

Tactille, tablero de Musicografía Braille

Valentina Bolaños-Hernández¹

¹Universidad La Salle México, Facultad Mexicana de Arquitectura, Diseño y Comunicación. Ciudad de México, México.
v.bolanos@lasallistas.org.mx

Resumen. La exclusión sistemática de las personas con discapacidad visual en la educación musical se debe a la escasez de materiales adaptados, la falta de formación docentes especializada y las barreras tecnológicas y económicas, lo que impide su participación plena. En este proyecto se expone el desarrollo de un recurso didáctico e interactivo, accesible orientado a facilitar el aprendizaje del sistema de Musicografía Braille que integre estímulos táctiles y auditivos con el objetivo de fomentar la autonomía, accesibilidad y comprensión de la notación musical básica en Braille, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible 4 y 10. El resultado fue el desarrollo del prototipo del dispositivo Tactille, un tablero con 8 teclas en alto relieve y retroalimentación sonora que traduce la simbología Braille en notas musicales.

Palabras clave: Educación inclusiva. Musicografía Braille. Diseño Sensorial

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

La exclusión educativa y cultural de las personas con discapacidad visual, en específico en el ámbito musical, es una problemática social prioritaria, pues esta impacta a los principios del derecho a la educación inclusiva, la participación cultural equitativa y el desarrollo integral de todas las personas. Esta problemática afecta particularmente a niñas y niños de entre 6 a 12 años en etapa escolar básica, quienes se encuentran en un momento formativo clave para desarrollar sus habilidades cognitivas, expresivas y sociales. En el caso de la educación musical, esta exclusión no solo limita el acceso a contenidos académicos, sino también a una forma de expresión personal, de bienestar emocional y de socialización, restringiendo de manera significativa las oportunidades de aprendizaje, autonomía y crecimiento en el campo musical de las infancias con discapacidad visual. A partir de entrevistas semiestructuradas realizadas en la Ciudad de México a estudiantes, docentes y musicoterapeutas, se identificó que las principales barreras se relacionan con la escasez de partituras en Braille, la complejidad del sistema de notación musical para personas con discapacidad visual, conocido como Musicografía Braille, y la ausencia de materiales didácticos accesibles. El diagnóstico obtenido muestra que, a nivel institucional, los modelos pedagógicos actualmente son centrados en la percepción visual de la notación musical convencional y de técnicas interpretativas, lo que ha generado que la educación musical sea estructuralmente excluyente. En el contexto mexicano, esta situación es particularmente visible en la educación primaria y en espacios especializados de enseñanza musical, donde la falta de capacitación docente en estrategias inclusivas obliga tanto a alumnos como a profesores a recurrir a soluciones autodidactas o adaptaciones improvisadas, sin un acompañamiento pedagógico sólido. Si bien existen esfuerzos como los proyectos implementados por la Facultad de Música de la UNAM, la Fundación ONCE para la Solidaridad con las Personas Ciegas de América Latina (FOAL) o la Asociación Mexicana de Musicoterapeutas, estas iniciativas resultan limitadas por el financiamiento o la cobertura, sin lograr atender de manera sistemática las barreras tecnológicas, económicas y pedagógicas. Factores como el alto costo de impresoras Braille, la adquisición de softwares especializados para la transcripción musical o la falta de subsidios para materiales tiflotecnológicos, continúan por ser los factores que restringen la accesibilidad de herramientas adaptadas. Esta problemática se relaciona directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 10, Reducción de las desigualdades, en particular con las metas 10.2 y 10.3 que promueven la inclusión social y la igualdad de oportunidades para todos los estudiantes; asimismo con el ODS 4, Educación de calidad, a través de las metas 4.5 y 4.7, orientadas a la eliminación de las disparidades en el acceso a la enseñanza, buscando asegurar metodologías inclusivas y culturalmente sensibles que reconozcan y valoren la diversidad cultural. En este contexto el proyecto Tactille, tablero de Musicografía Braille, representa una solución accesible y contextualizada que busca transformar las condiciones de exclusión mediante el enfoque de diseño universal. Este enfoque se refleja en el proceso al priorizar la ergonomía, la

retroalimentación táctil y sonora y la adaptabilidad del dispositivo, con el fin de garantizar que el recurso pueda ser utilizado por cualquier persona sin necesidad de conocer sobre el sistema musical braille, ni de ajustes posteriores, fomentando así la equidad en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

2 Objetivo

Desarrollar un recurso didáctico sensorial, accesible y funcional, mediante la creación de un tablero interactivo con teclas en relieve, retroalimentación auditiva y un diseño ergonómico basado en principios de diseño universal, que facilite la introducción al aprendizaje del sistema de Musicografía Braille en niñas y niños con discapacidad visual en etapa escolar, sin necesidad de conocimientos previos ni de apoyos externos como internet o software especializado, con el fin de promover su inclusión educativa y cultural a través del uso de tecnologías táctiles y auditivas, contribuyendo al cumplimiento del ODS 4 (Educación de calidad) en sus metas 4.5 y 4.7 y del ODS 10 (Reducción de las desigualdades) en sus metas 10.2 y 10.3.

3 Propuesta teórico-metodológica

Para atender la problemática prioritaria de la exclusión educativa de personas con discapacidad visual en el aprendizaje musical, se diseñó y desarrolló el dispositivo Tactille, un recurso didáctico sensorial orientado a facilitar la comprensión del sistema de musicografía Braille. El proyecto se sustentó en la metodología de doble diamante del British Design Council, que permitió estructurar el proceso en cuatro fases: descubrir, definir, desarrollar y entregar. Esta metodología fue elegida por su enfoque en la investigación centrada en el usuario, la identificación clara de necesidades y la iteración en el diseño, lo que la hace especialmente adecuada para proyectos de innovación educativa inclusiva. En la fase de descubrimiento se realizó una investigación etnográfica con enfoque cualitativo, basada en entrevistas semiestructuradas a niñas y niños con discapacidad visual de entre 6 y 12 años, docentes, pedagogos, psicólogos y musicoterapeutas de la Ciudad de México. La elección de este rango de edad se justificó porque corresponde a la etapa de educación básica, en la que se adquieren habilidades musicales iniciales y competencias cognitivas fundamentales. Las entrevistas permitieron identificar barreras pedagógicas (escasez de materiales accesibles), tecnológicas (alto costo de dispositivos adaptados), sociales (dependencia de la imitación auditiva) y formativas (falta de capacitación docente en estrategias inclusivas). En la fase de definición se consolidaron los hallazgos mediante un análisis documental y la comparación con experiencias y recursos análogos, concluyendo que la ausencia de materiales didácticos accesibles en musicografía Braille constituye una limitación estructural. Esta carencia se argumenta en la escasa disponibilidad de partituras impresas en Braille, los costos elevados de su producción y la falta de plataformas asequibles para su enseñanza. Durante la fase de desarrollo se aplicaron principios de diseño universal y diseño ergonómico para discapacidad visual, considerando criterios como: diferenciación táctil de teclas y botones, retroalimentación auditiva inmediata, dimensiones adaptadas a manos infantiles, resistencia de materiales y facilidad de reproducción mediante tecnologías de bajo costo como la impresión 3D. Estos criterios fueron fundamentales para la conceptualización de Tactille como un tablero con 8 teclas en relieve que simulan celdas Braille, incorporando retroalimentación sonora y niveles de aprendizaje (guiado, memorización y composición). Finalmente, en la fase de entrega se produjo y probó el prototipo, asegurando que cumpliera con los requisitos identificados: accesibilidad sin necesidad de conocimientos previos, autonomía en el aprendizaje y pertinencia pedagógica. De esta forma, la propuesta metodológica garantizó que Tactille surgiera directamente de las necesidades expresadas por sus usuarios y que se consolidara como una solución contextualizada y adecuada para promover la educación musical inclusiva.

4 Discusión de resultados

Se desarrolló el prototipo funcional de Tactille, proceso que implicó una serie de etapas técnicas y creativas para garantizar la funcionalidad, usabilidad y pertinencia pedagógica del recurso. La primera fase del desarrollo fue la elaboración del código de programación, que permite activar los sonidos de las 7 notas musicales de la escala de Do mayor (Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si), correspondientes a las combinaciones de los puntos dentro de las celdas Braille, basados en el sistema de musicografía Braille. Este programa fue desarrollado en lenguaje C++ para Arduino,

utilizando un microcontrolador que interpreta la activación de los botones físicos en cada una de las 8 teclas del tablero. Las combinaciones imitan la lógica del sistema Braille y proporcionan una respuesta auditiva inmediata mediante un buzzer, lo que permite al usuario identificar de manera táctil y auditiva las notas musicales de forma autónoma. Esta función resulta clave para atender las metas del ODS 4.5, orientadas a eliminar las disparidades educativas, al propiciar un aprendizaje musical que no dependa de supervisión constante. Posteriormente, se realizó el modelado tridimensional del dispositivo mediante software especializado. Se diseñaron todas las piezas que conforman el tablero, considerando principios de ergonomía para personas con discapacidad visual. Las teclas y botones fueron conceptualizados con texturas diferenciadas para facilitar el reconocimiento táctil, mientras que la carcasa se diseñó con morfología rectangular y bordes boleados, buscando suavizar la interacción y ofrecer un contacto ergonómico y amigable. La producción del prototipo se llevó a cabo mediante impresión 3D con filamento PLA, elegido por su resistencia al uso continuo y sus acabados táctiles adecuados. Finalmente, se realizaron pruebas de funcionamiento del prototipo, enfocadas en evaluar la precisión del código, la retroalimentación auditiva, la sensibilidad de los botones y la lógica de las combinaciones Braille. Es importante precisar que estas pruebas no se implementaron aún con usuarios finales, ya que el prototipo requiere mejoras en la programación y optimización del sistema antes de realizar un piloto con la población objetivo. En esta fase, se verificó que el dispositivo reconociera correctamente las combinaciones de puntos y que el sonido emitido fuera claro y comprensible. De esta forma, el dispositivo se alinea con el cumplimiento del ODS 10.2, al sentar las bases para potenciar la inclusión social de las personas con discapacidad visual mediante soluciones tecnológicas accesibles. El resultado es la producción de un prototipo educativo y accesible, capaz de traducir en tiempo real los principios de la notación musical Braille en una experiencia sensorial y autónoma. Tactille se posiciona, así como una solución concreta que busca impactar en la reducción de desigualdades y en el acceso equitativo a una educación de calidad, generando condiciones materiales y pedagógicas que promuevan la equidad, la autonomía y la inclusión en el aprendizaje musical.

5 Agradecimientos

Los autores agradecen a los asesores de este proyecto, los maestros Pablo Guerrero Pérez y Emiliano González Lozada, por su colaboración, guía y apoyo en la profundización del conocimiento de diseño y aportación de diferentes puntos de vista para desarrollar de la manera óptima la investigación, conceptualización y producción del prototipo de Tactille, Tablero de Musicografía Braille. Su experiencia y compromiso con la formación y crecimiento de los futuros diseñadores fueron fundamentales para el logro de este proyecto.

Así también a la jefa de carrera de la licenciatura en Diseño de Producto, Areli Maciel Regalado y el ingeniero Rafael, por sus observaciones y sugerencias que enriquecieron significativamente al desarrollo del proyecto.

A las familias, pedagogos y musicoterapeutas, quienes otorgaron su confianza y conocimientos para el desarrollo óptimo del proyecto.

También agradecen a la Universidad La Salle y a la Facultad Mexicana de Arquitectura, Diseño y Comunicación por brindar los espacios y recursos necesarios para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

6 Referencias

1. Bolívar-Chávez, O. E., Fernández-Ferrín, C. A., Palma-García, Y. V., & Mendieta-Torres, Y. A. (2019). La música como estrategia pedagógica. *Polo del Conocimiento*, 242–249.
2. Castro, P., & Martín, M. E. (s.f.). La Ergonomía Aplicada a la Deficiencia Visual.
3. Comisión Braille Española. (2021). *Documento técnico B 4-1: Orientaciones didácticas para la transcripción de obras musicales.* <https://www.once.es/servicios-sociales/braille/comision-braille-espanola/documentos-tecnicos/documentos-tecnicos-relacionados-con-el-braille/documentos-tecnicos-b-4-musicografia-braille>
4. Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación. (2022). *Discapacidad y derecho a la educación en México.*
5. México, E. (s.f.). *Discapacidad y derecho a la educación.* Gob.mx. Recuperado el 3 de marzo de 2025, de <https://www.mejoredu.gob.mx/images/publicaciones/Discapacidad-de-2022.pdf>

6. Organización Nacional de Ciegos Españoles. (2001). *La Musicografía Braille. Un acercamiento a la escritura musical para uso de las personas ciegos.* https://sidi-nico.usal.es/idocs/F8/FDO23231/musicografia_braille.pdf
7. Sepúlveda-Vallejo, A. L. (2016). *Proyecto Permanente para Apoyar la Formación Musical Profesional de Alumnos con Discapacidad Visual.* <https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/7075-la-convencion-10-anos-despues-avances-y-pendientes-en-arte-educacion-superior-y-tecnologia-coleccion-pudh>
8. Suárez-Román, J. C. (2016). Percepción de la música en la discapacidad visual.
9. Zamora López, P., & Marín Perabá, C. (2021). Tiflotecnologías para el alumnado con discapacidad visual. *ACADEMO*, 8(1): 109-118.
10. NotimexTV. (2016, 26 marzo). *Educación musical para personas con discapacidad* [Vídeo]. YouTube. Recuperado 6 de febrero de 2025, de <https://www.youtube.com/watch?v=LASBLmC2FzI>
11. Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de Yucatán [SEGEY]. (2022). Colección «Juntos trabajamos por la inclusión»: Discapacidad visual (Tomo 7). Recuperado 16 de febrero de 2025, de https://educacionespecial.sep.gob.mx/storage/recursos/2023/07/6pOQUihhQk-230301_Tomo7_DiscapacidadVisual.pdf

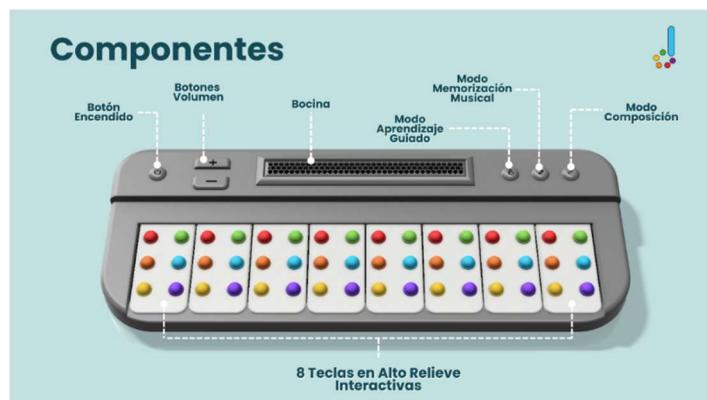


Figura 1. Render del modelado 3D de Tactille, tablero de Musicografía Braille. Fuente. Elaboración propia.



Figura 2. Representación de modo de uso de Tactille. Fuente. Elaboración propia



Figura 3. Detalle de la representación de la notación musical en Braille en las teclas de Tactille. Fuente. Elaboración propia.