

Diseño de un prototipo para estudiantes con limitaciones auditivas

Design of a prototype for students with hearing limitations

Juan Carlos Ramírez Vázquez, Guadalupe Esmeralda Rivera García, Juan Martín Maldonado
Gómez, Luis Pérez Avendaño*

Resumen

En el ámbito de la inclusión educativa, la creación de tecnologías accesibles se ha vuelto esencial para asegurar una experiencia de aprendizaje equitativa para los estudiantes. Específicamente los estudiantes universitarios con discapacidad auditiva enfrentan desafíos únicos en el entorno académico, donde la comunicación efectiva y el acceso a la información son cruciales. Este estudio se concentra en el diseño e implementación de un prototipo tecnológico especialmente diseñado para atender las necesidades de este grupo de estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. Se empleó la metodología "Top-Down", que busca resolver problemas menores para luego abordar el problema principal. Como resultado, se presenta un prototipo funcional que ha sido probado en alumnos, quienes brindaron retroalimentación positiva respecto a la mejora de su capacidad auditiva. Se concluye que la tecnología puede potenciar la inclusión de estudiantes con discapacidad mediante herramientas que apoyen su proceso de aprendizaje.

Palabras clave: amplificador; discapacidad auditiva; problemas auditivos; estudiantes; universitarios

Abstract

In the field of educational inclusion, the creation of accessible technologies has become essential to ensure an equitable learning experience for all students. Specifically, college students with hearing impairments face unique challenges in the academic environment, where effective communication and access to information are crucial. This study focuses on the design and implementation of a technological prototype specially designed to meet the needs of this group of students from the Pánuco Higher Technological Institute. The "Top-Down" methodology was used, which seeks to solve minor problems and then address the main problem. As a result, a functional prototype is presented that has been tested on students, who provided positive feedback regarding the improvement of their listening ability. It is concluded that technology can enhance the inclusion of students with disabilities through tools that support their learning process.

Keywords: amplifier; hearing impairment; hearing problems; students; university students

Correspondencia: carlos.ramirez@itspanuco.edu.mx

Fecha de recepción: 20/agosto/2024 | **Fecha de aceptación:** 30/agosto/2024 | **Fecha de publicación:** 14/febrero/2025

*TecNM. Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. Pánuco, Veracruz, México

INTRODUCCIÓN

En el amplio paisaje educativo, cada estudiante emprende un recorrido singular, marcado por desafíos y oportunidades, donde la inclusión se erige como un principio fundamental que busca asegurar que todos, independientemente de sus capacidades o limitaciones, accedan equitativamente a una educación de calidad (Cruz et al., 2023). A pesar de los avances en materia de inclusión, persisten desafíos significativos para ciertos grupos vulnerables, como los estudiantes universitarios con discapacidad auditiva, quienes pueden enfrentar obstáculos adicionales que dificultan su experiencia académica y su plena integración a la vida universitaria (Valdivieso, 2023).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la discapacidad auditiva se define como una disminución de la capacidad auditiva con un umbral superior a 25 decibeles. Las estadísticas indican que aproximadamente el 5% de la población mundial, lo que equivale a 466 millones de personas, sufre algún tipo de discapacidad auditiva, incluyendo 34 millones de niños y niñas. Se estima que para el año 2050, 2500 millones de personas tendrán algún grado de pérdida auditiva y al menos 700 millones necesitarán rehabilitación (OMS, 2023).

En México, alrededor de 2.3 millones de personas tienen discapacidad auditiva, siendo más del 50% mayores de 60 años, alrededor del 34% tienen entre 30 y 59 años, y aproximadamente el 2% son niños y niñas (INEGI, 2020). La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad subraya

en sus principios generales la importancia de la participación e inclusión plena y efectiva en todas las esferas de la vida. Considerando que la educación es una función esencial el adherirse a estos principios es crucial al planificar actividades formativas. Por tanto, las instituciones educativas deben implementar estrategias que ayuden a superar las dificultades que los estudiantes puedan enfrentar en relación con su entorno (ONU, 2006).

Según Márquez & Cueva (2020), el creciente reconocimiento de la desigualdad social y el progresivo fortalecimiento de los derechos humanos, especialmente en lo que respecta al derecho a la educación, la igualdad de oportunidades y la diversidad, ha impulsado la aparición y adopción del concepto de inclusión en la sociedad contemporánea. La educación inclusiva se define como un enfoque pedagógico que valora la diversidad como un elemento enriquecedor del proceso educativo, por ende, beneficioso para el desarrollo humano (Maya et al., 2023). Según la UNESCO, una perspectiva inclusiva en la educación implica considerar las necesidades individuales de los estudiantes, garantizando su participación y éxito conjunto. Este enfoque reconoce la singularidad de cada persona en términos de características, intereses, habilidades y necesidades de aprendizaje, además presta especial atención a aquellos estudiantes en riesgo de marginación, exclusión o bajo rendimiento (Arévalo & Mendoza, 2023).

La Organización Iberoamericana para la Educación, la Ciencia y la Cultura, concibe la inclusión en la

educación como un proceso destinado a asegurar el derecho de todos los estudiantes a recibir una educación de calidad, con particular énfasis en aquellos en situaciones de mayor vulnerabilidad (Martins & Gordillo, 2022). Este principio se encuentra respaldado por el artículo 3° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, mismo que establece el derecho universal a la educación. Sin embargo, muchas instituciones educativas aún carecen de aulas, tecnología o infraestructura inclusiva, lo que perpetúa la desigualdad de oportunidades (GOBIERNO, 2021).

En consecuencia, es esencial que los valores inclusivos se incorporen profundamente en el tejido de las instituciones educativas. No obstante, a pesar de los avances científicos, existe una considerable brecha entre las necesidades del entorno y la gestión académica (Reimers, 2022). En este sentido, los estudiantes con discapacidad auditiva enfrentan desafíos particulares para interactuar con las personas y el entorno, lo que puede desembocar en situaciones de discriminación (Montoya, 2021).

La pérdida de audición impacta la capacidad de una persona para percibir sonidos en distintos niveles, lo que puede complicar la comunicación oral y la comprensión del habla. En el entorno universitario, donde las interacciones suelen basarse en la comunicación oral y en tiempo real, los estudiantes con discapacidad auditiva pueden enfrentar desafíos significativos para participar plenamente en el proceso educativo (Peñaloza et al., 2023).

La universidad, como institución dedicada al desarrollo intelectual y la búsqueda del conocimiento, debería ser inclusiva y acogedora para todos sus estudiantes, independientemente de sus habilidades o limitaciones. Sin embargo, para aquellos con discapacidad auditiva, la realidad puede ser muy diferente (Vélez & Maijarrés, 2020). La falta de acceso a la información auditiva y las limitaciones en la comunicación pueden convertir el aula en un ambiente hostil, donde la participación activa y el compromiso académico se ven obstaculizados por barreras lingüísticas y tecnológicas (Espitia & Murcia, 2023).

La tecnología ha sido un aliado crucial en la búsqueda de soluciones para las personas con discapacidad, ofreciendo herramientas y recursos que facilitan la comunicación y el acceso a la información (Toala et al., 2023). En la actualidad, existen herramientas tecnológicas diseñadas para la educación inclusiva, las cuales hacen accesible la educación a las personas con discapacidad auditiva. Estas herramientas pueden mejorar la comunicación entre profesores y estudiantes en estas condiciones, algunas de las cuales incluyen:

- **"Breaking Sound Barriers"**: Una aplicación móvil y web que busca fomentar la inclusión de jóvenes con discapacidad auditiva en entornos educativos, ofreciendo transcripciones en tiempo real de las conversaciones de los docentes. Además, permite tomar notas, formular preguntas, participar en foros, y más (Telefónica, 2018).

- **"Google Meet"**: Permite la activación de subtítulos durante las llamadas, facilitando la comprensión durante las videoconferencias (Google, 2023).
- **"Amazon Transcribe"**: Este servicio de reconocimiento automático de voz (ASR) simplifica la conversión de la voz a texto en aplicaciones y también se utiliza para subtitular. Permite etiquetar personas durante conversaciones o reuniones, facilitando la identificación para estudiantes con discapacidad auditiva (Amazon, 2023).
- **"Google Live Transcribe"**: Un proyecto de Google que transcribe el discurso en tiempo real en dispositivos Android, en más de 70 idiomas, y proporciona notificaciones sobre sonidos en el entorno del usuario (Google, 2019).
- **"Petralex"**: Una aplicación móvil que se ajusta automáticamente a la audición del usuario, aprovechando la tecnología de los teléfonos inteligentes para proporcionar una amplificación máxima del sonido, similar a la de un audífono convencional (Petralex, 2023).
- **"Háblalo"**: Una herramienta diseñada para ayudar a las personas con discapacidad auditiva a comunicarse, donde el usuario con discapacidad auditiva escribe un mensaje de texto mientras la aplicación lo reproduce, permitiendo que otra persona lo escuche y responda, con la aplicación transcribiendo el mensaje de vuelta al usuario con discapacidad auditiva (Techonologies, 2021).
- **"Apple Accessibility Hearing"**: Incluye un conjunto de herramientas para subtítulos, reducción de ruido en entornos ruidosos, comunicación en video de alta definición para lenguaje de señas, y RTT (Real-Time Text), una tecnología que permite la

transmisión instantánea de mensajes a medida que se escriben. Además, ofrece soporte para pantallas braille en todos sus dispositivos (Apple, 2023).

Este estudio expone el progreso de un prototipo tecnológico destinado específicamente a estudiantes universitarios con discapacidad auditiva. Este avance posee una importancia destacada tanto en el ámbito educativo como social, dado que su implementación puede significar una notable contribución a la promoción de la inclusión educativa y la igualdad de oportunidades en el entorno universitario. Al proporcionar herramientas y recursos accesibles, este desarrollo busca crear un ambiente más propicio para el aprendizaje y el desarrollo académico de este grupo de estudiantes.

MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Se aplicó la metodología de diseño de hardware "Top-Down", un enfoque estructurado y jerárquico utilizado en el desarrollo de sistemas de hardware complejos. Este método comienza con una visión global del sistema y progresivamente descompone sus componentes hasta llegar a los detalles más específicos. Al hacerlo, permite a los diseñadores obtener una comprensión completa y coherente del sistema desde el principio, lo cual facilita la identificación de requisitos y la planificación de la arquitectura del sistema.

El enfoque "Top-Down" ofrece a los diseñadores una mentalidad orientada a resolver problemas menores primero y luego integrarlos para abordar el problema principal. Siguiendo esta premisa, se

estableció la siguiente secuencia para el desarrollo del prototipo:

1. Se realizó un análisis sistemático de la literatura con el objetivo de recopilar, evaluar y sintetizar investigaciones existentes, así como prototipos que abordan problemáticas similares a las que se pretende resolver.

2. Etapas de desarrollo

- **Micrófono:** Esta fase comprende un sistema electrónico que incluye un micrófono integrado, el cual está conectado a un sistema de preamplificación de audio. Su objetivo es filtrar y mejorar la voz del interlocutor para luego ser enviada a un amplificador de audio.
- **Amplificador de Audio:** Esta etapa se caracteriza por aumentar la corriente, por ende, la potencia de la señal eléctrica proveniente del preamplificador. Además, ofrece la capacidad de conectarse a altavoces para la reproducción del audio analizado.
- **Transmisor/receptor de Audio Bluetooth Multipunto:** Este dispositivo permite recibir el audio del sistema amplificador y enviarlo vía Bluetooth a audífonos inalámbricos compatibles, posibilitando que el receptor (persona con discapacidad auditiva) escuche de manera más personalizada lo que dice el interlocutor.
- **Audífonos Inalámbricos Bluetooth:** Estos dispositivos reciben el audio del transmisor/receptor Bluetooth, permitiendo al receptor (persona con discapacidad auditiva) escuchar de manera más personalizada lo que dice el interlocutor.

- **Aplicación para Tableta electrónica o teléfono celular inteligente:** A través de estos dispositivos electrónicos, se recibe la señal de una cámara IP integrada en una aplicación desarrollada en Android Studio. Además, se ha incorporado un servicio de Google llamado "Transcripción instantánea" (traductor de voz a texto) con el fin de que sea posible visualizar en texto lo que el emisor está comentando.

En la figura 1 se presentan las etapas para la creación del prototipo completo, proporcionando una visión general del proceso de funcionamiento. Este procedimiento implica la captura de voz mediante un micrófono, cuya señal de audio es luego incrementada por un amplificador previamente elaborado en una placa. Posteriormente, esta señal es transmitida a través de un módulo transmisor/receptor multipunto Bluetooth y dirigida hacia unos audífonos, encargados de convertir la energía eléctrica amplificada en energía acústica.



Figura 1. Modelo de operación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el objetivo de confirmar la correcta operatividad del prototipo auditivo, se empleó el siguiente procedimiento:

Se utilizó un preamplificador de audio para acondicionar la señal proveniente del micrófono. Este dispositivo electrónico se encarga de filtrar la señal para asegurar que llegue a la etapa de amplificación de audio en las condiciones más óptimas posibles. Los esquemas y el preamplificador de audio se presentan en las figuras 2 y 3, respectivamente.

El circuito amplificador fue inicialmente evaluado en una protoboard y posteriormente elaborado en una placa fenólica. El circuito, mostrado en la figura 4, logra ajustar de manera satisfactoria la señal de audio transmitida desde un micrófono. Además, se conectaron altavoces al circuito, permitiendo la reproducción de la voz del docente situado en el área del pizarrón.

La aplicación móvil desarrollada con Android Studio ofrece al usuario la capacidad de transcribir la señal de audio a texto (Figura 5). Además de esta funcionalidad, se agregó una videocámara en el aula para permitir que el estudiante visualice las imágenes de la pizarra desde diversos ángulos y así mantenerse al tanto del tema académico tratado. La aplicación consta de dos pantallas, que se despliegan según las necesidades del usuario. Al pulsar el ícono del micrófono, se accede a una pantalla donde se puede enviar una señal de audio que será transcrita a texto. Por otro lado, el ícono de video proporciona la opción de conectar una cámara IP para visualizar la pizarra del aula.

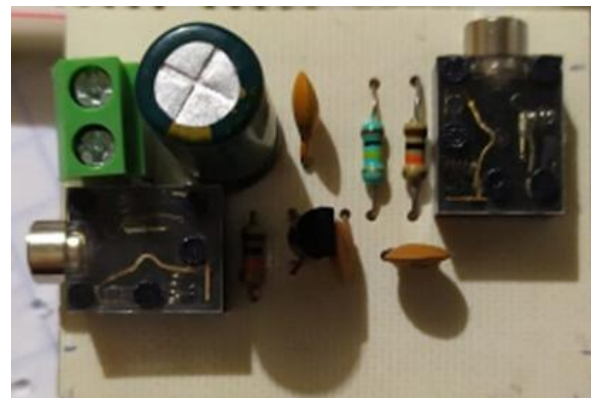


Figura 3. Circuito preamplificador de audio

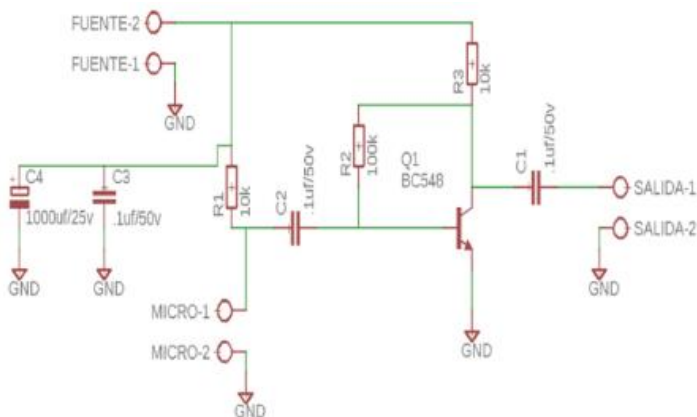


Figura 2. Esquema electrónico de preamplificador

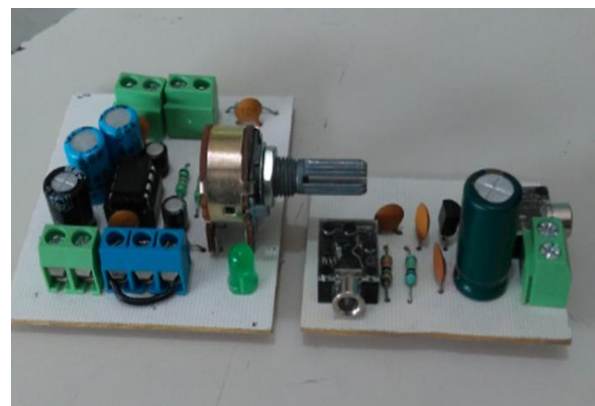


Figura 4. Circuito amplificador concluido

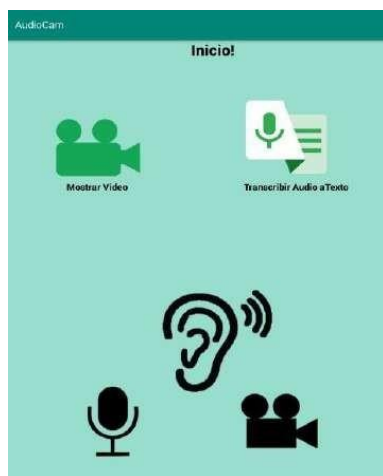


Figura 5. Aplicación móvil desarrollada en Android Studio

Para evaluar la efectividad del prototipo, se llevaron a cabo pruebas con un estudiante de ingeniería electrónica que padece de discapacidad auditiva. El alumno expresó que "su capacidad auditiva mejoró considerablemente". Actualmente, el prototipo se encuentra en la fase de pruebas, ya que es fundamental considerar diversos parámetros basados en las necesidades de comunicación de los estudiantes con discapacidades auditivas, así como la opinión de especialistas como otorrinolaringólogos y audiólogos. En la siguiente etapa, se planea evaluar el prototipo con 15 estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco que presentan discapacidad auditiva: 9 mujeres y 6 hombres.

Investigaciones recientes han explorado el uso de tecnología auditiva avanzada en entornos educativos. Un estudio realizado por Smith et al. (2019) investigó el impacto de audífonos avanzados en estudiantes universitarios con pérdida auditiva, demostrando una mejora significativa en la comprensión del habla en ambientes ruidosos.

Por otro lado, García et al. (2021) examinaron cómo los dispositivos de asistencia auditiva conectados a redes Wi-Fi mejoraron la calidad del sonido en el aula, facilitando una mejor comprensión de las lecciones y reduciendo la fatiga auditiva.

La tecnología también ha permitido el desarrollo de prototipos de audífonos más sofisticados, como el audífono inteligente desarrollado por Kim et al. (2020), que utiliza inteligencia artificial para ajustar automáticamente los niveles de sonido según el entorno y las preferencias auditivas del usuario. Además, la integración de tecnologías de realidad aumentada con audífonos, como lo investigado por Li et al. (2022), proporciona una experiencia educativa más inmersiva y enriquecedora.

El impacto de los prototipos auditivos en el rendimiento académico también ha sido estudiado. Johnson et al. (2021) encontraron que el uso de dispositivos de asistencia auditiva condujo a mejoras significativas en las calificaciones y la participación en clase de los estudiantes universitarios con discapacidad auditiva, resaltando la importancia de la accesibilidad a la información auditiva para el éxito académico.

CONCLUSIONES

Los análisis examinados resaltan la importancia y el potencial de los prototipos auditivos para enriquecer la experiencia educativa de los estudiantes universitarios con discapacidad auditiva. La aplicación de tecnología avanzada, como la inteligencia artificial y la realidad aumentada, abre nuevas oportunidades para desarrollar dispositivos que no solo mejoren la audición, sino que también se adapten a las necesidades individuales de los estudiantes.

La tecnología ofrece una vía significativa para mejorar la inclusión de estudiantes con discapacidad, al proporcionar herramientas que respaldan su proceso de aprendizaje. La implementación de estas herramientas en las aulas es crucial, ya que permite la integración de recursos digitales que enriquecen el entorno educativo y promueven una experiencia de aprendizaje inclusiva. Este enfoque considera la diversidad de los estudiantes en la institución y contribuye a transformar el ambiente de aprendizaje, lo que se traduce en un mejor desempeño académico.

El prototipo presentado emerge como una opción efectiva para el entorno educativo, actuando como una herramienta que mejora la comunicación en el aula. Esta asistencia tecnológica no solo enriquece el proceso de enseñanza y aprendizaje, sino que también amplía las oportunidades de desarrollo para las personas con discapacidad auditiva al facilitar una comunicación más clara y efectiva. Esto ayuda a los estudiantes a participar plenamente en las actividades académicas, mejorando su integración y éxito educativo.

Sin embargo, a medida que la investigación y el desarrollo en este campo continúan, es esencial que las instituciones educativas consideren la implementación de estas tecnologías. Estas no solo benefician a los estudiantes con discapacidades, sino que también fomentan una cultura de inclusión y diversidad dentro de la institución educativa.

REFERENCIAS

- Amazon. (2023). *Amazon Transcribe*. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/transcribe/>
- Apple. (2023). *Apple Accessibility: Hearing*. Obtenido de <https://www.apple.com/accessibility/hearing/>
- Arévalo, B. P. M., & Mendoza, R. C. M. (2024). Estrategias metodológicas para la inclusión de estudiantes con necesidades educativas específicas en el nivel de básica media. *Sinergia Académica*, 7(Especial 2), 113-125.
- OMS (2023). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- Cruz, J. A. G., Díaz, B. L. G., Rivas, D. L. M., León, R. B. O., Rovegno, J. R. R., & Valderrama, E. N. M. Y. (2023). Evaluación del aprendizaje en ciencias básicas y las habilidades cognitivas de estudiantes universitarios en los países andinos.
- Espitia Reina, M., & Murcia Rubio, Y. M. (2023). Maestro. Acciones y estrategias. Formas de sostener los procesos de enseñanza y aprendizaje en tiempos de pandemia.
- García, M., López, A., & Hernández, R. (2021). Impact of Wi-Fi connected hearing devices in higher education settings. *Educational Technology & Society*, 24(2), 89-101.
- GOBIERNO, D. M. (2021). Artículos 3 y 6 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Ciudad de México: Gobierno de México.
- Google. (2019). *Live Transcribe*. Obtenido de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.audio.hearing.visualization.accessibility.scribe&hl=en_US
- Google. (2023). *Activar subtítulos en Google Meet*. Obtenido de <https://support.google.com/meet/answer/9300310?hl=es&co=GENIE.Platform%3DAndroid>
- INEGI. (2020). *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática*. Obtenido de <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx>
- Johnson, D., Thompson, R., & Miller, A. (2021). Academic performance of university students using hearing assistive technology. *Journal of Educational Research*, 60(2), 178-192.
- Kim, S., Park, J., & Lee, K. (2020). Development of intelligent hearing aids with automatic sound level adjustment. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 67(4), 789-798.
- Li, X., Wang, Y., & Zhang, T. (2022). Augmented reality hearing aids: Enhancing educational experiences for hearing-impaired students. *Journal of Educational Technology*, 38(1), 42-58.
- Márquez Moreira, G. M., & Cueva Gaibor, D. A. (2020). Estudiantes con necesidades educativas especiales. Obstáculo o reto en la educación inclusiva universitaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 257-264.
- Martins, I. P., & Gordillo, M. M. (2022). La mirada CTS en la educación. *Revista Iberoamericana de*

- Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 17(51), 71-76.
- Maya, A. H., Montoya Martínez, M. D., Valencia López, Á. M., & Calzada Londoño, G. A. (2023). La educación inclusiva en la prosocialidad desde una perspectiva de la diversidad. *Revista Guillermo de Ockham*, 21(1), 79-96.
- Montoya-González, A. (2021). Educación inclusiva: ¿Cómo estamos?. *Revista Innova Educación*, 3(3), 33-52.
- ONU. (2006). *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/convention-rights-persons-disabilities>
- Peñaloza, W. L. P., Macas, M. E. C., Morocho, M. A. R., & Ibañez, H. R. C. (2023). Dificultad lecto-escritora y estado emocional de una niña con discapacidad auditiva: análisis del caso en el contexto universitario. *Polo del Conocimiento*, 8(9), 274-286.
- Petralex. (2023). *Petralex: Audífono para smartphone*. Obtenido de <https://petralex.pro/es>
- Reimers, F. M. (2022). *Reformas educativas del siglo XXI para un aprendizaje más profundo: Una perspectiva internacional* (Vol. 1). Narcea Ediciones.
- Smith, J., Brown, L., & Williams, H. (2019). Efficacy of advanced hearing aids in university students with hearing loss. *Journal of Audiology Research*, 45(3), 123-135.
- Techonologies, A. (2021). *Hablalo: Comunicación inclusiva para todos*. Obtenido de <https://hablalo.app/>
- Telefónica. (2018, 8 de febrero). *Telefónica presenta "Breaking Sound Barriers": Una app para la integración social de personas con discapacidad auditiva*. Obtenido de <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/telefonica-presenta-breaking-sound-barriers-una-app-para-la-integracion-social-de-personas-con-discapacidad-auditiva/>
- Toala, F. G. S., Mendez, H. I. A., Corella, G. M. A., & Hurtado, M. H. C. (2023). Cómo la tecnología está transformando la educación en el siglo XXI. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 6455-6474.
- Valdivieso, K. D. (2023). La educación inclusiva para jóvenes y adultos en América Latina, realidades de un sistema en construcción. *Polyphōnia: Revista de Educación Inclusiva/Polyphōnia: Inclusive Education Journal*, 7(1), 89.
- Vélez-Latorre, L., & Manjarrés-Carrizalez, D. (2020). La educación de los sujetos con discapacidad en Colombia: abordajes históricos, teóricos e investigativos en el contexto mundial y latinoamericano. *Revista colombiana de educación*, (78), 253-298.