


# CONESCAPANHONDURAS2025paper18.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

---

## Document Details

### Submission ID

trn:oid:::14348:477781001

### Submission Date

Jul 31, 2025, 11:55 PM CST

### Download Date

Aug 12, 2025, 12:18 PM CST

### File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper18.pdf

### File Size

733.4 KB

6 Pages




4,890 Words

27,452 Characters

# 7% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Top Sources

- 6%  Internet sources
- 2%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags




### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## Top Sources

- 6%  Internet sources
- 2%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	oa.upm.es	<1%
2	Internet	www.researchgate.net	<1%
3	Internet	www.coursehero.com	<1%
4	Internet	www.tandfonline.com	<1%
5	Internet	pesquisa.bvsalud.org	<1%
6	Internet	audiology.org.nz	<1%
7	Internet	issuu.com	<1%
8	Publication	E. M. Castro-Leal, S. López-Toledo, S. Juárez Chalini, G. S. Ramírez-Ospitia. "Chapte...	<1%
9	Publication	María Teresa Baquero Larriva, Ester Higuera García. "Differences in Perceptions ...	<1%
10	Internet	www.cnpm.embrapa.br	<1%
11	Internet	www.widex.com.cn	<1%

12	Internet	elpuzzledelafm.blogspot.com	<1%
13	Internet	revistagastroenterologiamexico.org	<1%
14	Internet	www.iadis.net	<1%
15	Internet	www.mat.ucm.es	<1%
16	Publication	Carbonell Marques, angela. "Brechas de las Politicas Publicas y la Intervencion Pr...	<1%
17	Publication	Maria Luisa Nolé Fajardo. "El diseño del aula como facilitador del aprendizaje: el ...	<1%
18	Internet	mafiadoc.com	<1%
19	Internet	www.ruv.itesm.mx	<1%
20	Internet	www.science.gov	<1%
21	Internet	www.scribd.com	<1%
22	Internet	ariel.pucsp.br	<1%
23	Internet	prezi.com	<1%

# Desarrollo de una Interfaz para la Determinación del Diámetro de Ventilación en Moldes de Auxiliares Auditivos Retroauriculares

**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.

**Keywords** - hearing aids, hearing aid molds, hearing aid ventilation, hearing loss, software.

## I. INTRODUCCIÓN

La hipoacusia es la reducción de la capacidad para percibir sonidos, lo que dificulta el aprendizaje del lenguaje oral mediante el sentido auditivo [1]. Se estima que más del 5% de la población mundial presenta algún nivel de pérdida auditiva [2], lo que puede impactar significativamente la calidad de vida, el desarrollo del lenguaje y la interacción social. Según la OMS, aproximadamente 432 millones de adultos y 34 millones de niños viven con pérdida auditiva discapacitante, y se espera que esta cifra aumente en las próximas décadas [3]. Para mitigar estos efectos, el uso de auxiliares auditivos es una de las principales estrategias de rehabilitación auditiva. Sin embargo, su efectividad depende de múltiples factores, entre ellos, la correcta adaptación de un molde auditivo al oído del usuario. En este sentido, los moldes auditivos constituyen un elemento clave para lograr un adecuado ajuste protésico y un aprovechamiento óptimo de las características del auxiliar auditivo. Su correcta indicación y confección, según el tipo de hipoacusia, es un factor determinante en el éxito del proceso de adaptación auditiva [4].

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.

Un diseño deficiente en el molde acústico puede provocar un mal desempeño en el audífono, y consecuentemente generarle problemas al paciente. En este sentido, la ventilación juega un papel crucial, ya que su configuración no solo afecta la comodidad del usuario, sino que también influye directamente en el rendimiento del audífono [5]. 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 [6], especialmente en patologías como la otitis que requieren de la eliminación de la humedad en el conducto [7].

La apertura de ventilación genera dos efectos principales: mejora la comodidad del usuario y reduce las bajas frecuencias [8]. En este sentido las perforaciones de 0.5 a 1 mm ayudan a equilibrar la presión timpánica y a prevenir la oclusión [9]. Las perforaciones de 2 mm reducen la amplificación de las frecuencias graves (las cuales influyen en la percepción de la propia voz) [10], mientras que las de 3 mm atenúan tanto las bajas como las medias frecuencias [11].

La ventilación es un aspecto fundamental en el diseño de moldes auditivos, ya que influye significativamente en su funcionamiento. Uno de sus principales beneficios es la reducción del fenómeno de oclusión, el cual ocurre cuando uno o ambos conductos auditivos externos quedan bloqueados por moldes cerrados [12], generando problemas acústicos que no pueden corregirse mediante soluciones electrónicas [13].

Debido a los efectos de la ventilación en el rendimiento acústico de los moldes auditivos, es fundamental seleccionar un diámetro adecuado durante su diseño para garantizar comodidad y una correcta amplificación del sonido. Es por ello por lo que, en la actualidad, se han establecido directrices que permiten elegir el diámetro de ventilación según el grado de pérdida auditiva del paciente. La siguiente 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 4 kHz, con especial énfasis en 750 Hz, ya que estudios y presentaciones

clínicas, como las de Starkey Learning Hub 14], indican que este rango (500-750 Hz) es crucial en la selección de la ventilación, ya que este rango se encuentra dentro del espectro auditivo humano (20 Hz-20,000 Hz) y corresponde a las frecuencias medias [15].

TABLE I. SELECCIÓN DE VENTILACIÓN SEGÚN PÉRDIDA AUDITIVA

Nivel de hipoacusia	Diámetro de ventilación
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
0 - 30 dB (normal - ligera)	4 mm

Actualmente, la selección del diámetro de ventilación en los moldes auditivos se basa en factores como la pérdida auditiva, la oclusión acústica y la calidad del sonido amplificado. Aunque existen directrices para esta elección, es fundamental desarrollar herramientas que optimicen el proceso, minimicen errores de diseño y mejoren el rendimiento del auxiliar auditivo.

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.

## II. METODOLOGÍA

El enfoque del estudio es mixto, lo que significa que combina enfoques cualitativos y cuantitativos para evaluar la eficiencia del software que permite automatizar el proceso de selección 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 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 para la personalización de los moldes mediante encuestas de satisfacción a los pacientes.

El diseño es cuasiexperimental debido a que no es posible utilizar sujetos de forma aleatoria, debido a que esto depende de la disponibilidad de los pacientes de la clínica en donde se desarrolló. El alcance es descriptivo debido a que se documentó la efectividad que demostró el software desarrollado. La muestra se define por el método no probabilístico por conveniencia e intencional ya que se utilizó una cantidad de 3 sujetos para la validación de la elaboración de los moldes utilizando el software desarrollado, pacientes que por primera vez adquirirían un auxiliar auditivo.

Para llevar a cabo el desarrollo y evaluación del software que permite optimizar el proceso de selección del diámetro de ventilación de moldes auditivos, se utilizó Microsoft Visual Studio 2022 como entorno de programación, debido a que es una plataforma de desarrollo integrada ampliamente utilizada para crear aplicaciones de software en diversos lenguajes de programación [16]. El lenguaje utilizado fue Python y se hizo uso de la biblioteca Tkinter para lograr diseñar una interfaz intuitiva y amigable con el usuario.

De igual manera, se utilizó Google Forms, debido a que permite crear y compartir diferentes tipos de formularios de manera sencilla, especialmente para usuarios que ya cuentan con una cuenta de Google. Esta herramienta fue elegida por su accesibilidad, facilidad de uso y capacidad para recopilar y extraer datos, lo que facilita el análisis de los resultados [17]. En este caso, se diseñó una encuesta de satisfacción dirigida a los pacientes, con el propósito de evaluar su percepción sobre el molde auditivo elaborado utilizando el software desarrollado. Se evaluó el ajuste y el rendimiento acústico del molde, el impacto de la ventilación en la percepción auditiva y su percepción en diferentes entornos (abiertos y cerrados).

El hardware en el presente proyecto comprende una variedad de materiales y herramientas esenciales para la fabricación de los moldes auditivos, los cuales son mencionados en la tabla II.

TABLE II. SELECCIÓN DE VENTILACIÓN SEGÚN PÉRDIDA AUDITIVA

Nivel de hipoacusia	Diámetro de ventilación
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
0 - 30 dB (normal - ligera)	4 mm

Los instrumentos utilizados fueron fundamentales para la realización del proyecto y su validación. Uno de los principales fue una tabla de referencia para la selección del diámetro de ventilación, específicamente la Tarjeta de Referencia de Ventilación de Starkey. Esta herramienta se eligió debido a que los audífonos utilizados en los moldes auditivos del proyecto pertenecen a dicha marca, lo que garantiza una mejor compatibilidad entre el dispositivo y el criterio de selección.

La tabla proporciona una guía estandarizada que relaciona los niveles de hipoacusia con distintos tipos de ventilación, tomando como punto de referencia la frecuencia de 750 Hz, clave dentro del rango del habla. Esto permite seleccionar de manera más precisa el tipo de ventilación adecuado para cada paciente, según su umbral auditivo. Si bien existen otras tablas de fabricantes distintos que brindan información similar, se optó por Starkey por coherencia con los dispositivos empleados. La tarjeta utilizada se muestra en la Fig. 1.

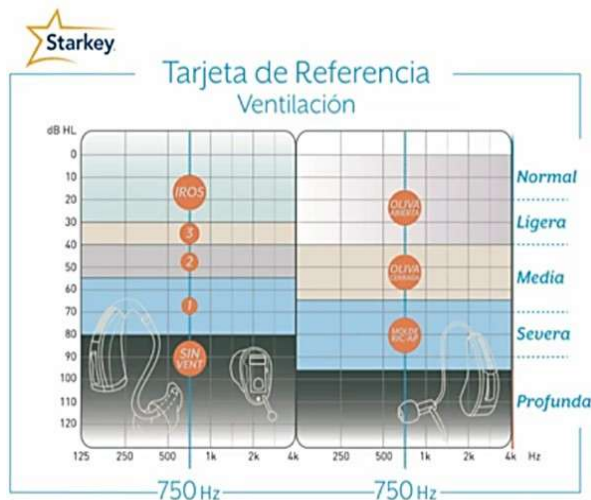


Fig. 1. Tarjeta de Referencia de Ventilación de Starkey [18]

Asimismo, se hizo uso de una encuesta creada en Google Forms sirve para evaluar la percepción del paciente sobre la efectividad del molde auditivo optimizado elaborado con el nuevo software desarrollado. A través de esta encuesta, se busca identificar la eficiencia y precisión del software en base a la calidad auditiva del paciente. Del mismo modo, se realizaron

entrevistas con expertos en el área para la validación de la funcionalidad del software.

El método de estudio fue 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 Fig. 2

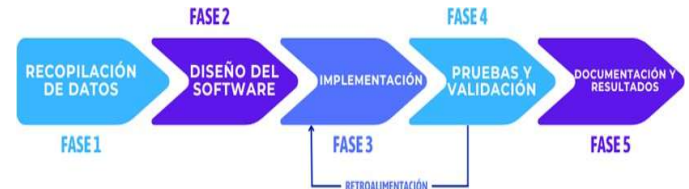


Fig. 2. Método de estudio

### A. Recopilación 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.

### B. 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.

### C. Implementación

Definida la lógica y el 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.

### D. 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.



### E. 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.

Como métodos de validación se llevaron 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.

Adicionalmente, fue 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.

Finalmente, 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.

## III. DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS

Para el presente estudio se recopilamos datos sobre la relación entre la pérdida auditiva (en especial a 750 Hz) y los diámetros de ventilación recomendados, con base en tablas clínicas de referencia. A partir de esta información, se desarrolló un software que permite asistir en la selección del diámetro de ventilación más adecuado durante la elaboración de moldes auditivos. Los moldes generados fueron posteriormente entregados a cada uno de los participantes, con el fin de evaluar su desempeño tanto mediante encuestas dirigidas a los usuarios como a través de una validación realizada por profesionales del área.

### A. Desarrollo del Software

Se diseñó un sistema automatizado en Python mediante Visual Studio 2022, con interfaz gráfica creada en Tkinter. El software permite ingresar el nombre del paciente y su pérdida auditiva a 750 Hz (Fig. 3), calculando automáticamente el diámetro de ventilación recomendado.

Fig. 3. Menú desplegable.

Al seleccionar el diámetro dentro del rango establecido e ingresar el nombre del paciente, el software calcula automáticamente la recomendación ideal consultando una tabla predefinida. Además, presenta dos graficas que permiten al profesional evaluar visualmente como el diámetro afecta el efecto oclusivo y el aislamiento del sonido (Fig. 4). Estas graficas muestran una relación inversa: al aumentar el diámetro, disminuye el efecto oclusivo, pero también se reduce el aislamiento. Esta visualización apoya la toma de decisiones clínicas, permitiendo ajustar la recomendación según la percepción y comodidad del paciente.



Fig. 4. Menú desplegable.

Adicionalmente, el software incorpora una ventana de historial que muestra los cálculos realizados con su respectiva fecha y hora en la que fueron calculados (Fig. 5). Incluye una barra de búsqueda para localizar resultados específicos y, al superar los 10 registros, organiza la información en páginas adicionales. Además, permite borrar todo el historial o exportarlo en formato PDF, facilitando su almacenamiento, permitiendo una mejor gestión de datos.

### B. Integración del software en la selección del diámetro de ventilación

Tradicionalmente, la selección del diámetro de ventilación para moldes auditivos se basa en tablas clínicas de referencia y en la evaluación auditiva del paciente. Sin embargo, este enfoque puede generar variaciones subjetivas y requiere más tiempo. Con la implementación del software, la selección del diámetro de ventilación se automatiza, optimizando el tiempo de elaboración del molde auditivo y mejorando la precisión del proceso. Además, el software permite almacenar un historial de



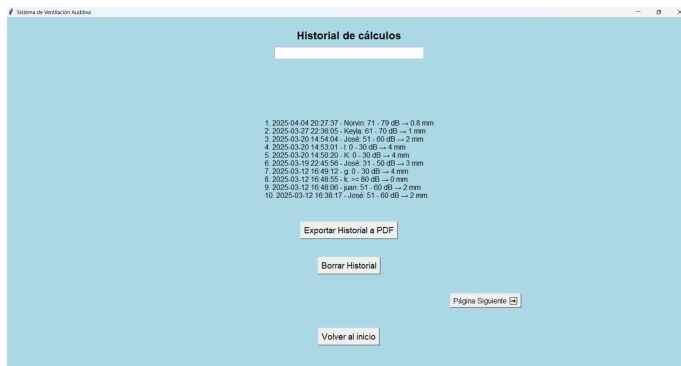


Fig. 5. Pnatalla de historial.

cálculos, lo que facilita la revisión de resultados anteriores y minimiza el margen de error, mejorando la eficiencia en la toma de decisiones.

Las pruebas piloto se realizaron con pacientes de distintos niveles de pérdida auditiva. Se evaluó su nivel de hipoacusia, se determinó el diámetro adecuado de ventilación utilizando el software, y luego se procedió con la fabricación de los moldes auditivos personalizados. Estos moldes fueron adaptados según los parámetros calculados por el software, optimizando la ventilación para cada paciente. Los resultados obtenidos en las pruebas piloto permitieron validar la efectividad del software y su impacto en el proceso de fabricación de los moldes

### C. Percepción de los participantes

Una vez finalizada la fabricación, se probó cada molde auditivo en los tres participantes para verificar su ajuste y comodidad. Posteriormente, se aplicó una encuesta de satisfacción centrada en el rendimiento acústico percibido con el uso del molde. Los resultados de esta evaluación permiten valorar el impacto del software en la selección del diámetro de ventilación y su relación con la experiencia auditiva del usuario.

En términos generales, dos de los tres participantes (66.7%) indicaron no percibir cambios en su voz al hablar con el molde (Figura 6), lo cual sugiere que el efecto oclusivo fue mínimo o inexistente. Además, todos los encuestados afirmaron que no sienten bloqueo excesivo de los sonidos externos, lo cual indica que la ventilación propuesta por el software permite una adecuada percepción del entorno sin aislamiento auditivo. Respecto a la calidad de los sonidos graves, la totalidad de los participantes manifestó escucharlos con claridad (Fig. 6) lo cual se alinea con los diámetros sugeridos por el software según el tipo de pérdida auditiva. En cuanto a los sonidos agudos, dos pacientes (66.7%) también los percibieron claramente, mientras que uno presentó dudas, posiblemente relacionadas con su grado de pérdida auditiva y edad avanzada.

En escenarios acústicos diversos, como espacios cerrados o abiertos, las respuestas fueron variadas. Algunos participantes reportaron ligeras alteraciones en la percepción del sonido, especialmente en espacios abiertos, lo que podría deberse a los efectos esperados de una ventilación de 2 mm. Sin embargo, todos coincidieron en que los sonidos en general se perciben de manera natural, sin distorsión ni pérdida auditiva adicional atribuible al molde.

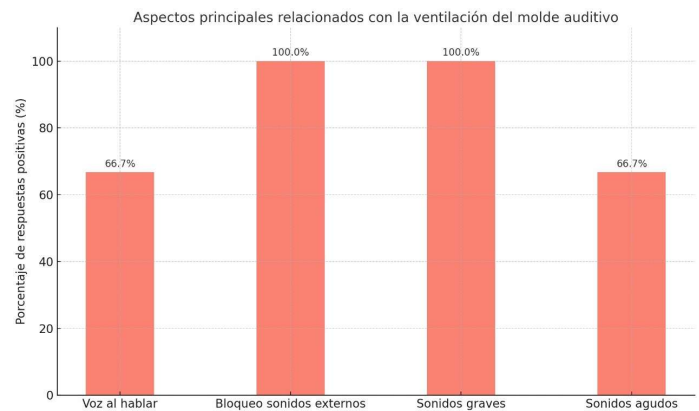


Fig. 6. Resultados de encuestas de satisfacción

### D. Percepción de los profesionales

Como parte del análisis de la percepción profesional sobre el software desarrollado, se llevó a cabo un proceso de validación cualitativa mediante entrevistas semiestructuradas dirigidas a dos profesionales del ámbito audiológico: un médico especialista en otorrinolaringología y una ingeniera biomédica perteneciente a un centro audiológico. El objetivo de esta etapa fue evaluar la utilidad, funcionalidad y beneficios de la herramienta en el proceso de elaboración de moldes auditivos. El médico especialista valoró positivamente la propuesta, destacando su potencial para mejorar la personalización de los moldes auditivos. Subrayó como elementos clave la inclusión del historial clínico de los pacientes y la posibilidad de exportar datos, funciones que, según su criterio, optimizan el seguimiento clínico y la gestión de la información.

Por su parte, la ingeniera biomédica señaló que el software constituye una herramienta de gran utilidad para los profesionales encargados de la fabricación de moldes. Además, resalta la facilidad de uso de la interfaz, su carácter intuitivo y los tiempos de respuesta eficientes. Finalmente, destacó la precisión de los valores generados por el sistema, aspecto que favorece la eficiencia del procedimiento y garantiza una adecuada personalización de los moldes conforme a las necesidades individuales de cada paciente.

El objetivo principal de este estudio fue desarrollar y validar un software para automatizar la selección del diámetro de ventilación en moldes auditivos retroauriculares, con el fin de optimizar la adaptación del usuario a su dispositivo auditivo. Los resultados obtenidos evidencian que la herramienta mejora significativamente la personalización de los moldes, minimizando los efectos adversos asociados a una ventilación inadecuada.

La efectividad del software se refleja en la percepción positiva de los participantes, quienes reportaron una clara transmisión del sonido sin distorsiones, una reducción del efecto de oclusión y la ausencia de sensación de aislamiento auditivo. Estas observaciones concuerdan con lo reportado en estudios previos, como los de Ortega Corredor [13], Kiessling, Brenner, Jespersen, Groth y Jensen [19] y Cordero & Guerra [20], que destacan la importancia de una correcta ventilación para asegurar una experiencia auditiva confortable y efectiva.

Asimismo, la validación del sistema por parte de profesionales del área (incluyendo un médico otorrinolaringólogo y una ingeniera biomédica) reafirma su utilidad clínica. Ambos resaltaron el valor de la herramienta, destacando su precisión y facilidad de uso. A diferencia de los métodos tradicionales, donde la selección del diámetro depende de la experiencia del profesional, el software proporciona una alternativa objetiva, reduciendo la variabilidad y mejorando la eficiencia del proceso.

En comparación con otras soluciones disponibles, como los softwares integrados en plataformas de fabricantes de audífonos, la herramienta desarrollada en este estudio presenta ventajas relevantes. No solo automatiza la selección, sino que incorpora una interfaz intuitiva con análisis visual, lo que facilita la toma de decisiones por parte del protesista. Además, su diseño accesible, desarrollado en Python con la biblioteca Tkinter, permite su uso en equipos convencionales, sin necesidad de licencias comerciales ni hardware especializado.

Desde el punto de vista clínico y técnico, la implementación del software permitió agilizar el proceso de elaboración de moldes y mejorar la precisión de los resultados, enfocándose más en la calidad del ajuste que en la reducción del tiempo por sí mismo. Aunque la muestra del estudio se limitó a usuarios primerizos, los resultados sugieren un potencial significativo para integrarse en rutinas clínicas, así como en líneas de investigación futuras. Entre las cosas que se proyectan a futuro con este sistema, destaca la posibilidad de integrarlo con las historias clínicas electrónicas (HCE) usando el estándar FHIR. Esto permitiría llevar un seguimiento más completo y a largo plazo de cómo va evolucionando la audición del paciente.

También se espera que en el futuro se pueda conectar con plataformas de diseño 3D de moldes auditivos, como "Ear Mold Design", lo que facilitaría un flujo de trabajo totalmente digital, más preciso y adaptado a cada persona.

Para futuras investigaciones, se recomienda aumentar el número de participantes y considerar distintos tipos de moldes y configuraciones de ventilación. También sería importante incorporar pruebas objetivas que complementen la percepción del usuario, con el fin de medir con mayor precisión la eficacia del sistema. Finalmente, realizar estudios a largo plazo permitiría observar mejor la adaptación del paciente con el paso del tiempo.

#### IV. CONCLUSIÓN

El desarrollo del software para la selección automatizada del diámetro de ventilación en moldes auditivos retroauriculares representa un avance significativo en la personalización y eficiencia del proceso de adaptación de estos dispositivos. La herramienta optimiza la selección del diámetro de ventilación en función del grado de hipoacusia del paciente, alineándose con criterios técnicos y guías clínicas estandarizadas, lo que contribuye a una adaptación más precisa y centrada en las necesidades individuales.

La validación experimental confirmó su utilidad tanto en la toma de decisiones clínicas como en la gestión ordenada de datos, mejorando el seguimiento de cada caso. Este enfoque

automatizado fortalece la práctica audioprotésica con herramientas digitales que promueven la estandarización y la calidad del proceso.

Estudios futuros con poblaciones ampliadas, comparaciones con métodos convencionales y evaluaciones audiométricas estandarizadas permitirán consolidar su validez clínica. Asimismo, investigaciones longitudinales podrán aportar evidencia sobre su impacto en la adaptación y satisfacción del usuario a lo largo del tiempo.

#### REFERENCES

- [1] L. Maita, "Hipoacusia," 2021.
- [2] W. H. Organization, Feb 2025.
- [3] World Health Organization, World Report on Hearing. Geneva: World Health Organization, 2021. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- [4] M. del Carmen Hernández Cordero and S. G. Milia'n, "Características acústicas y métodos de fabricación de los moldes auditivos," *Revista Cubana de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, vol. 4, no. 1, 2020. Accedido: 6 de abril de 2025.
- [5] M. C. Pinzón Díaz, O. Martínez Moreno, L. I. Neira Torres, G. I. Bermúdez, C. P. Gutiérrez Celis, L. E. Pérez Penagos, and S. Ahumada Monroy, "Principios de rehabilitación auditiva,"
- [6] Mutualidad Argentina de Hipoacúsicos, "El molde de oído," in *Audioprotesis*, ch. 9, 2019.
- [7] M. J. Martínez, P. Gómez, L. Sánchez, C. Pérez, and A. López, "Indicación de audífonos mejorando el proceso de adaptación en personas con pérdida auditiva," *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, vol. 76, no. 3, pp. 129–135, 2016.
- [8] S. B. Berríos, Resumen Capítulo 9: El Molde de Oído. *Audiología*, 2009. 8 páginas.
- [9] J. A. L. Montes and A. T. P. Pinilla, "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),"
- [10] P. Formación, "Perforaciones de 2 mm: Reducen la amplificación en bajas frecuencias, disminuyendo la sensación de autofonía," 2018. Accedido: 2025-04-06.
- [11] H. G. Mueller, "Fitting tips: How do vents affect hearing aid performance?," *The Hearing Review*, 2006. Accedido: 2025-04-06.
- [12] Centro Auditivo Cuenca, "Venting, el efecto de la ventilación en los audífonos intra auriculares personalizados," 2021. Accedido: 2025-04-06.
- [13] J. Ortega Corredor, "Diseño de auriculares intraurales personalizados de altas prestaciones mediante técnicas de fabricación avanzada," 2023.
- [14] S. L. Hub, "Importancia de las frecuencias medias en la selección de ventilación para moldes auditivos," 2023.
- [15] A. Rodríguez Valiente, Determinación de los umbrales de audición en la población española: Patrones de normalidad de la totalidad del espectro auditivo humano. PhD thesis, Universidad Autónoma de Madrid, 2015.
- [16] Microsoft, Visual Studio: IDE y editor de código para desarrolladores de software. Microsoft, 2025. <https://visualstudio.microsoft.com/>.
- [17] Google, Google Forms: Creador de formularios en línea. Google, 2025. Disponible en: <https://workspace.google.com/products/forms/>.
- [18] Starkey América Latina, "Como seleccionar ventilaciones y potencia." <https://www.youtube.com/watch?v=7s0lWSbDr78>, 2019.
- [19] J. Kiessling, B. Brenner, C. T. Jespersen, J. Groth, and O. D. Jensen, "Occlusion effect of earmolds with different venting systems," *Journal of the American Academy of Audiology*, vol. 16, no. 04, pp. 237–249, 2005.
- [20] M. del Carmen Hernández Cordero and S. B. Guerra, "Actualización sobre la adaptación anatómica de los moldes auditivos," *Revista Cubana de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, vol. 7, octubre 2023.