de ellas (alrededor del 1%) cuentan con un carné de identificación oficial. El CONADEH llamó a las autoridades hondureñas a asumir su compromiso de brindar atención a este sector de la población, que enfrenta carencias en recursos y tecnologías de apoyo, falta de accesibilidad universal y respuestas insuficientes para satisfacer sus necesidades.

El impacto financiero global de los casos ignorados de pérdida auditiva asciende a una cifra de 980 000 millones de dólares al año. Este monto engloba gastos en el sector sanitario (sin incluir los dispositivos auditivos), inversión en apoyo educativo, pérdida de productividad y cargas sociales. Lo más alarmante es que más del 57% de este costo recae sobre los países de ingresos bajos y medianos, donde los recursos son más limitados y las soluciones menos accesibles (OMS, 2024).

En la actualidad, se utiliza muy frecuentemente la adaptación de auxiliares auditivos/audífonos para tratar las pérdidas de audición (García-Rey, 2022). Menciona Business Market Insights (2024) que únicamente el 20% de la población que padece de algún grado de

pérdida auditiva utiliza audífonos. Esto se debe a que las personas se deben someter a diferentes exámenes de audiología para que este dispositivo sea una ayuda perfecta para el paciente, siendo este personalizado a sus necesidades. La OMS (2024) también menciona que se tiene estimada la producción mundial de audífonos para satisfacer un 3% de la demanda de los países de ingresos bajos y medianos.

Para la fabricación de un audífono, se debe considerar la elaboración personalizada de los moldes que protegen el audífono para que estos se adapten al paciente a la perfección. El experto debe interpretar la otoscopia y brindar las características con las que debe contar el molde (Lérida Jiménez & Sotillo Viejo, 2024). Cada persona tiene características diferentes, por lo que el perfil audiométrico del paciente influye en gran manera al diseño del audífono, en especial en la ventilación para sus audífonos.

Menciona Jiménez (2021) que es muy común que los pacientes sientan molestia con el volumen o la claridad con la que escuchan los sonidos mediante sus audífonos. Este suceso provoca que se recomiende que la mayoría (dependiendo el nivel de pérdida de audición) de los moldes cuenten con una pequeña ventilación para evitar esa molestia con la presión generada en el oído. Dicho esto, el diámetro de ventilación varía dependiendo del paciente y su condición.

Por lo tanto, el experto encargado del diseño y elaboración de los moldes auditivos se debe encargar de determinar el diámetro de ventilación adecuado según las características y necesidades del paciente. Esto permitirá prevenir cualquier tipo de molestias con la presión del oído y así lograr que el tratamiento sea más efectivo y funcional.

La elaboración de moldes auditivos es una tarea que requiere un alto nivel de precisión, a que de ello depende la efectividad del audífono como la amplificación de sonido que percibirá el paciente, además de su comodidad. Esta tarea puede realizarse mediante procesos de impresión 3D o de forma tradicional (manual). Sin embargo, en ambos casos es crucial prestar atención a los detalles y considerar los posibles efectos acústicos del molde, siendo uno de los más relevantes el efecto de oclusión, el cual se evita mediante el diseño de la ventilación. Este efecto puede evitarse mediante el diseño adecuado de la ventilación del molde, para lo cual es necesario determinar el diámetro de ventilación adecuado según la pérdida auditiva de cada persona.

Actualmente, las tablas de referencia utilizadas para la selección del diámetro de ventilación pueden resultar confusas para quienes elaboran los moldes auditivos. Además, realizar este procedimiento de forma manual incrementa el riesgo de errores humanos, lo que puede llevar a problemas en la elaboración del molde. Una ventilación inadecuada puede ocasionar obstrucciones, afectar el desempeño del audífono e incluso agravar la pérdida auditiva inicial del paciente.

El desarrollo de herramientas como un software automatizado para la selección del diámetro de ventilación puede optimizar este proceso. Al automatizar la selección, no solo agiliza el procedimiento, lo cual es especialmente útil en contextos de alta carga laboral, sino que también se reducen las posibilidades de error humano o confusión. Esta plataforma puede ser utilizada tanto en la fabricación mediante impresión 3D como en la elaboración manual de los moldes, adaptándose a las preferencias y necesidades de cada audioprotesista.

2.3. IMAGEN INTEGRADORA

Para la elaboración de moldes de auxiliares auditivos, la selección del diámetro de ventilación es una de las características principales a considerar. Esta elección es fundamental debido a sus posibles efectos acústicos, tanto en el rendimiento del audífono como en la comodidad del paciente. Sin embargo, ya que actualmente la selección del diámetro de ventilación se realiza de forma manual utilizando tablas de referencia, esto puede ocasionar errores y generar confusión en el audioprotesista durante el proceso de selección (ilustración 10), lo que podría resultar en problemas en el rendimiento del molde auditivo del paciente.

La implementación de un software para la selección automatizada del diámetro de ventilación permite al audioprotesista reducir errores y tomar decisiones de forma más precisa y rápida, optimizando el tiempo empleado en este proceso. Además, garantiza una selección adecuada que permite mejorar la experiencia del paciente con un ajuste de ventilación que satisface sus necesidades.



Ilustración 10. Imagen Integradora

Fuente: Elaboración propia.

2.4. TABLA DE LIMITANTES

Tabla 3. Tabla de limitaciones

AUTOR(ES)	AÑO	PAÍS DE ESTUDIO	ENFOQUE DEL ESTUDIO	TIPO DE LIMITACIÓN	DETALLE DE LIMITACIÓN
FLORIAN DENK ET AL.	2023	Alemania	Experimental	Técnica y metodológica	No hay abordaje de cómo mejorar la determinación del diámetro de ventilación. No se incluyen ciertos factores clínicos, como el impacto de distintas pérdidas auditivas en los resultados obtenidos.
JULIÁN ANDRÉS LOZADA MONTES	2020	Colombia	Experimental (comparativo y descriptivo)	Metodológica y diseño del estudio	No se aborda cómo optimizar la determinación del diámetro de ventilación. Los resultados pueden aplicarse ampliamente, sin considerar las diferencias individuales en la anatomía del paciente.
SUSAN SCOLLIE ET AL.	2022	Canadá	Experimental (comparativo)	Técnica y metodológica	No se aborda cómo optimizar la determinación del diámetro de ventilación. No se profundizó suficiente en ajustes personalizados.
JOHN PUMFORD ET AL.	2021	Estados Unidos	Experimental	Metodológica	No aborda el impacto de las correcciones de ventilación en diferentes grupos etarios.
MARÍA DEL CARMEN HERNÁNDEZ CORDERO Y SANDRA BERMEJO GUERRA	2023	Cuba	Experimental (revisión y propuesta)	Metodológica y tecnológica	No aborda cómo optimizar la selección del diámetro de ventilación en moldes auditivos. Falta de herramientas digitales ampliamente accesibles para personalizar la ventilación en los moldes auditivos.

Fuente: elaboración propia.

La limitación que se romperá en este proyecto será la falta de abordaje de cómo optimizar la determinación del diámetro de ventilación.

III. OBJETIVOS

A continuación, se establecen los objetivos del presente proyecto de investigación, los cuales son de apoyo para definir la dirección del estudio y las acciones requeridas para cumplir con las metas planteadas.

3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un software para optimizar la selección del diámetro de ventilación en moldes de auxiliares auditivos retroauriculares, asegurando un proceso rápido y preciso que contribuya al rendimiento acústico y comodidad del paciente.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.2.1. Analizar los diferentes niveles de hipoacusia y, con base en las directrices estandarizadas, identificar los parámetros necesarios para la selección adecuada del diámetro de ventilación.
- 3.2.2. Diseñar un software que permita determinar el diámetro de ventilación óptimo en audífonos retroauriculares, utilizando herramientas de desarrollo.
- 3.2.3. Validar el desempeño del software mediante pruebas experimentales en moldes auditivos, evaluando su eficiencia y compatibilidad con las necesidades del paciente.

IV. MÉTODOS

Este capítulo describe los procedimientos para desarrollar la investigación, garantizando el cumplimiento de los objetivos previamente establecidos. Se expone el enfoque de estudio, las variables dependientes e independientes, las técnicas e instrumentos utilizados, el método de estudio, la metodología de validación, el cronograma de actividades y la operacionalización de las variables.

4.1. ENFOQUE

El enfoque de esta investigación es mixto, lo que significa que combina enfoques cualitativos y cuantitativos para evaluar la eficiencia del software que permite automatizar el proceso de determinación del diámetro de ventilación de moldes auditivos. El método cuantitativo implica la automatización de la determinación del diámetro de ventilación, debido a que se requieren mediciones precisas, el análisis de datos numéricos y su validación. El método cualitativo incluye la evaluación de la funcionalidad del software desde el punto de vista del especialista en el área y verificar su efectividad mediante encuestas de satisfacción a los pacientes.

El diseño de esta investigación es cuasiexperimental debido a que no es posible utilizar sujetos de forma aleatoria porque se utilizarán sujetos que ya cuentan con un molde auditivo fabricado de la manera tradicional. El alcance de la investigación es descriptivo debido a que se documentará la efectividad que tendrá el software a desarrollar. La muestra se definirá por el método no probabilístico por conveniencia e intencional ya que se utilizará una cantidad limitada de personas que cumpla con las características deseadas. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Enfoque de la investigación

Enfoque de investigación	Mixto
Alcance de investigación	Descriptivo
Diseño de investigación	Cuasiexperimental
Tipo de muestra	No probabilístico por conveniencia e intencional

Fuente: Elaboración propia.

4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Hoy en día, analizar las variables de una investigación es de suma importancia, debido a que suelen presentarse consideraciones metodológicas que pueden afectar la validez de los resultados (Carballo Barcos & Guelmes Valdés, 2016). Como menciona Ricardo (2024), las variables de investigación son fundamentales, ya que forman la base sobre la cual se desarrolla un estudio.

4.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES

- **Precisión del software:** La precisión del software es un factor fundamental en la automatización del proceso de selección del diámetro de ventilación de los moldes auditivos. Un sistema preciso garantiza que las recomendaciones sean acordes a los estándares clínicos. Así mismo, la efectividad del software influye directamente en la efectividad del ajuste acústico del molde, lo cual puede impactar en la calidad del sonido percibido por el usuario.

4.2.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

- **Nivel de hipoacusia del paciente:** El nivel de hipoacusia del paciente es un valor significativo en la selección del diámetro de ventilación de los moldes auditivos, ya que existe una relación inversamente proporcional entre ambos: a mayor pérdida auditiva, menor será el diámetro recomendado. Se clasifica en distintos grados (leve, moderada, severa y profunda) según los umbrales auditivos medidos en decibeles (dB). La correcta determinación del grado de hipoacusia permite una adecuada adaptación del molde auditivo, asegurando un equilibrio adecuado el aislamiento acústico y ventilación.
- **Condiciones experimentales de validación:** Las condiciones experimentales de validación son los parámetros o factores bajo los cuales se planea evaluar el desempeño del software desarrollado. Un factor crítico dentro de estas condiciones es la calidad de elaboración del molde auditivo, la cual influye directamente en la exactitud de las mediciones y en la efectividad del software. La precisión en la fabricación del molde y la consistencia dimensional son aspectos esenciales que se evaluarán para asegurar que el software proporcione recomendaciones precisas y adecuadas para cada caso.

- Parámetros estandarizados para la selección del diámetro de ventilación: Los parámetros estandarizados influyen de gran manera la selección del diámetro de ventilación y la programación del software para garantizar un ajuste óptimo para cada paciente. La implementación de estos parámetros en el software requiere una interpretación de los valores de referencia, asegurando que el algoritmo pueda recomendar el diámetro más adecuado en función de las características auditivas del usuario. El seguimiento estricto de estos estándares es esencial para mantener la confiabilidad del sistema y su aplicabilidad en un entorno clínico real.

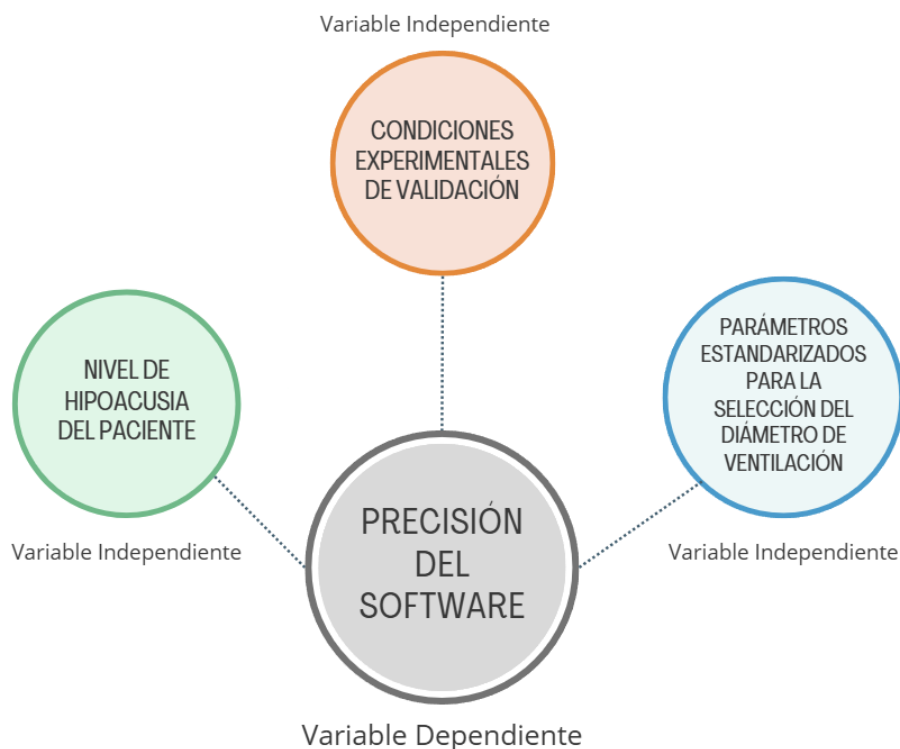


Ilustración 11. Variable dependiente e independientes

Fuente: Elaboración propia.

4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Para el presente estudio, se seleccionarán personas con diagnóstico de hipoacusia. La muestra incluirá individuos que requieran el uso de auxiliares auditivos retroauriculares con moldes personalizados, con el fin de evaluar la influencia del diámetro de ventilación en el rendimiento del dispositivo. Los pacientes seleccionados podrían ser tanto aquellos que ya cuentan con un molde auditivo como aquellos que utilizarán uno por primera vez.

4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Para llevar a cabo el desarrollo y evaluación del software automatizado para la selección del diámetro de ventilación de moldes auditivos, se utilizaron los siguientes softwares, herramientas de desarrollo e instrumentos.

4.4.1. SOFTWARE

Para la implementación del sistema automatizado de selección del diámetro de ventilación de moldes auditivos, se utilizaron diversas herramientas y plataformas de software que permiten el procesamiento de datos, ejecución de algoritmos y la interacción con el usuario. Estas plataformas fueron seleccionadas por su versatilidad y capacidad para adaptarse a las necesidades específicas del proyecto.

4.4.1.1. *Microsoft Visual*

Microsoft Visual es una plataforma de desarrollo integrada ampliamente utilizada para crear aplicaciones de software en diversos lenguajes de programación, incluyendo C++, C#, Python y Visual Basic. Se caracteriza por su versatilidad y facilidad de uso lo cual lo convierte en una opción ideal para el desarrollo de soluciones personalizadas. Su principal ventaja es su interfaz intuitiva y sus herramientas de depuración, que permiten a los desarrolladores crear, probar y mejorar el software de forma eficiente y acorde a sus necesidades. Así mismo, esta plataforma ofrece herramientas para gestionar bases de datos, controlar versiones y analizar datos, lo cual facilita la implementación de funciones complejas.

Microsoft Visual es compatible con una variedad de tecnologías y bibliotecas, permitiendo que el software interactúe con diferentes tipos de hardware y plataformas, asegurando su aplicabilidad en distintos entornos. Además, su entorno de desarrollo integrado optimiza el proceso de programación al brindar herramientas que optimizan la productividad, como ser el autocompletado, análisis de código y depuración en tiempo real. Esto no solo acelera el desarrollo del software, sino que también reduce errores y mejora la calidad del producto final.

4.4.1.2. *Google Forms*

Google Forms es una herramienta de Google Workspace gratuita que permite crear y compartir diferentes tipos de formularios de una forma sencilla para los usuarios de Google. Permite incluir diferentes tipos de preguntas en los formularios como respuestas cortas, respuestas largas, selección, etc. Los formularios creados en Google Forms se integran con Hojas de Cálculo de Google para la recopilación de los datos y facilidad de análisis del encuestador (Melo, 2021).

Se considera el uso de Google Forms para diseñar una encuesta de satisfacción dirigida a los pacientes, con el propósito de evaluar su percepción sobre la diferencia entre el molde auditivo previo y el molde con la ventilación adecuada determinada por el software desarrollado. Los datos obtenidos de la encuesta servirán para validar si la optimización realizada genera mejoras perceptibles para el usuario.

4.4.2. HARDWARE

El hardware en el presente proyecto comprende una variedad de materiales y herramientas esenciales para la fabricación de los moldes auditivos. Estos componentes permiten garantizar la precisión, durabilidad y funcionalidad en cada etapa del desarrollo, asegurando un resultado final de alta calidad.

4.4.2.1. *Moldes Auditivos*

Para la fabricación de los moldes auditivos, se emplean diversos materiales y herramientas que permiten obtener una estructura personalizada y funcional. Estos elementos son esenciales para garantizar la precisión en la adaptación del molde al canal auditivo del paciente.

4.4.2.1.1. Impresión del canal auditivo: representa la reproducción exacta de la anatomía del conducto auditivos del paciente, también llamado "el negativo". Esto se obtiene mediante la combinación de dos pastas de silicona de impresión otológica que, al mezclarse e inyectarse en el oído, se solidifican adquiriendo una textura gomosa.

4.4.2.1.2. Cera de modelado: Este material se utiliza para proteger zonas específicas del molde y facilitar la extracción del material de impresión.

- 4.4.2.1.3. Fotogel: Consiste en una sustancia gelatinosa, especial para la fotopolimerización, que recubre la impresión previa a la aplicación del material acrílico.
- 4.4.2.1.4. Resina acrílica: Es el material principal del molde. Su composición a base de acrílico proporciona rigidez, resistencia y durabilidad, asegurando una estructura estable y ergonómica para el usuario.
- 4.4.2.1.5. Fuente de luz ultravioleta: Este dispositivo se utiliza para el curado de la resina acrílica, asegurando que obtenga su forma y dureza adecuada.
- 4.4.2.1.6. Micromotor: Esta herramienta es utilizada para el pulido y ajuste del molde, garantizando bordes suaves y una adaptación ergonómica.
- 4.4.2.1.7. Tubo de conducción acústica: Este componente es insertado en el molde para facilitar la transmisión del sonido hacia el canal auditivo.
- 4.4.2.1.8. Esmalte protector: Este componente se aplica al molde como capa final para mejorar el acabado del mismo, proporcionando mayor resistencia y comodidad.

4.4.3. INSTRUMENTOS

Los instrumentos por utilizar serán fundamentales para la realización del proyecto y su validación. En esta sección se dan a conocer cuáles fueron los instrumentos que fueron utilizados a lo largo del proyecto.

4.4.3.1. *Tabla de referencia de selección de diámetro de ventilación*

Para la selección del diámetro de ventilación en los moldes de auxiliares auditivos retroauriculares, se planea utilizar la Tarjeta de Referencia de Ventilación de Starkey. Se selecciona la tabla de referencia de Starkey debido a que corresponde a la marca de los audífonos utilizados en los moldes de este proyecto. Sin embargo, existen otras referencias que contienen la misma información. Esta tabla proporciona una guía estandarizada que asocia los niveles de hipoacusia con diferentes configuraciones de ventilación, considerando la frecuencia de 750 Hz como punto de referencia. Con esta tabla se logra identificar el tipo de ventilación adecuado para cada paciente en función de su umbral auditivo. Su uso logra garantizar una selección basada en evidencia, logrando la mejora en el rendimiento acústico

del molde auditivo. En la tabla 5 se presenta un resumen de los datos proporcionados por Starkey.

Tabla 5. Dimensiones del diámetro de ventilación

Nivel de hipoacusia	Diámetro de ventilación(mm)
0 - 30 dB (normal - ligera)	4 mm
31 - 50 dB (media)	3 mm
51 - 60 dB (media)	2 mm
61 - 70 dB (media - severa)	1 mm
71 - 80 dB (severa)	~0.8 mm
>= 80 dB (severa - profunda)	Sin ventilación

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.2. Encuesta de satisfacción

La encuesta creada en Google Forms sirve para evaluar la percepción del paciente sobre la efectividad del molde auditivo optimizado. La encuesta será comparativa entre el molde original y el molde optimizado según la selección adecuada del diámetro de ventilación. A través de esta encuesta, se busca identificar la eficiencia y precisión del software en base a la calidad auditiva del paciente.

4.5. MÉTODO DE ESTUDIO

El método de estudio para esta investigación es el secuencial con retroalimentación, este modelo se basa en diferentes fases, donde cada una de estas se deben completar para poder avanzar a la siguiente fase y poder lograr un resultado final, así como se muestra en la ilustración 12.

4.5.1. RECOPIACIÓN DE DATOS

Para comenzar a desarrollar el software, se debe tener los conocimientos de que existen diferentes niveles de pérdida de audición, de leve a profunda. Cada paciente tiene un grado de pérdida de audición diferente, por lo tanto, las necesidades varían de paciente a paciente. Por lo que se debe tener un amplio conocimiento de los parámetros establecidos

que son necesarios para seleccionar el diámetro de ventilación correcto dando respuesta a las necesidades del paciente con base a su capacidad auditiva.

4.5.2. DISEÑO DEL SOFTWARE

Al tener conocimiento de los parámetros establecidos, se puede comenzar a definir la lógica y algoritmos a utilizar para el desarrollo del software. El software debe procesar los datos del paciente, y con base en la tabla de referencia, determinar el diámetro óptimo para los moldes auditivos. Además, el diseño debe contemplar una interfaz intuitiva que permita a los usuarios ingresar los valores audiométricos del paciente y obtener recomendaciones de manera rápida y precisa acerca del diámetro que debe tener el molde en el que se está trabajando.

4.5.3. IMPLEMENTACIÓN

Al definir la lógica y diseño del software, empieza su desarrollo mediante la programación de los algoritmos establecidos. En esta etapa, se implementan las funciones que permitirán el procesamiento de los datos y la generación de recomendaciones personalizadas en base a los datos que indique el usuario. Se asegura que el software cumpla con lo debido antes de pasar a la siguiente fase.

4.5.4. PRUEBAS Y VALIDACIÓN

Al haber creado el software, se comienza a utilizar con los moldes optimizados para los pacientes. Se evalúa precisión del software comparando los resultados obtenidos con el software y lo que indica la tabla de referencia. De igual manera, se evalúa la efectividad del software mediante encuestas a los pacientes para definir la diferencia entre el molde tradicional y el molde creado con el diámetro de ventilación adecuado. Al tener retroalimentación sobre el desempeño del software, se efectuarán cambios según sea necesario para optimizar su funcionamiento.

4.5.5. DOCUMENTACIÓN Y RESULTADOS

En la etapa final, se recopila toda la información brindada por el usuario y los pacientes en cuanto a efectividad y precisión del software. En base a la información recopilada, se plantean los resultados y conclusiones de la implementación del software como ayuda a la

fabricación de los moldes auditivos para que estos se ajusten de manera más precisa a las necesidades individuales de cada paciente.

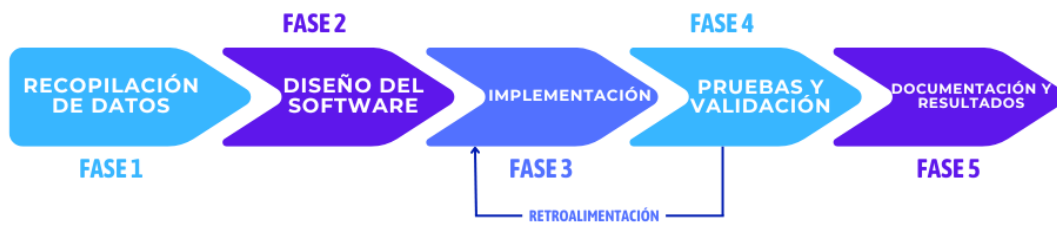


Ilustración 12. Método de Estudio

Fuente: Elaboración propia.

4.6. METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

4.6.1. PRUEBAS DE CAMPO

Se llevan a cabo un conjunto de pruebas en un entorno real, en el cual se utilizará el software de selección automatizada del diámetro de ventilación para fabricar moldes auditivos en pacientes que lo necesiten. El desempeño de estos moldes será evaluado considerando su ajuste y funcionalidad. Esta evaluación permitirá evaluar la precisión y efectividad del software en el proceso de optimización del proceso de fabricación de moldes auditivos.

4.6.2. SATISFACCIÓN DEL PACIENTE

Es fundamental obtener la retroalimentación de los pacientes sobre el rendimiento de los moldes auditivos fabricados mediante el sistema automatizado. Para ello, se aplican encuestas de satisfacción centradas en aspectos del rendimiento acústico del molde. Se analizará si los pacientes perciben mejoras en la calidad del sonido y rendimiento del molde elaborado con el software, considerando su experiencia previa con otros moldes auditivos o su adaptación inicial en caso de ser nuevos usuarios.

4.6.3. VALIDACIÓN CON EXPERTOS

Para evaluar la efectividad del software en el proceso de selección del diámetro de ventilación para moldes auditivos, se lleva a cabo una validación con expertos en el área de salud auditiva y fabricación de moldes. Un médico especializado en otorrinolaringología la adaptabilidad del software en el campo y sus beneficios en la práctica clínica. Adicionalmente, un ingeniero biomédico con experiencia en la fabricación de moldes auditivos evalúa la precisión y utilidad de la información brindada por el software, asegurando que los parámetros generados sean adecuados para la producción de moldes personalizados.

4.7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación, se presenta el cronograma de actividades junto con el tiempo durante el cual se realizó cada una de ellas (Tabla 6).

Tabla 6. Cronograma de actividades

	COTIZACIÓN Y COMPRA DE MATERIALES	ESTUDIO DE PARÁMETROS PARA LA VENTILACIÓN	DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL SOFTWARE	PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE	PRUEBAS INICIALES Y AJUSTES	ELABORACIÓN DE LOS MOLDES AUDITIVOS	ENCUESTAS Y EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	CIERRE DEL PROYECTO
Semana 1									
Semana 2									
Semana 3									
Semana 4									
Semana 5									
Semana 6									
Semana 7									
Semana 8									
Semana 9									
Semana 10									

Fuente: elaboración propia.

4.8. OPERACIONES DE LAS VARIABLES

En esta sección, se presenta la tabla de operacionalización de las variables, estableciendo las variables que serán analizadas durante el desarrollo del proyecto. Ver Tabla 6.

Tabla 7. Operacionalización de las variables

OBJETIVOS	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
General				
Desarrollar un software para optimizar la selección del diámetro de ventilación en moldes de auxiliares auditivos retroauriculares, asegurando un proceso rápido y preciso que contribuya al rendimiento acústico y comodidad del paciente.	Precisión del software	La precisión del software influye directamente en la efectividad del ajuste acústico del molde, lo cual puede impactar en la calidad del sonido percibido por el usuario.	Exactitud en la selección del diámetro de ventilación	Diferencia entre el diámetro sugerido por el software y el recomendado según la tabla de referencia.
Específicos				
Analizar los diferentes niveles de hipoacusia y, con base en las directrices estandarizadas, identificar los parámetros necesarios para la selección adecuada del diámetro de ventilación.	Nivel de hipoacusia del paciente	El nivel de hipoacusia del paciente es un valor significativo en la selección del diámetro de ventilación de los moldes auditivos.	Grado de pérdida auditiva	Audiometría.
Programar un software que permita determinar el diámetro de ventilación óptimo en audífonos retroauriculares, utilizando herramientas de desarrollo.	Parámetros estandarizados para la selección del diámetro de ventilación	Los parámetros estandarizados influyen de gran manera la selección del diámetro de ventilación y el ajuste del software para tener una selección óptima.	Tabla de referencia	Diámetro de ventilación recomendado según nivel de hipoacusia.
Validar el desempeño del software mediante pruebas experimentales en moldes auditivos, evaluando su eficiencia y compatibilidad con las necesidades del paciente.	Condiciones experimentales de validación	Las condiciones experimentales de validación son los factores bajo los cuales se evaluará el desempeño del software desarrollado.	Factores de prueba	Diferencia entre el molde sin ventilación adecuada y el molde con ventilación determinada por el software.

Fuente: Elaboración propia.

4.9. MATRIZ METODOLÓGICA

A continuación, se presenta la matriz metodológica, permite estructurar y organizar el proceso metodológico del proyecto, asegurando coherencia en el desarrollo de la investigación. Ver Tabla 8.

Tabla 8. Matriz Metodológica

Problema de investigación	Pregunta de investigación	Objetivos	Variables	Metodología y herramientas
<p>La pérdida auditiva afecta a una gran parte de la población mundial, y muchos recurren a audífonos para mejorar su calidad de vida. Sin embargo, para que estos sean efectivos, es fundamental que se fabriquen moldes auditivos personalizados que se adapten perfectamente a las características del oído del paciente. Un aspecto clave en la fabricación de estos moldes es el diámetro de ventilación, que se determina manualmente. Este proceso manual puede dar lugar a errores, lo que impacta en la efectividad del audífono, agravando aún más la pérdida auditiva si no se realiza correctamente.</p>	General		Dependiente	
	¿Cómo puede un software optimizar la selección del diámetro de ventilación en moldes de auxiliares auditivos retroauriculares, asegurando un proceso rápido y preciso que contribuya al rendimiento acústico y comodidad del paciente?	Desarrollar un software para optimizar la selección del diámetro de ventilación en moldes de auxiliares retroauriculares, asegurando un proceso rápido y preciso que contribuya al rendimiento acústico y comodidad del paciente.	Precisión del software	del Software y moldes auditivos.
	Específicos		Independientes	
	¿Cuáles son los diferentes niveles de hipoacusia y qué parámetros son necesarios para seleccionar adecuadamente el diámetro de ventilación en moldes auditivos, según las directrices estandarizadas?	Analizar los diferentes niveles de hipoacusia y, con base en las directrices estandarizadas, identificar los parámetros necesarios para la selección adecuada del diámetro de ventilación.	Nivel de hipoacusia del paciente	Tablas de referencia de selección del diámetro de ventilación.

Preguntas de investigación	Objetivos	Variables	Metodología Herramientas	y
Específicos	Independientes			
¿Cómo se puede programar un software que determine el diámetro de ventilación óptimo en audífonos retroauriculares utilizando herramientas de desarrollo adecuadas?	Programar un software que permita determinar el diámetro de ventilación óptimo en audífonos retroauriculares, utilizando herramientas de desarrollo.	Condiciones experimentales de validación	Microsoft Visual	
¿Cuál es el desempeño del software desarrollado en pruebas experimentales en moldes auditivos, y cómo se evalúa su eficiencia y compatibilidad con las necesidades del paciente?	Validar el desempeño del software mediante pruebas experimentales en moldes auditivos, evaluando su eficiencia y compatibilidad con las necesidades del paciente.	Parámetros estandarizados	Encuestas de satisfacción mediante Google Forms.	

Fuente: Elaboración propia.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo y evaluación del sistema automatizado para la determinación del diámetro de ventilación en moldes auditivos. Se evalúa su precisión mediante la comparación con métodos convencionales y su desempeño en distintos moldes.

5.1. RECOPIACIÓN DE DATOS

La primera etapa del desarrollo consistió en la recopilación de datos necesarios para determinar el diámetro de ventilación en moldes auditivos. Para ello, se utilizaron tabla de referencia existentes que correlacionaran el nivel de pérdida auditiva (en decibeles) con el diámetro del canal de ventilación recomendado. Así mismo, se consideraron factores como el nivel de pérdida auditiva del paciente con principal consideración en la medición a una frecuencia de 750 Hz. Se resaltó esta frecuencia debido a que está dentro del rango de frecuencias donde se perciben muchos sonidos del habla y sonidos naturales, ya que representa una transición entre frecuencias bajas y medias, lo que permite analizar de una mejor manera el equilibrio entre la amplificación del sonido y la ventilación del molde auditivo.

5.2. DESARROLLO DEL SOFTWARE

Para la optimización del proceso de selección del diámetro de ventilación en moldes auditivos, se desarrolló un software utilizando Microsoft Visual Studio 2022. Esta herramienta automatiza el cálculo del diámetro de ventilación en función del nivel de pérdida auditiva del paciente en una frecuencia de 750 Hz.

5.2.1. Creación del software

El software fue desarrollado utilizando Microsoft Visual Studio 2022, un entorno de desarrollo integrado que ofreció las herramientas necesarias para programar una interfaz gráfica de usuario intuitiva y realizar cálculos automatizados. Dentro de Visual Studio, se utilizó Tkinter de Python, que permitió crear una experiencia de usuario sencilla y directa. Se seleccionó esta plataforma debido a su capacidad para manejar proyectos de desarrollo tanto pequeños como complejos, asegurando la facilidad de mantenimiento del software, cumpliendo con el objetivo de programar un software para la selección del diámetro de ventilación en moldes auditivos.

5.2.2. Descripción y características del software

El software fue diseñado con una interfaz gráfica intuitiva que facilita el ingreso de datos y la visualización de resultados. Al ingresar al sistema, aparece una pantalla con un saludo y dos botones, uno para ingresar los datos y otro para ver el historial de pacientes, tal y como se muestra en la ilustración 13.

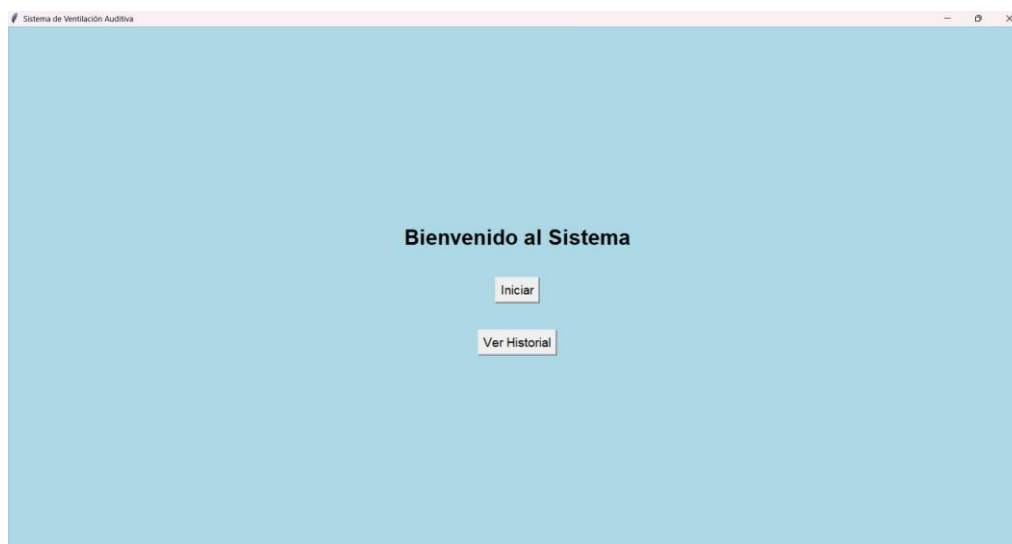


Ilustración 13. Pantalla de inicio.

La plataforma permite a los especialistas ingresar el nombre del paciente al cual pertenece el molde y seleccionar su nivel de pérdida auditiva a 750 Hz a partir de un menú desplegable. Consultar ilustración 14.

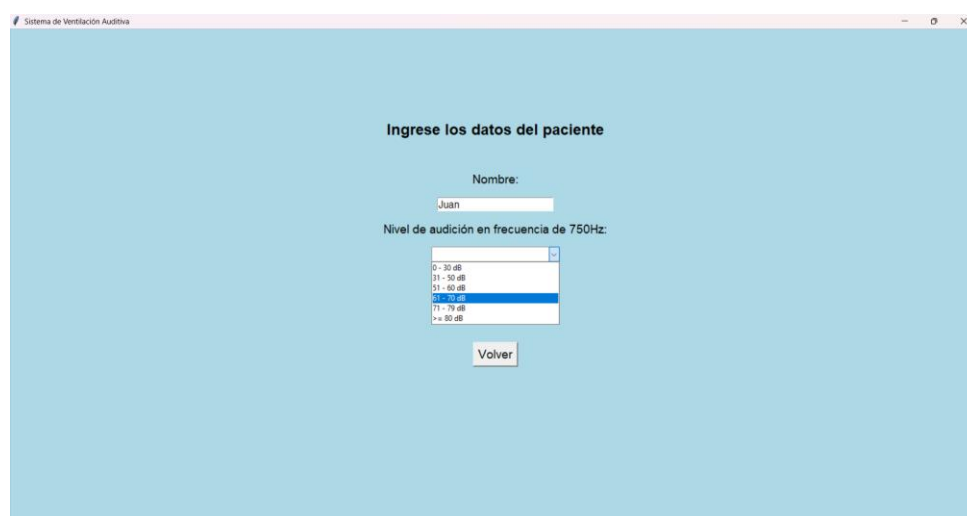


Ilustración 14. Menú desplegable.

Al seleccionar el diámetro dentro del rango establecido y haber escrito el nombre del paciente, se puede hacer clic en el botón de "Calcular" para que el software genere la selección del diámetro de ventilación. Ver ilustración 15.

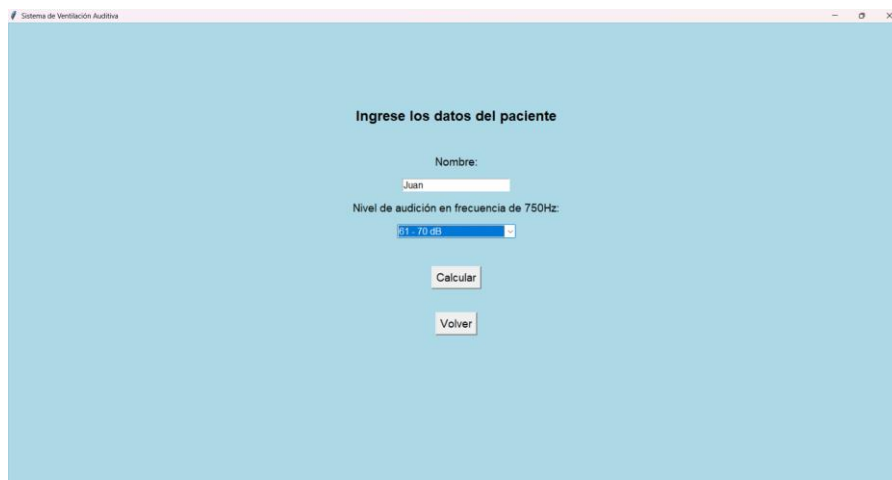


Ilustración 15. Datos ingresados.

Con base a estos datos, el sistema consulta una tabla predefinida y determina automáticamente el diámetro de ventilación recomendado junto con dos gráficas que brindan información valiosa, mostrada en la ilustración 16, las cuales permiten al profesional de la salud evaluar visualmente cómo este diámetro impacta en el efecto oclusivo y el aislamiento del sonido. De este modo, se logra cumplir el objetivo de facilitar la identificación del diámetro de ventilación en función de las necesidades del paciente. Al analizar los distintos niveles de hipoacusia y aplicar directrices estandarizadas, el sistema permite determinar con precisión el diámetro óptimo que equilibra la reducción del efecto oclusivo y el aislamiento del sonido.

Ambas gráficas son proporcionales porque a medida que aumenta el diámetro de ventilación, el efecto oclusivo disminuye significativamente. Sin embargo, este mismo incremento en el diámetro reduce el aislamiento del sonido, permitiendo que más ruido ambiental ingrese al canal auditivo. Esta relación inversa entre ambas variables es clave para la toma de decisiones clínicas, ya que el profesional puede interpretar si la recomendación del software es la más adecuada para el paciente o si es necesario hacer ajustes en función de su percepción auditiva y comodidad. Es en este punto donde se rompe la limitación de la falta de optimización para la selección del diámetro de ventilación, ya que el software no solo ofrece una recomendación basada en datos, sino que también proporciona herramientas visuales que facilitan la toma de decisiones.



Ilustración 16. Pantalla de Resultados.

Adicionalmente, el software cuenta con una ventana que permite visualizar el historial de cálculos realizados junto con la fecha y hora exacta en que se realizaron. Además, cuenta con una barra de búsqueda en la parte superior que permite encontrar un resultado específico de manera rápida. Cuando el historial acumula más de 10 resultados, el sistema organiza los registros en múltiples páginas, de manera que el resultado número 11 y los siguientes se muestran en otra página de resultados. Adicionalmente, el historial ofrece dos opciones clave: la posibilidad de borrar todo el historial si se desea reiniciar el registro de cálculos y la función de exportar el historial a un archivo PDF, lo que facilita el almacenamiento y la consulta de los datos en otros dispositivos o para su impresión. Ver ilustración 17.

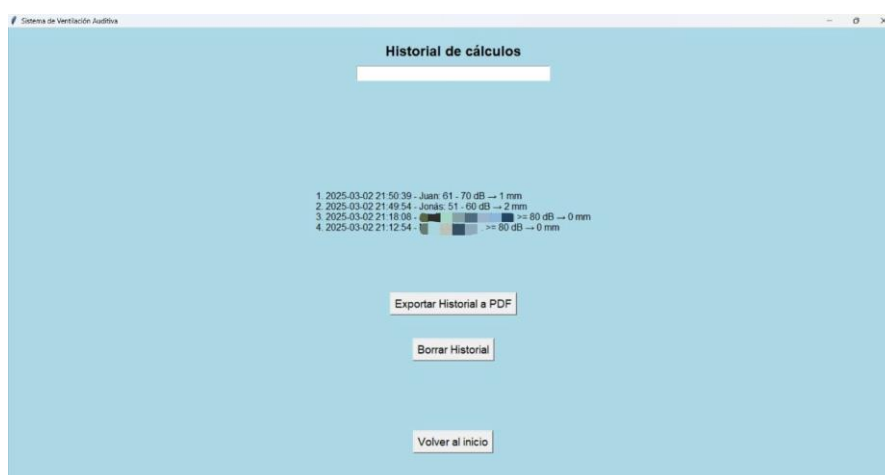


Ilustración 17. Pantalla de Historial.

El software proporciona el diámetro de ventilación adecuado según el nivel de hipoacusia del paciente, almacenando un historial con fecha y hora, y permitiendo la exportación de datos en PDF. En la tabla 9 se mencionan sus principales características.

Tabla 9. Características del software.

Característica	Descripción
Lenguaje de programación	Python
Entorno de desarrollo	Microsoft Visual Studio
Interfaz gráfica	Tkinter
Funcionalidad principal	Calcular el diámetro de ventilación adecuado según el nivel de hipoacusia
Datos de entrada	Nombre del paciente y nivel de audición en dB
Datos de salida	Diámetro de ventilación recomendado en mm
Almacenamiento de datos	Historial guardado en archivo JSON
Formato de exportación	Exportación del historial en formato PDF
Gráficos	Gráficos de efecto oclusivo y aislamiento del sonido
Historial de cálculos	Los cálculos se guardan con fecha y hora
Manejo de errores	Mensajes de advertencia para datos incompletos
Paginación en historial	Se muestra historial en páginas de 10 registros
Búsqueda en historial	Permite buscar registros en el historial
Opciones de navegación	Botones para regresar al inicio, calcular nuevamente o ver el historial

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Requisitos de Hardware y Software

Para utilizar el sistema de determinación del diámetro de ventilación en moldes auditivos, es necesario contar con los siguientes componentes que son mencionados en la tabla 10.

Tabla 10. Requisitos de Hardware y Software.

HARDWARE

COMPONENTE	OBSERVACIONES
Computadora	Procesador de 2 GHz o superior.
Disco Duro	Espacio en el disco duro de al menos 100 MB para la instalación del software.
Memoria RAM	Memoria RAM de 4GB (se recomienda 8GB para un rendimiento mayor rendimiento).
Pantalla	Se recomienda una resolución mínima de 1366x768 píxeles para una visualización adecuada.

SOFTWARE

Windows 10 o superior	No aplica para usuarios de MacOS.
Microsoft Visual Studio 2022 o superior	
Tkinter	Biblioteca de Python que es parte del paquete estándar (no requiere de instalación adicional si se tiene Python 3.x.).
Python 3.x	Solo aplica para usuario de MacOS.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. Ejecución del software

El proceso tradicional de selección del diámetro de ventilación se realiza mediante la consulta de tablas de referencia y la evaluación del nivel auditivo del paciente. Este proceso se realiza previo a la elaboración del molde auditivo. Sin embargo, este método puede ser propenso a variaciones subjetivas y toma más tiempo en su ejecución. Con la implementación del software, la selección del diámetro de ventilación se integra al principio del proceso de elaboración de moldes, garantizando un cálculo inmediato y preciso (Ilustración 18). Así mismo, dado que el software almacena un historial de cálculos, el especialista tiene la posibilidad de revisar fácilmente sus cálculos previos en caso de requerirlo. Esto no solo reduce el margen de error, sino que también optimiza la eficiencia del especialista al momento de tomar decisiones.

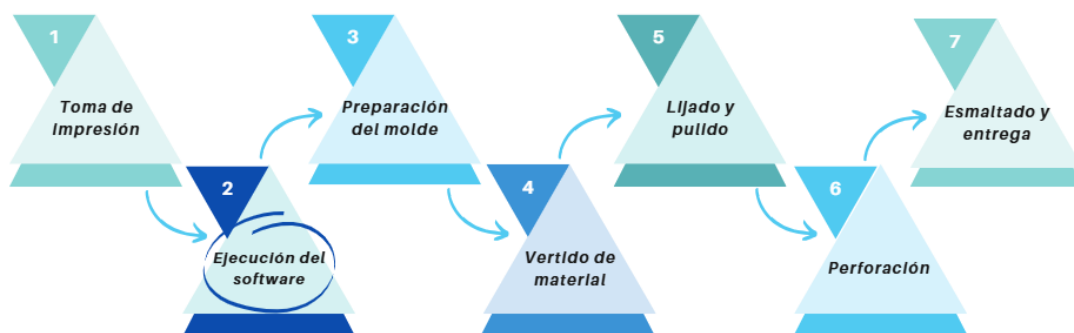


Ilustración 18. Proceso de elaboración con software.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. PRUEBAS PILOTO

5.3.1. PARTICIPANTES

Las pruebas piloto de este estudio se realizaron con pacientes de la empresa OíMás, una organización dedicada a servicios de audiometría y adaptación de audífonos en Honduras. Para ello, se seleccionaron pacientes con distintos niveles de pérdida auditiva que requerían un molde auditivo.

A cada participante se le explicó el propósito del estudio y se le solicitó firmar un consentimiento informado, donde se detallan las pruebas a realizar, el proceso de adaptación del molde y la evaluación del software. Tras obtener su aprobación, se procedió con la evaluación auditiva para determinar el nivel de hipoacusia y establecer los parámetros adecuados para la fabricación del molde.

En la tabla 11 se presentan las características de los pacientes, incluyendo su edad, pérdida auditiva, tipo y material de molde utilizado.

Tabla 11. Características de los Participantes seleccionados

PARTICIPANTE	EDAD	SEXO	PÉRDIDA AUDITIVA EN 750 Hz	TIPO DE MOLDE	MATERIAL DEL MOLDE UTILIZADO
Paciente A	47 años	Femenino	55 db (Media)	Media concha	Acrílico
Participante B	78 años	Masculino	85 db (Severa- Profunda)	Medio concha	Acrílico
Participante C	94 años	Masculino	81 db (Severa- profunda)	Medio concha	Acrílico

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Elaboración de moldes auditivos

Una vez evaluado el nivel de pérdida auditiva de cada paciente y obtenida la impresión de su oído, se procedió con la fabricación de los moldes auditivos personalizados. Para optimizar la selección del diámetro de ventilación, se utilizó el software desarrollado, el cual automatiza este proceso en función del nivel de hipoacusia del paciente a la frecuencia de 750 Hz.

5.3.2.1. Procesamiento de datos en el software

Previo a la elaboración del molde auditivo de cada paciente, se utilizó el software para determinar los parámetros de ventilación adecuados. Se ingresó el nivel de hipoacusia del paciente en el software (Ilustración 19, 20 y 21), el cual calculó el diámetro de ventilación adecuado según los criterios establecidos para optimizar la adaptación del molde auditivo.



Ilustración 19. Resultados participante A.



Ilustración 20. Resultados participante B.



Ilustración 21. Resultados participante C.

5.3.2.2. Fabricación del molde auditivo con ventilación (Participante A)

El molde auditivo se elaboró con resina acrílica o silicona, dependiendo de los requerimientos específicos de cada paciente (Ilustración 22). Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de curado mediante luz ultravioleta.



Ilustración 22. Vertido del material (Acrílico).

Luego, se procedió al fresado (Ilustración 23) y una perforación del conducto principal de cada molde (Ilustración 24), el cual permite que este conecte con el audífono mediante un tubo de conducción acústica. Después, se perforó el diámetro de ventilación determinado por el software (2 mm para el participante A) (Ilustración 25). Con esta etapa, se hace la validación del software con pruebas a moldes auditivos, verificando su capacidad para proporcionar parámetros precisos y funcionales en un entorno real.



Ilustración 23. Fresado del molde.



Ilustración 24. Perforación del conducto principal.



Ilustración 25. Perforación del diámetro de ventilación.

Como etapa final, se realizó el proceso de pulido y se aplicó una capa de esmalte protector para finalizar con la elaboración del molde auditivo (Ilustración 26).



Ilustración 26. Molde finalizado.

5.3.2.3. Fabricación del molde auditivo sin ventilación (Participante B y C)

Para la fabricación de cada molde auditivo, se utilizó resina acrílica o silicona (Ilustración 27 y 28). seguido de un proceso de curado con luz ultravioleta.



Ilustración 27. Vertido de material (acrílico)



Ilustración 28. Molde de acrílico solidificado.

Posteriormente, se realizó el fresado (Ilustración 29) y perforación del pequeño conducto principal de cada molde (ilustración 30). Seguidamente, se aplicó el diámetro de ventilación recomendado por el software (0 mm para el participante B y C).



Ilustración 29. Proceso de fresado del molde



Ilustración 30. Perforación del conducto principal.

Finalmente, se realizó un pulido (Ilustración 31) para mejorar la comodidad del usuario y se aplicó una capa de esmalte protector para mejorar la estética y resistencia de cada molde auditivo (Ilustración 32).

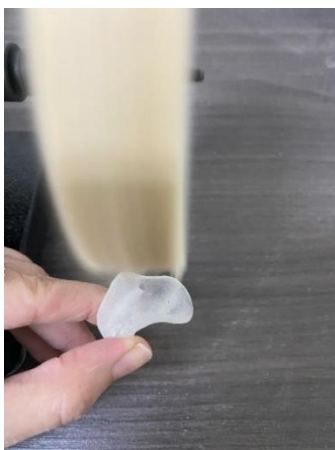


Ilustración 31. Proceso de pulido del molde.

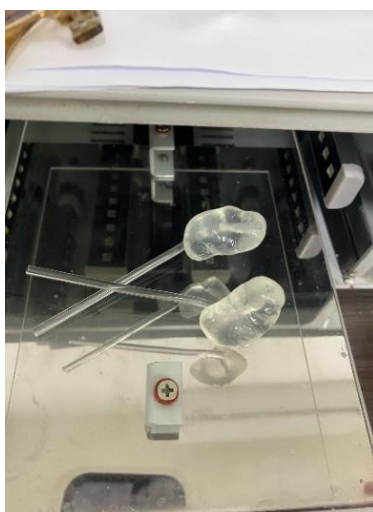


Ilustración 32. Moldes ya finalizados.

5.4. PERCEPCIÓN DE PARTICIPANTES

Una vez finalizada la fabricación, se probó el molde auditivo en cada paciente para verificar u ajuste y comodidad. Posteriormente, se realizó una evaluación mediante una encuesta de satisfacción, en la cual los participantes calificaron su experiencia con el molde en términos de rendimiento acústico del molde. Esta retroalimentación permitió evaluar la efectividad del software en la selección del diámetro de ventilación, analizando su impacto en la percepción auditiva del paciente.

La ilustración 33 muestra las respuestas a la pregunta: "¿Sientes que tu voz suena diferente cuando hablas con el molde puesto?". Para esta pregunta el participante A y B respondieron que no notaban diferencia (66.7%), lo cual indica que el molde no genera un efecto oclusivo notable en la percepción de la propia voz de los usuarios. Por otro lado, el paciente C percibe una ligera diferencia en su voz (33.3%), lo que puede ser debido a una mayor sensibilidad a las variaciones de la resonancia de la voz con el molde puesto.

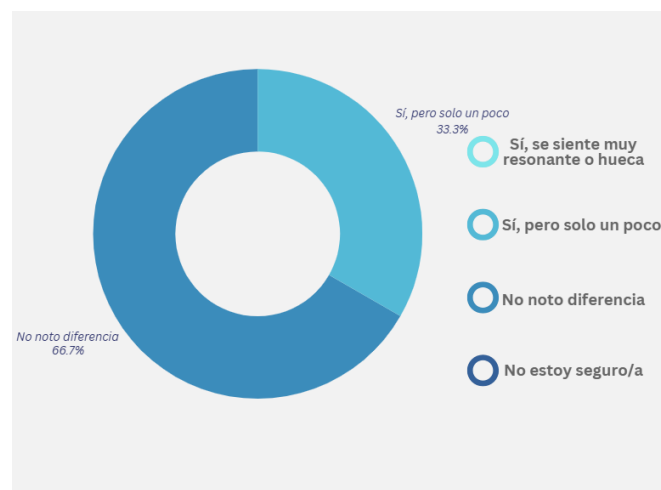


Ilustración 33. Percepción de la voz al hablar.

Para la siguiente pregunta (Ilustración 34), se buscó determinar si el molde de cada participante bloqueaba demasiado los sonidos externos, con el objetivo de analizar si estos experimentaban una sensación de aislamiento auditivo, lo que podría indicar una selección del diámetro de ventilación demasiado pequeño. En este caso, todos los participantes (100%) indicaron que no notan este efecto, lo que sugiere que este permite una transmisión de sonido relativamente natural, sin generar una sensación de aislamiento excesivo.

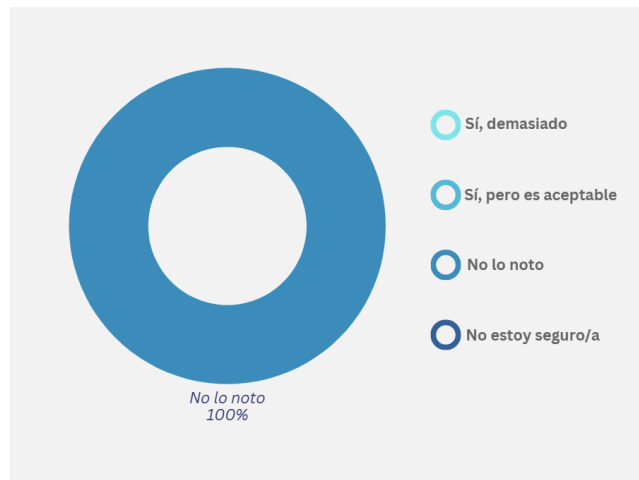


Ilustración 34. Percepción del bloqueo de sonidos externos.

La tercera pregunta (Ilustración 35) estaba relacionada a la percepción de sonidos graves al utilizar el molde, debido a que una ventilación inadecuada puede amplificar o distorsionar este tipo de sonidos. En este caso, todos los participantes (100%) señalaron que perciben los sonidos graves de forma clara y son fáciles de escuchar, lo cual indica un ajuste de ventilación adecuada para la pérdida auditiva de los usuarios. Respecto al paciente A, es importante considerar que el diámetro de ventilación recomendado por el software fue de 2 mm, el cual permite disminuir la amplificación de frecuencias graves, evitando distorsiones o resonancias que podrían dificultar su reconocimiento (Ortega Corredor, 2023). Y con respecto al paciente B y C estas respuestas son positivas, ya que la percepción de frecuencias altas son más accesibles para pacientes con pérdidas auditivas severa-profunda.

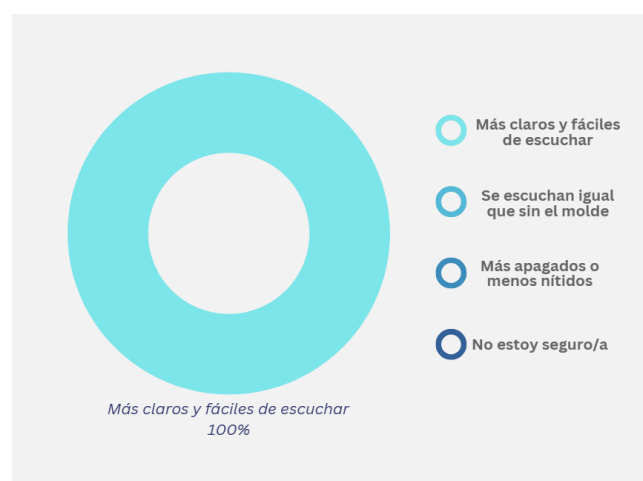


Ilustración 35. Percepción de los sonidos graves.

La siguiente pregunta (Ilustración 4) iba enfocada en la percepción de sonidos agudos, los cuales pueden verse atenuados si hay demasiada ventilación. En este caso, los participantes

A y B (66.7%) indicaron que perciben estos sonidos de forma clara, lo cual evidencia un buen equilibrio entre aislamiento y audibilidad. Con respecto al paciente C (33.3%), este mencionó que no estaba seguro, una posible causa es que debido a la pérdida auditiva (severa-profunda) junto con la edad avanzada del paciente (94 años) puede causar que el paciente tenga dificultades para notar mejoras en la percepción de los sonidos agudos.

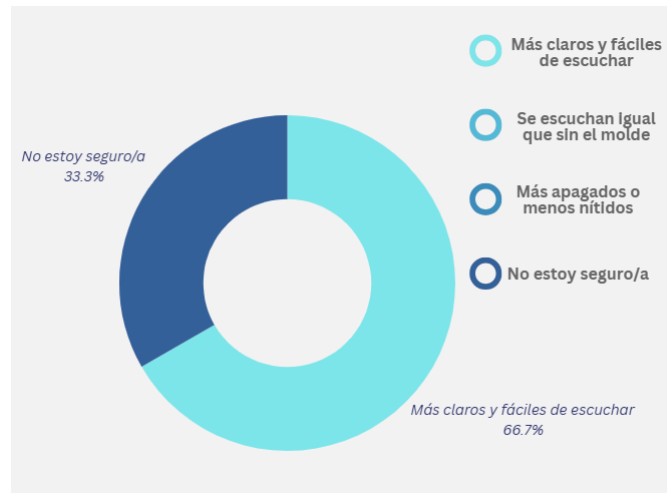


Ilustración 36. Percepción de los sonidos agudos.

La quinta pregunta (Ilustración 37) tuvo como objetivo determinar si el participante experimenta eco o cambios en la percepción del sonido en espacios cerrados. En este caso, uno de los tres participantes mencionó que no nota diferencia, otro indicó que sí percibe un cambio, pero solo un poco, y el tercero expresó que no está seguro/a. Esto sugiere que la percepción del sonido varía entre los participantes y que algunos podrían necesitar más tiempo de uso del molde para notar cambios más evidentes.

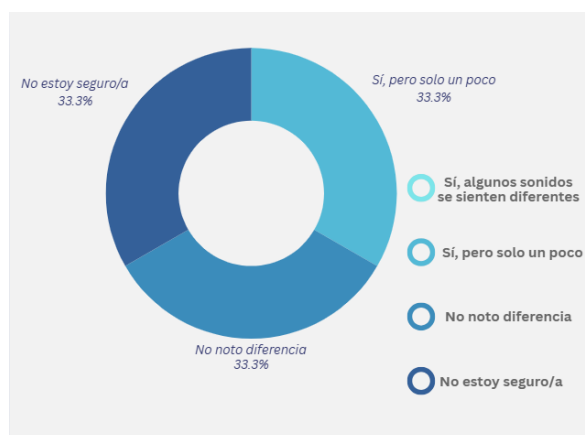


Ilustración 37. Percepción del sonido en espacios cerrados.

La sexta pregunta (Ilustración 38) se enfocó en la percepción de sonidos en espacios abiertos con menos eco y mayor dispersión acústica. En este caso, dos de los tres participantes (66.7%) indicaron que algunos sonidos se sienten diferentes, mientras que el tercero (33.3%) mencionó que sí percibe un cambio, pero solo un poco. Esto sugiere que la mayoría de los participantes experimenta algún grado de alteración en la percepción del sonido en estos entornos, lo que podría deberse a que una ventilación de 2 mm atenúa las frecuencias graves, afectando el equilibrio sonoro.

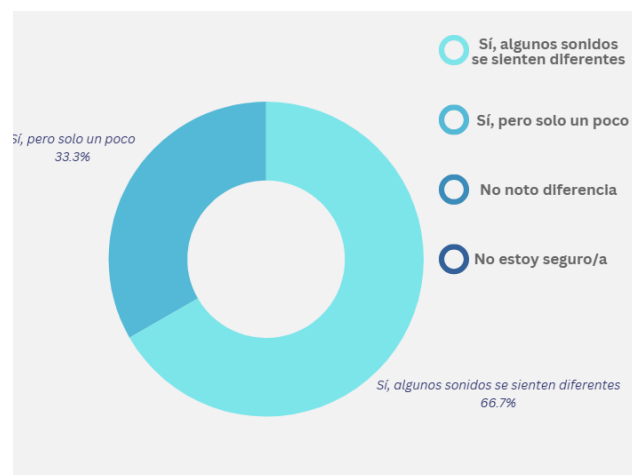


Ilustración 38. Percepción del sonido en espacios abiertos.

La siguiente pregunta (Ilustración 39) tuvo como objetivo evaluar la percepción general del sonido del molde, asegurando que no exista distorsión o pérdida auditiva. En este caso, los tres participantes indicaron que los sonidos se escuchan de manera natural con el molde auditivo. Para el participante A, esto sugiere que la ventilación de 2 mm permite una percepción natural del entorno sin que la calidad del sonido se vea afectada. Además, confirma que la ventilación recomendada por el software es adecuada para los tres participantes, ya que proporciona una experiencia auditiva que permite a los usuarios un ajuste adecuado a sus necesidades.

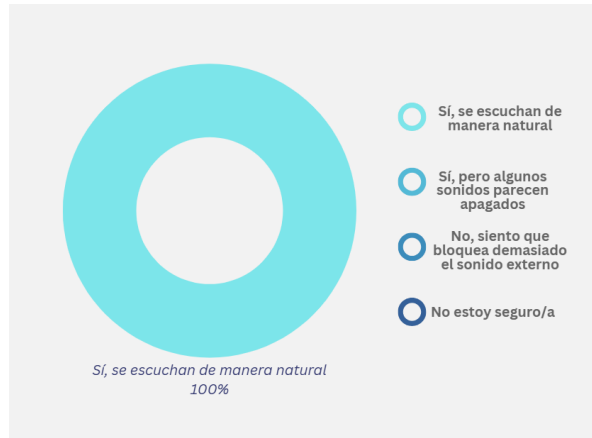


Ilustración 39. Percepción de los sonidos al utilizar el molde.

Seguidamente, se preguntó sobre la comodidad general del molde auditivo, con el objetivo de evaluar si este se adaptó correctamente al usuario. En este caso, los tres participantes indicaron que el molde les pareció cómodo. Esto sugiere que el diseño del molde, incluida su ventilación, proporcionó una experiencia adecuada a las necesidades de los usuarios, asegurando un ajuste en el molde que sea cómodo para los participantes.

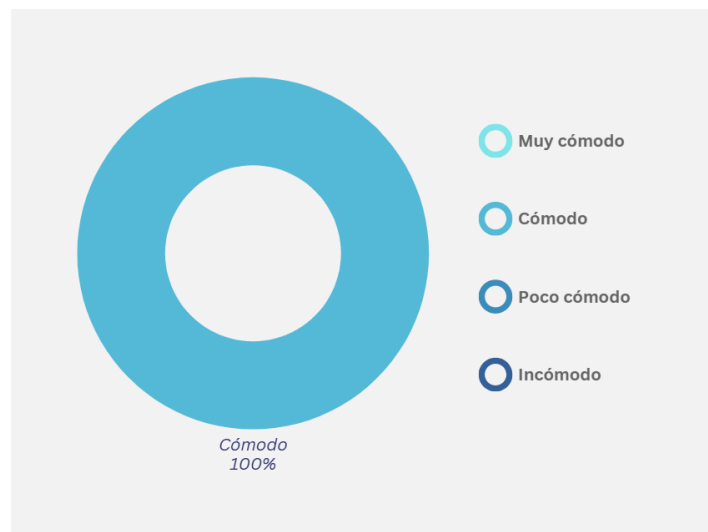


Ilustración 40. Percepción del nivel de comodidad del molde.

5.5. PERCEPCIÓN DE PROFESIONALES

Como parte del análisis de la percepción profesional sobre el software desarrollado, se realizó la validación de este mediante entrevistas a un médico especialista en otorrinolaringología y a una ingeniera biomédica de un centro audiológico. Ambos profesionales evaluaron la utilidad, funcionalidad y beneficios que ofrece la herramienta en la elaboración de moldes auditivos.

En la entrevista realizada al médico, este destacó que el software es un recurso valioso que permite una mayor personalización en la elaboración de moldes auditivos. Además, resaltó como aspecto positivo la incorporación del historial de pacientes y la opción de exportar datos, ya que esto facilita el seguimiento y la gestión de la información clínica.

Por otra parte, la ingeniera biomédica entrevistada señaló que el software representa una herramienta útil para profesionales encargados de la fabricación de moldes auditivos, ya que las plataformas oficiales de empresas de auxiliares auditivos están mayormente dirigidas a médicos especialistas en audiología. Asimismo, destacó que la interfaz es intuitiva, de fácil comprensión y con tiempos de respuesta rápidos. Además, mencionó que los valores proporcionados por el software son precisos, lo que contribuye a la eficiencia de este procedimiento y garantiza una adecuada personalización de los moldes según las necesidades de cada paciente.

5.6. PRESUPUESTO DEL SOFTWARE

Se ha desarrollado un software especializado para optimizar la selección del diámetro de ventilación en moldes auditivos, dirigido a clínicas de audiología en Honduras. Este sistema permite automatizar un proceso que tradicionalmente se realiza de manera manual, mejorando la precisión y reduciendo errores humanos.

El software fue desarrollado por ingenieras biomédicas y cuenta con una interfaz intuitiva basada en Python y Tkinter. Además, se incluye soporte técnico y mantenimiento proporcionado por las mismas creadoras del sistema. El objetivo es ofrecer una solución accesible para clínicas pequeñas, medianas y grandes, con diferentes modelos de adquisición según las necesidades de cada cliente.

A continuación, se detallan las opciones de adquisición y los costos asociados en la Tabla 12.

Tabla 12. Precios según Modelo de Venta.

CONCEPTO	COSTO EN LPS.	COMENTARIOS
Licencia Única	L 26,000	Pago único, incluye soporte por 1 año.
Suscripción Mensual	L 2,000	Incluye soporte técnico y actualizaciones.
Suscripción Anual	L 20,000	Incluye soporte técnico, mantenimiento y actualizaciones durante 12 meses. Pago adelantado con descuento sobre la mensualidad.

VI. DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo principal desarrollar y validar un software para automatizar la selección del diámetro de ventilación en moldes auditivos retroauriculares, optimizando así la adaptación del usuario a su dispositivo auditivo. Los resultados obtenidos confirman que la herramienta mejora la personalización de los moldes y minimiza los efectos adversos asociados a una ventilación inadecuada.

Los resultados obtenidos en el proyecto de investigación muestran la efectividad del software desarrollado para la selección del diámetro de ventilación, cumpliendo con los objetivos planteados y permitiendo una adaptación adecuada para los usuarios. La retroalimentación de los participantes indica que los moldes elaborados utilizando el software permiten minimizar efectos como la oclusión y la sensación de aislamiento auditivo, asegurando una experiencia que se adapta a sus necesidades. Además, la validación con profesionales resalta que la implementación del software facilita la personalización de los moldes al reducir efectos adversos y, al mismo tiempo, respalda su utilidad en entornos clínicos.

En comparación con estudios previos, los hallazgos son consistentes con la literatura sobre ventilación en moldes auditivos. Investigaciones como la de Ortega Corredor (2023) y Kiessling et al. (2005) destacan la importancia de una selección adecuada del diámetro de ventilación para reducir el efecto de oclusión y mejorar la percepción auditiva. Los resultados muestran que los participantes no percibieron diferencias significativas en su voz (66.7%) y ninguno experimentó una sensación de aislamiento auditivo ni tampoco un bloqueo del sonido externo. Esto es validado por el estudio de Cordero & Guerra (2023), que menciona que una ventilación paralela adecuada es fundamental para evitar la sensación de aislamiento auditivo, mientras que, al mismo tiempo, permite ajustar las bajas frecuencias sin afectar las altas, asegurando una amplificación del sonido efectiva.

En cuanto a la percepción de sonidos graves y agudos, los participantes reportaron una clara percepción del sonido y sin distorsiones, confirmando que la selección del diámetro de ventilación utilizando el software respalda una transmisión equilibrada de frecuencias. Esto es de suma importancia en pacientes con pérdida auditiva severa-profunda, quienes suelen experimentar dificultades en la percepción de frecuencias altas.

En general, los participantes demostraron una muy buena aceptación del molde auditivo resultante del nuevo método. La ausencia de molestias significativas y la percepción del sonido muestran que el software es capaz de seleccionar una ventilación adecuada para cada caso, optimizando así, la elaboración personalizada del molde y mejorando la adaptación del paciente al dispositivo. Esto sugiere que la herramienta desarrollada podría integrarse de manera efectiva en la práctica clínica para facilitar la personalización de estos dispositivos, reduciendo el tiempo de ajuste y adaptándose a las necesidades del paciente.

Un aspecto relevante del estudio es la validación del software desde la perspectiva de profesionales del área. Tanto el médico otorrinolaringólogo como la ingeniera biomédica consultados, mencionaron que el software representa un recurso valioso para la personalización de los moldes auditivos, especialmente en entornos donde no se cuenta con plataformas especializadas para la selección del diámetro de ventilación. También destacaron la precisión de los valores brindados por el software, lo que refuerza la fiabilidad de la herramienta para su aplicación clínica.

Desde el inicio del estudio, se mencionó la intención de comparar la selección manual del diámetro con la medición automatizada utilizando el software desarrollado. La selección manual, aunque ampliamente utilizada, depende de la precisión y experiencia del operador, lo cual puede introducir variabilidad en los resultados. En contraste, el uso del software proporciona una medición más consistente y objetiva, minimizando el margen de error humano y optimizando el proceso al reducir el tiempo requerido para obtener resultados.

Previo al uso del software, el proceso de selección del diámetro se realizaba de manera tradicional (manual) en el establecimiento en donde se realizaron los moldes auditivos, lo que implicaba un proceso sujeto a variabilidad dependiendo de la habilidad del operador. Este enfoque, aunque efectivo, no siempre garantizaba la precisión deseada y podía ser una opción poco ágil.

En otros entornos clínicos, la selección del diámetro puede realizarse de dos maneras: la primera es una selección manual basada en la experiencia del profesional mediante tablas de referencia específicas que permiten determinar el diámetro adecuado; la segunda opción es el uso de un software de configuración de audífonos, que permite seleccionar directamente un diámetro específico. Estos softwares suelen estar integrados en las herramientas

proporcionadas por las empresas distribuidoras de audífonos y están principalmente enfocados en el uso clínico, en especial por médicos otorrinolaringólogos. Si bien esta última opción permite una estandarización del proceso, carece de una representación gráfica que ayude a visualizar el impacto de cada diámetro en la percepción auditiva del usuario y no brinda ayuda al protesista. En este contexto, el software desarrollado en el presente estudio ofrece una ventaja clave al integrar una interfaz intuitiva que no solo automatiza la selección del diámetro, sino que también proporciona un análisis visual que respalda la toma de decisiones. Esto permite una mayor personalización del molde, minimizando la variabilidad en la elección del diámetro y optimizando la adaptación del paciente.

Desde el punto de vista del presupuesto, el software desarrollado representa una alternativa accesible para clínicas de audiología en Honduras. Se realizó utilizando Python y la biblioteca Tkinter, lo cual permite que sea compatible con computadoras convencionales sin necesidad de optar por inversiones adicionales en hardware especializado ni licencias comerciales costosas. Esta característica lo convierte en una opción accesible tanto para clínicas pequeñas como para centros de mayor tamaño. En contraste, los sistemas existentes suelen estar incorporados en el software del fabricante del audífono, limitando su flexibilidad y su capacidad de adaptación a distintos escenarios clínicos. Además, el modelo de adquisición contempla la inclusión de soporte técnico por los desarrolladores, lo que garantiza una implementación fluida y acompañamiento continuo. Esta opción permite optimizar el proceso de selección del diámetro de ventilación sin comprometer la precisión, confiabilidad y personalización en la atención del paciente.

Con la implementación del software, el proceso se agilizó significativamente, permitiendo una toma de decisiones más rápida y precisa. Es importante destacar que, en esta fase del estudio, el software se utilizó en pacientes que iban a usar el molde por primera vez, ya que no se contaba con participantes que permitieran realizar una comparación directa con características previas. Sin embargo, los resultados obtenidos con esta herramienta mostraron una mejora notable en la eficiencia del proceso, no tanto enfocado en la mejora de la reducción del tiempo dedicado a la selección, sino a la precisión de resultados y a la mejora de recursos.

Por su parte, el desarrollo de este software no solo tiene aplicaciones en la práctica clínica, sino que también abre nuevas oportunidades en la investigación sobre salud auditiva.

Su capacidad para determinar el diámetro de ventilación de manera automatizada podría integrarse en estudios futuros que planeen analizar la relación entre la ventilación y la percepción auditiva con muestras que cuenten con diferentes grados de pérdida auditiva. Además, su aplicación podría extenderse a la integración con el historial clínico del paciente, permitiendo un seguimiento más preciso de las adaptaciones realizadas a lo largo del tiempo. Para lograr esta integración con el HCE del paciente, se plantea el uso del estándar internacional FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources), el cual permite el intercambio de datos clínicos mediante interfaces API modernas y seguras. Esta implementación permitiría almacenar automáticamente los resultados del software (como el diámetro de ventilación recomendado, características del molde, observaciones del protesista, entre otros) en el HCE del paciente. Esto contribuiría a una gestión clínica más eficiente, permitiendo la comparación de distintas configuraciones de ventilación y facilitando la optimización de los ajustes en función de la evolución auditiva del paciente.

Otro aspecto clave es la posibilidad de integrar esta herramienta con plataformas de diseño de moldes auditivos en 3D, como "Ear Mold Design", que se han convertido en herramientas fundamentales en el proceso de diseño y fabricación de moldes auditivos, ya que proporcionan una representación tridimensional detallada del canal auditivo, lo que garantiza una mayor precisión y comodidad en los dispositivos auditivos. Esta integración permitiría automatizar el proceso de selección del diámetro de ventilación, asegurando una elección precisa basada en las características auditivas de cada paciente, mejorando así la calidad y consistencia de los moldes auditivos.

Si bien los resultados obtenidos son positivos, es importante reconocer algunas limitaciones del presente estudio, con el objetivo de identificar áreas de mejora y definir futuras líneas de investigación que permitan superar estas limitaciones y fortalecer los hallazgos presentados. Una de las mayores limitaciones presentes en el proyecto fue el tamaño de la muestra utilizada, debido a que fue reducida (3 participantes), lo que limita la generalización de los resultados a una población más amplia y limita la representación de la diversidad de características auditivas. Además, debido a esta muestra pequeña, no fue posible evaluar una mayor variedad de diámetros de ventilación, ya que el estudio se centró en moldes auditivos retroauriculares con ventilaciones de hasta 2 mm y 0 mm debido a las necesidades de los participantes evaluados.

Otra limitación fundamental en el presente estudio fue el tiempo limitado, ya que debido a esto no se pudo obtener un seguimiento de los pacientes. Esto hizo que no fuera posible realizar un monitoreo prolongado que permitiera evaluar de manera exhaustiva la adaptación del usuario al molde y la evolución del rendimiento del mismo a lo largo del tiempo. Esto impidió analizar en profundidad si la selección automatizada del diámetro de ventilación mantenía su eficacia a largo plazo o si requerían ajustes adicionales tras un período de uso extendido.

Otro inconveniente a tomar en cuenta fue la imposibilidad de obtener una muestra de pacientes que ya contaran con un molde auditivo en el que el diámetro de ventilación haya sido seleccionado de forma manual. Esto impidió realizar una comparación directa entre los diámetros de ventilaciones seleccionados de forma tradicional y aquellos seleccionados con el software, lo que habría permitido evaluar con mayor precisión la efectividad del sistema automatizado.

Un desafío adicional a considerar es que la evaluación de la percepción auditiva de los participantes se basó en encuestas de satisfacción, lo que introduce un componente subjetivo en los resultados. Si bien estas encuestas proporcionan información valiosa, no son suficientes para medir con precisión la efectividad del molde auditivo desde una perspectiva objetiva. La percepción auditiva de cada individuo puede verse influenciada por distintos factores como ser: personales, expectativas previas, emociones o incluso estado de ánimo. Además, las respuestas de los participantes pueden estar sesgadas por una falta de familiaridad con el dispositivo o por la adaptación inicial, sin reflejar completamente los efectos a largo plazo del audífono.

Futuras investigaciones deberían considerar ampliar el tamaño de la muestra para mejorar la representatividad de los resultados y evaluar la eficacia del software en una población más diversa. Además, se recomienda probar el sistema con una mayor variedad de diámetros de ventilación y diseños de moldes auditivos, incluyendo opciones con ventilaciones más amplias o especializadas. También sería beneficioso realizar un seguimiento a largo plazo de los participantes para analizar la adaptación al molde auditivo y determinar si la selección automatizada del diámetro de ventilación mantiene su eficacia con el tiempo o requiere ajustes adicionales. Asimismo, complementar las encuestas de satisfacción con pruebas objetivas de rendimiento auditivo, como mediciones acústicas y evaluaciones

audiológicas estandarizadas, permitiría reducir la influencia de la percepción individual y proporcionar una evaluación más precisa de la efectividad del sistema.

VII. CONCLUSIONES

7.1. CONCLUSIÓN GENERAL

El software desarrollado para la selección del diámetro de ventilación en moldes de auxiliares auditivos retroauriculares representa un avance significativo en la optimización del proceso de elaboración de estos dispositivos. A través de la automatización del cálculo del diámetro de ventilación, se ha logrado mejorar la eficiencia en la selección de este diámetro, beneficiando el rendimiento del auxiliar auditivo y la comodidad del paciente.

7.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- A. Se logró analizar los diferentes niveles de hipoacusia y establecer criterios clave para la selección adecuada del diámetro de ventilación, tales como el grado de pérdida auditiva del paciente y las directrices estandarizadas. Esto permitió definir los parámetros esenciales para la elaboración del molde auditivo, asegurando una adaptación personalizada para cada paciente.
- B. La implementación del software proporcionó una herramienta eficiente para la determinación del diámetro de ventilación. Gracias al uso de algoritmos avanzados y herramientas de desarrollo, se optimizó el proceso de selección del diámetro de ventilación para la elaboración de moldes auditivos. Además, el software fue desarrollado en un entorno compatible con múltiples sistemas, lo que facilita su uso en diversas plataformas. También se contempló su integración con los sistemas de información hospitalaria (HIS), permitiendo una implementación más amplia y eficiente en entornos clínicos.
- C. La validación del software mediante pruebas experimentales demostró su eficacia en la selección del diámetro de ventilación, garantizando un ajuste adecuado para las necesidades del paciente. Las evaluaciones realizadas confirmaron que el software facilita la toma de decisiones en la adaptación de auxiliares auditivos y permite un mejor manejo de datos gracias al historial de pacientes integrado.

VIII. RECOMENDACIONES

A partir de las limitaciones y factores que afectaron el desarrollo del proyecto, se pueden plantear recomendaciones para las siguientes fases del software desarrollado, con el fin de obtener un resultado más integral y satisfactorio.

- A. En caso de continuar con el proyecto, es fundamental utilizar una muestra más grande para mejorar la representatividad de los resultados. Se recomienda incluir una muestra más diversa en términos de edad, género, grado de pérdida auditiva y tipo de molde auditivo. Esto proporcionará una visión más completa de la efectividad del software en la selección del diámetro de ventilación de los moldes auditivos.
- B. Se recomienda que en futuras investigaciones se complementen las encuestas aplicadas a los participantes con pruebas audiométricas, que proporcionen una medición más precisa de la calidad auditiva y la efectividad del molde. Esto permitiría evaluar de forma cuantitativa la eficiencia del molde en la percepción del sonido reduciendo la influencia de la percepción subjetiva de los usuarios.
- C. Desarrollar futuras versiones del software con opciones de personalización más avanzadas, como la capacidad de ajustar parámetros según el tipo de pérdida auditiva y edad del paciente e incorporar módulos de aprendizaje automático, permitiendo mejorar la precisión en la selección del diámetro de ventilación.
- D. Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar la eficiencia del software en la selección de ventilación probando con distintos tipos de moldes auditivos. Esto permitiría determinar si el sistema considera adecuadamente las variaciones en diseño, material y tamaño de los moldes, asegurando que la ventilación elegida optimiza tanto la calidad del sonido como la comodidad del usuario.
- E. En futuros estudios, se recomienda incluir una muestra de pacientes con moldes auditivos previamente diseñados mediante selección manual del diámetro de ventilación. Esto permitiría una comparación más detallada entre ambos métodos, proporcionando una evaluación más objetiva sobre la precisión y ventajas del software en la selección de ventilación.
- F. Se recomienda incorporar una base de datos tipo Excel o .csv para pacientes, independiente del historial general del sistema. Esta base permitiría registrar de

manera estructurada datos como el nombre del paciente, el nivel de hipoacusia y el diámetro de ventilación recomendado. Siendo esta base de datos esencial para la gestión de datos dentro de la institución de salud donde se utilice el software.

1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2. ScienceDirect. (2021). *Photopolymerization—An overview* | ScienceDirect Topics.
https://www-sciencedirectcom.translate.goog/topics/engineering/photopolymerization?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
3. NIDCD. (2022b, August 29). *Audífonos: Acerca de, tipos, consejos de cuidado* | NIDCD.
<https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/audifonos>
4. ASALE, R.-, & RAE. (2025). *Hipoacusia* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/hipoacusia>
5. OPS. (2021). *Informe mundial sobre la audición*. Pan American Health Organization.
<https://doi.org/10.37774/9789275324677>
6. OMS. (2024, February 2). *Sordera y pérdida de la audición*. <https://www.who.int/es/newsroom/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
7. Rodrigo. (2023, March 18). *Anatomía y partes del oído humano: Fisiología de la audición*. *Estudiando*. <https://estudiando.com/anatomia-y-partes-del-oido-humano-fisiologia-de-la-audicion/>
8. Silván, C. (2020). *Sentido del oído: Para qué sirve, partes, cómo funciona*.
<https://www.lifeder.com/sentido-del-oido>
9. NIDCD. (2022a, June 14). *¿Cómo oímos? Estructura del oído y del nervio auditivo* | NIDCD.
<https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/como-oimos>
10. Navarro, B. (2023a). *Oído externo*. Kenhub. <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/oido-externo>
11. Lagos Villaseca, A., Winter Domínguez, M., Thöne Miranda, N., Jofré Pavéz, D., & Gonzáles Gallardo, C. (2020). *OTORRINOLARINGOLOGÍA PARA MÉDICOS GENERALES*. 239.
12. Jones, O. (2022). *The Temporal Bone—Parts—Fractures—TeachMeAnatomy*.
<https://teachmeanatomy.info/head/osteology/temporal-bone/>

13. AudioCardio. (2020, November 16). The Anatomy of the Middle Ear. *AudioCardio - Sound Therapy and Hearing Training App*. <https://audiocardio.com/hearing-loss/the-anatomy-of-the-middle-ear/>
14. Hayes, K. (2023). *Anatomy of the Middle Ear*. Verywell Health. <https://www.verywellhealth.com/middle-ear-anatomy-5105085>
15. Hamiter, M. (2023). *Introducción al oído interno—Trastornos otorrinolaringológicos*. Manual MSD versión para público general. <https://www.msmanuals.com/es/hogar/trastornos-otorrinolaringologicos/trastornos-del-oido-interno/introducción-al-oído-interno>
16. McGovern Medical School. (2014). *Ear Anatomy—Inner Ear*. Otorhinolaryngology - Head & Neck Surgery. <https://med.uth.edu/orl/online-ear-disease-photo-book/chapter-3-ear-anatomy/ear-anatomy-inner-ear/>
17. Van De Water, T. R. (2012). Historical Aspects of Inner Ear Anatomy and Biology that Underlie the Design of Hearing and Balance Prosthetic Devices. *The Anatomical Record*, 295(11), 1741–1759. <https://doi.org/10.1002/ar.22598>
18. Ignite Healthwise. (2021). *Oído interno | Cigna*. <https://www.cigna.com/es-us/knowledge-center/hw/odo-interno-tp13014>
19. Letelier, J. C., & San Martín, J. (2020). *Anatomía y Fisiología del oído*. <https://medicina.uc.cl/wp-content/uploads/2020/03/6.-Anatomia-y-fisiologia-del-oido-Patologi%CC%81a-oido-externo-Evaluacion-auditiva.pdf>
20. Hall, J. E., & Hall, M. E. (2021). *Guyton Y Hall Tratado De Fisiologia Medica 14a Edicion*. <http://archive.org/details/guyton-y-hall-tratado-de-fisiologia-medica-14a-edicion>
21. Milenkovic, I., Schiefer, U., Ebenhoch, R., & Ungewiss, J. (2020). [Anatomy and physiology of the auditory pathway]. *Der Ophthalmologe: Zeitschrift Der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*, 117(11), 1068–1073. <https://doi.org/10.1007/s00347-020-01070-0>
22. Audika. (2022). *Las-5-patologias-mas-comunes-del-oido*. <https://www.audika.es/blog-de-la-audicion/las-5-patologias-mas-comunes-del-oido>

23. Sáenz, M. C. M., Solano, S. V., & Chacón, S. W. (2023b). Actualización sobre enfermedad de Ménière. *Revista Medica Sinergia*, 8(5), Article 5. <https://doi.org/10.31434/rms.v8i5.1037>
24. Maset, J. (2023). Enfermedad de Ménière. *Cinfasalud*.
<https://cinfasalud.cinfa.com/p/enfermedad-de-meniere/>
25. National Institute on Deafness and Other Communication Disorders. (2010). *La enfermedad de Ménière*.
26. Ewumi, O. (2023). *What to know about tympanosclerosis*.
<https://www.medicalnewstoday.com/articles/tympanosclerosis#summary>
27. Mansour, S., Magnan, J., Nicolas, K., & Haidar, H. (2018). Tympanosclerosis. In S. Mansour, J. Magnan, K. Nicolas, & H. Haidar (Eds.), *Middle Ear Diseases: Advances in Diagnosis and Management* (pp. 161–204). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72962-6_5
28. Aristizábal, C. F. F., & Bonilla, G. A. (2021). *RESULTADOS AUDIOLÓGICOS EN PACIENTES CON DIAGNÓSTICO DE TIMPANOESCLEROSIS LLEVADOS A MANEJO QUIRÚRGICO EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO CLÍNICA SAN RAFAEL DE BOGOTÁ DURANTE EL PERIODO 2017-2019*.
29. Hawke, M. (2021). *Timpanoesclerosis • Imagen • MEDtube.es*. MEDtube.Es.
<https://medtube.es/otorrinolaringologia/imagenes-medicas/28136-timpanoesclerosis>
30. Dominguez, J. L. (2024, September 16). ¿Qué es la timpanoesclerosis? | Blog Centro Auditivo Dominguez. *Centro Auditivo José Luis Domínguez*. <https://www.audifonosdominguez.es/que-es-timpanoesclerosis/>
31. Yagual Mosquera, M. C., Heredia Bucay, D. R., Encalada Ortiz, C. A., Coello Merino, J. A., Costa Pin, K. T., Chuquimarca Mendoza, J. I., & Morales Ortiz, D. A. (2023). *Otorrinolaringología General Vol. 3*. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/373493553_Otorrinolaringologia_General_Vol_3
32. Mayo Clinic. (2022). *Rotura del tímpano (perforación del tímpano)-Rotura del tímpano (perforación del tímpano)—Síntomas y causas*. Mayo Clinic.

<https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/ruptured-eardrum/symptoms-causes/syc-20351879>

33. Villacis, D. P. D. (2022, March 5). *Perforación timpánica—ORL GROUP ECUADOR*.
<https://www.orlgroupecuador.com/perforacion-timpanica/>
34. Díaz Rodríguez, F., & Martín Piedra, M. Á. (2024). Perforaciones timpánicas e ingeniería tisular en modelos in vivo: Una revisión sistemática. *Actualidad Médica*, 819.
<https://doi.org/10.15568/am.2024.819.rev01>
35. Maita, L. (2021, April 13). *Hipoacusia*. Discapnet. <https://www.discapnet.es/salud/glosario-medico/hipoacusia>
36. Kozin, E. D., & Lustig, L. R. (2024). *Hipoacusia*. McGraw Hill Medical.
<https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?sectionid=286662991&bookid=3463>
37. Cadrecha, N. (2024, November 20). *Hipoacusia neurosensorial: Desafíos y cuidados - CIO Salud*. <https://ciosalud.com/hipoacusia-neurosensorial-cuidados-profesionales/>
38. Cardemil M., F., Aguayo G., L., Fuentes L., E., Muñoz S., D., Barría E., T., Fuente C., A., Rahal E., M., Yueh, B., Rojas C., G., Cardemil M., F., Aguayo G., L., Fuentes L., E., Muñoz S., D., Barría E., T., Fuente C., A., Rahal E., M., Yueh, B., & Rojas C., G. (2021). Adherencia al uso de audífonos en adultos mayores con hipoacusia: Un ensayo clínico aleatorizado para evaluar un programa de rehabilitación auditiva. *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 81(1), 20–26. <https://doi.org/10.4067/S0718-48162021000100020>
39. Dominguez, J. L. (2023, September 4). Pérdida auditiva: ¿Qué es la hipoacusia y cuáles son sus grados? *Centro Auditivo José Luis Domínguez*.
<https://www.audifonosdominguez.es/grados-de-hipoacusia/>
40. Liu, A. Q., Wijesinghe, P., Lee, M., Lau, C., Sun, J., & Nunez, D. A. (2023). A randomized controlled trial evaluating the effects of motivational interviewing in new hearing aid users (MI-HAT): Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 24(1), 346.
<https://doi.org/10.1186/s13063-023-07352-7>

41. ur Rehman, M. Z., Shah, S. I. A., Gilani, S. O., Jamil, M., & Amin, F. (2016). An Appraisal of the advancement of emerging technologies in Hearing Aids. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(25), 1–6.
42. Valentinuzzi, M. E. (2020). Hearing Aid History: From Ear Trumpets to Digital Technology. *IEEE Pulse*, 11(5), 33–36. IEEE Pulse. <https://doi.org/10.1109/MPULS.2020.3023833>
43. Hatzopoulos, S., & Ciorba, A. (2018). *An Excursus into Hearing Loss*. BoD – Books on Demand.
44. Olmo Cordero, J. C. (2005). *Historia de las prótesis auditivas*. Bing.
<https://www.bing.com/search?q=Historia+de+las+prótesis+auditivas&qs=n&form=QBRE&sp=-1&lq=0&pq=historia+de+las+prótesis+auditivas&sc=12-34&sk=&cvid=8BF52E7507274B9F92A2108CA11C09E5&ghsh=0&ghacc=0&ghpl=>
45. AUDEX. (2022, November 1). *LOS MEJORES APARATOS AUDITIVOS*.
<https://auxiliaresauditivos.net/mejores-aparatos-auditivos/>
46. Saleh, H. (2022). User Preferences for Hearing Aid Features: Outcomes, Concepts, and Test Construction [Ph.D., The University of Western Ontario (Canada)]. In *ProQuest Dissertations and Theses*.
<https://www.proquest.com/central/docview/2890694413/abstract/CF7680CEB9A3466APQ/1>
47. World Health Organization. (2017). *Integrated care for older people: Guidelines on community-level interventions to manage declines in intrinsic capacity*. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/258981>
48. Zafar, F., Basheer, H., Hassan, A., Zaib, W., & Waheed, T. (2021). The Impact of Hearing Aids on Quality of Life of Hearing Impaired Individuals: Impact of hearing aids on QoL. *Pakistan BioMedical Journal*, 3. <https://doi.org/10.52229/pbmj.v3i2.13>
49. Kateifidis, N., Sarafis, P., Malliarou, M., Tsounis, A., Bamidis, P., & Niakas, D. (2016). Quality of Life and Satisfaction among Patients Who Use Hearing Aids. *Global Journal of Health Science*, 9(6), Article 6. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v9n6p177>

50. Abal, L. E., & Lissin, M. (2010). *Equipamiento audioprotésico en adultos y niños* (1st ed.). Mutualidad Argentina de Hipoacúsicos. <https://isbn.cloud/9789872122324/equipamiento-audioprotésico-en-adultos-y-niños/>
51. Rouco, J. M., Vaamonde, I., & del Río, M. (2016). Audioprótesis external. Indicaciones. Selección del tipo de adaptación. Adaptación y evaluación de resultados. Rehabilitación del paciente adaptado con prótesis. *Libro Virtual de Formación En ORL*.
52. Ayala Balseca, V. E., & Zambrano Moya, D. E. (2019). *Efecto del uso de audífonos en la calidad de vida de pacientes mayores de 65 años con hipoacusia neurosensorial, en un Centro Audiológico de Quito—Ecuador, de abril del 2018 a marzo del 2019*. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/29837>
53. Orellana P., V., & Torres U., P. (2003). Audífonos Características, selección y adaptación. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 14(1), 0.
54. Wainerman, J., & Wainerman, H. (2010). *Audioprótesis: Rendimiento electroacústico de los audífonos*. <https://mah.org.ar/wp-content/uploads/2019/08/Capitulo-4.pdf>
55. Der, C. (2016). INDICACIÓN DE AUDÍFONOS. MEJORANDO EL PROCESO DESDE LA PERSPECTIVA DEL OTORRINOLARINGÓLOGO. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(6), 761–766. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.11.007>
56. Pasik, Y. (2010). *Audioprótesis: Enfoque médico, fonoaudiológico y electroacústico*.
57. Portella, S. (2024). *Satisfacción por el uso de audífonos y cambios en la calidad de vida*. <http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/handle/123456789/1883>
58. Eugenio Peña, N. F., & Rativa Yepes, K. P. (2017). *La robotización aplicada en prótesis, su avance tecnológico y beneficios*. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1208>
59. Bizama Campos, D. B., & Vergara Ruiz, C. F. (2020). *Validación del cuestionario para la percepción subjetiva de la calidad de sonido (hisqui) para adultos postlocutivos usuarios de implante coclear, Concepción, Chile, año 2020* [PhD Thesis, Universidad Andrés Bello]. <https://repositorio.unab.cl/bitstreams/ff6978f5-970a-4cee-85e5-3b4fddc42be0/download>

60. Valentinuzzi, M. E. (2020). Hearing Aid History: From Ear Trumpets to Digital Technology. *IEEE Pulse*, 11(5), 33–36. IEEE Pulse. <https://doi.org/10.1109/MPULS.2020.3023833>
61. Lérica Jiménez, B., & Sotillo Viejo, C. (2024). *Elaboración de moldes y protectores auditivos*. <https://www.sintesis.com/libro/elaboracion-de-moldes-y-protectores-auditivos>
62. Montes, J. (2020). *Efecto de las modificaciones acústicas de los moldes sobre el cálculo de la ganancia medida con el software del fabricante y el analizador de audífonos (REM) EFECTO DE LAS MODIFICACIONES ACÚSTICAS DE LOS MOLDES SOBRE EL CÁLCULO DE LA GANANCIA MEDIDA CON EL SOFTWARE DEL FABRICANTE Y EL ANALIZADOR DE AUDÍFONOS (REM)*. Trabajo de Grado Julián Andrés Lozada Montes Estudiante de Fonoaudiología.
63. Ortega Corredor, J. (2023, June). *Diseño de auriculares intraurales personalizados de altas prestaciones mediante técnicas de fabricación avanzada* [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis]. E.T.S.I. Diseño Industrial (UPM). <https://oa.upm.es/76308/>
64. Interton. (2017). *GUÍA de Moldes, MicroMoldes, Tapones, Tubos, Auriculares y Adaptadores*. Bing. https://www.bing.com/search?q=catalogo_moldes_Interton&form=ANNH01&refig=05cc2cb25a3343469c6882de505b65ee&pc=DCTS
65. Guzmán, R. (2013). *Elaboración De Moldes y Protectores Auditivos*. <https://idoc.pub/download/elaboracion-de-moldes-e-protectores-auditivos-1-143gggqz2onj>
66. Abal de Cárrega, L. E. (2019). *Audioprótesis: El molde de oído*. Bing. <https://www.bing.com/search?q=Audioprótesis%3A+el+molde+de+oído&form=ANNH01&refig=b3cc0ab813d34dca8af0208905aa34e8&pc=DCTS>
67. BELLO, A. (2014). *Percepción de los padres sobre el desempeño auditivo subjetivo de la población infantojuvenil usuaria de audífonos*. 72.
68. Bonilla Berríos, S. (2009). *Molde Auditivo*. <https://1library.co/es/download/881292109626114049>

69. Pinzón Díaz, M. C., Martínez Moreno, O., Neira Torres, L. I., Bermúdez, G. I., Gutiérrez Celis, C. P., Páez Penagos, L. E., & Ahumada Monroy, S. (2024). *Principios de rehabilitación auditiva*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/85959>
70. S'Arreplec. (2020). *Efectos de la ventilación en el molde. Oclusión*. <https://sarreplec.caib.es/course/search.php?search=Elaboraci%C3%B3n+de+moldes+y+protectores+auditivos>
71. Rodríguez, A. (2015). *Determinación de los umbrales de audición en la población Española*.
72. Cordero, M. del C. H., & Gutiérrez, S. (2020, March 13). *Características acústicas y métodos de fabricación de los moldes auditivos | Revista Cubana de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*.
73. Starkey América Latina (Director). (2019, November 25). *Como seleccionar ventilaciones y potencia* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=7s0lWSbDr78>
74. Cordero, M. del C. H., & Guerra, S. B. (2023). Actualización sobre la adaptación anatómica de los moldes auditivos. *Revista Cubana de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 7(3).
75. Kiessling, J., Brenner, B., Jespersen, C. T., Groth, J., & Jensen, O. D. (2005). Occlusion Effect of Earmolds with Different Venting Systems. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(4), 237–249. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16.4.5>
76. OMS. (2024, February 2). *Sordera y pérdida de la audición*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
77. OPS. (2021). *Informe mundial sobre la audición*. Pan American Health Organization. <https://doi.org/10.37774/9789275324677>
78. Comisionado Nacional de los Derechos Humanos. (2024, March 4). *Discriminados en su "silencio" más de 100,000 personas sordas en Honduras – Comisionado Nacional de los Derechos Humanos*. <https://conadeh.hn/?p=1907>

- 79.** Garcia-Rey, T. (2022). *Detección y prevención de la hipoacusia* *Detection and prevention of hearing loss*.
- 80.** Business Market Insights. (2024). *Panorama general y alcance del mercado de audífonos en América del Sur y Central hasta 2030*. Perspectivas del mercado empresarial.
<https://www.businessmarketinsights.com/es/reports/south-and-central-america-hearing-aids-market>
- 81.** Jiménez, A. (2021, July 24). *Ventilación y acústica—GACETA AUDIO*.
<https://www.revistagacetaudio.es/consultorio-profesional/ventilacion-y-acustica/>
- 82.** Carballo Barcos, M., & Guelmes Valdés, E. L. (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 140–150.
- 83.** Ricardo, R. (2024, April 16). Variables en la Investigación: Definición, tipos y ejemplos. *Estudyando*. <https://estudyando.com/variables-en-la-investigacion-definicion-tipos-y-ejemplos/>
- 84.** Melo, S. (2021, October 22). Ventajas y desventajas de los formularios de Google. *DataScope*.
<https://datascope.io/es/blog/ventajas-y-desventajas-de-formularios-google/>

ANEXOS

Estudio sobre la Satisfacción de Pacientes con Moldes Auditivos Haciendo Uso del Nuevo Software

Gracias por participar en esta evaluación. Este estudio busca mejorar la comodidad y el desempeño de los moldes auditivos personalizados. Por favor, responde las siguientes preguntas basadas en tu experiencia con el molde que has recibido.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Nombre *

Tu respuesta

Edad *

Tu respuesta

Ilustración 41. Encuesta de Satisfacción.

¿Has usado un molde auditivo antes?

- Sí, ya tenía uno previo
- No, este es mi primer molde

En caso de haber usado un molde anterior, ¿sientes diferencia con el nuevo molde?

- Sí, con el nuevo molde percibo mejor los sonidos
- Sí, pero no noto mucha diferencia
- No, se siente igual
- No aplica (Es mi primer molde)

Ilustración 42. Encuesta de Satisfacción.

¿Sientes que tu voz suena diferente cuando hablas con el molde puesto? *

- Sí, se siente muy resonante o hueca
- Sí, pero solo un poco
- No noto diferencia
- No estoy seguro/a

¿Sientes que el molde bloquea demasiado el sonido externo? *

- Sí, demasiado
- Sí, pero es aceptable
- No lo noto
- No estoy seguro/a

Ilustración 43. Encuesta de Satisfacción.

¿Cómo percibes los sonidos graves (por ejemplo, voces masculinas o sonidos profundos como un tambor) con el molde puesto? *

- Más claros y fáciles de escuchar
- Se escuchan igual que sin el molde
- Más apagados o menos nítidos
- No estoy seguro/a

¿Cómo percibes los sonidos agudos (por ejemplo, voces femeninas, timbres o sonidos chillones) con el molde puesto? *

- Más claros y fáciles de escuchar
- Se escuchan igual que sin el molde
- Más apagados o menos nítidos
- No estoy seguro/a

Ilustración 44. Encuesta de Satisfacción.

¿Sientes que el molde afecta tu percepción del sonido en espacios cerrados (por ejemplo, en una habitación pequeña)? *

- Sí, siento más eco o resonancia
- Sí, pero solo un poco
- No noto diferencia
- No estoy seguro/a

¿Sientes que el molde afecta tu percepción del sonido en espacios abiertos (por ejemplo, en la calle o al aire libre)? *

- Sí, algunos sonidos se sienten diferentes
- Sí, pero solo un poco
- No noto diferencia
- No estoy seguro/a

Ilustración 45. Encuesta de Satisfacción.

¿Notas que los sonidos a tu alrededor se escuchan de manera clara con el molde puesto? *

- Sí, se escuchan de manera natural
- Sí, pero algunos sonidos parecen apagados
- No, siento que bloquea demasiado el sonido externo
- No estoy seguro/a

En general, ¿cómo calificarías la comodidad del molde?

- Muy cómodo
- Cómodo
- Poco cómodo
- Incómodo

Ilustración 46. Encuesta de Satisfacción.

En una escala del 1 al 10, ¿qué tan satisfecho estás con el molde auditivo?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Observaciones o comentarios adicionales *

Tu respuesta

Enviar Borrar formulario

Ilustración 47. Encuesta de Satisfacción.

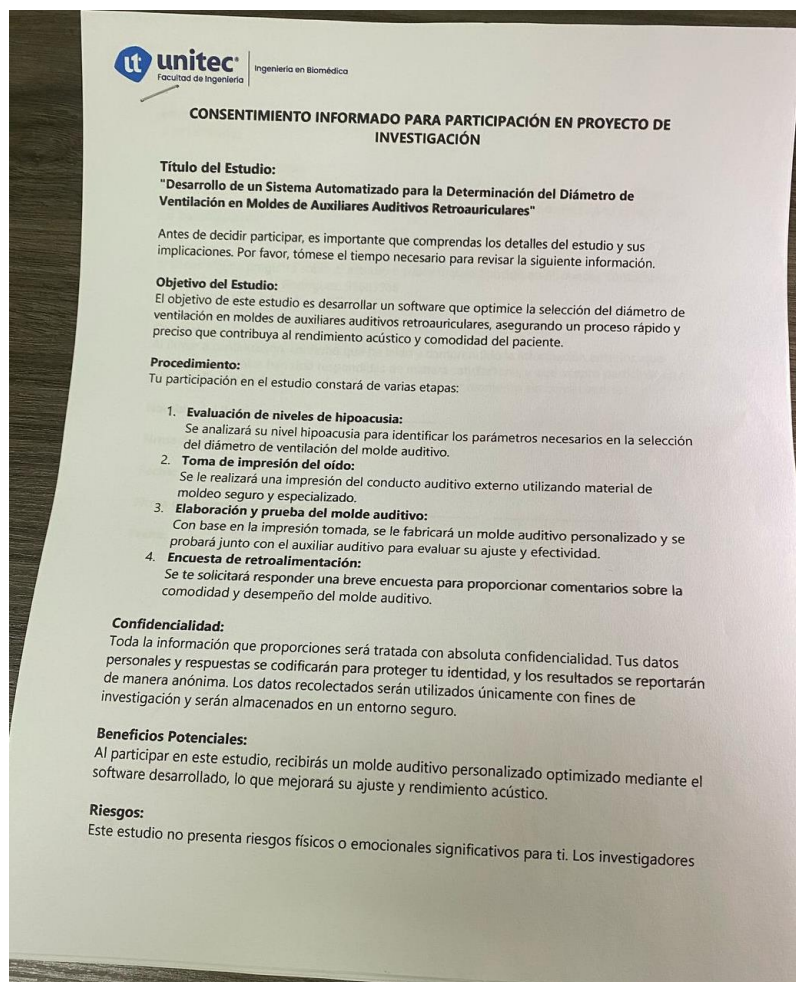


Ilustración 48. Consentimiento informado de participación

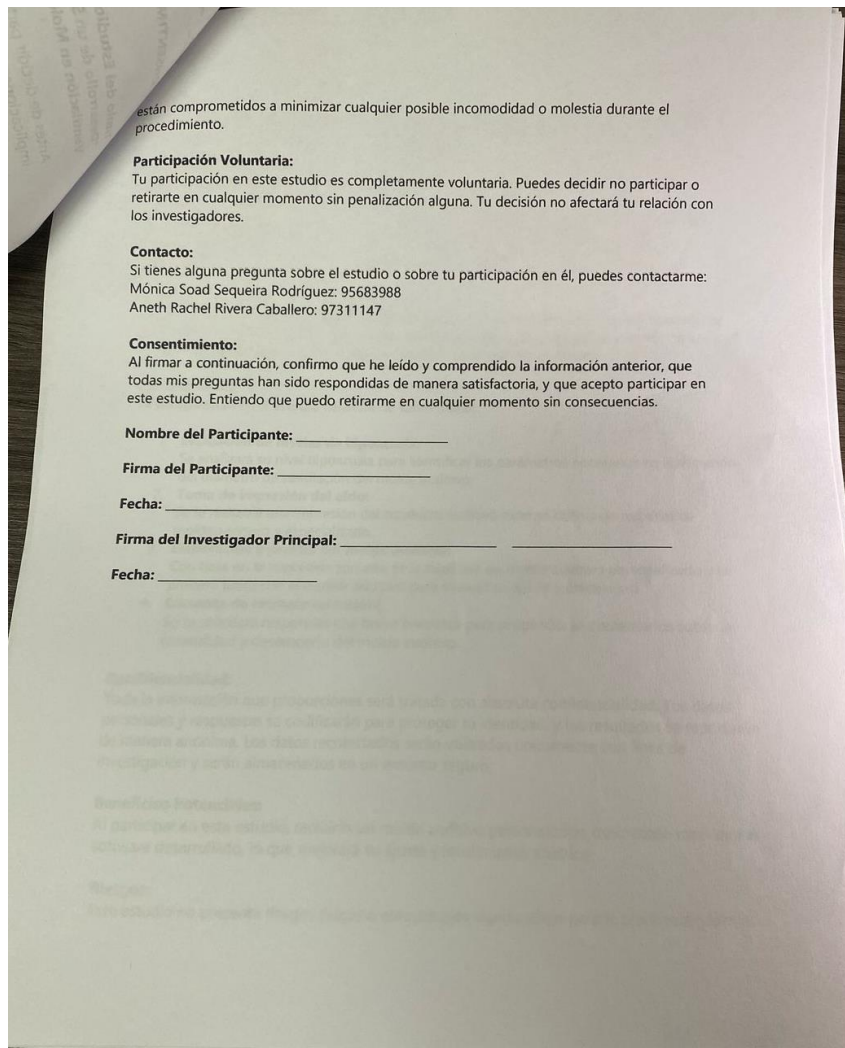


Ilustración 49. Consentimiento informado de participación.