



Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado
Secretaría de Ciencia y Tecnología

SISTEMA DE INFORMACION DE CIENCIA Y
TECNOLOGIA (SICyT)

FORMULARIO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Código del Proyecto: AMTCCO0008723TC

1. Unidad Científico-Tecnológica

FR Córdoba - CIII: CENTRO DE INVESTIGACION EN INFORMATICA PARA INGENIERÍA

2. Denominación del PID

DESARROLLO MECATRÓNICO DE INTERFACES BRAILLE PARA LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE MATEMÁTICAS Y CÁLCULO A DISMINUIDOS VISUALES

3. Resumen Técnico del PID

La accesibilidad de personas ciegas o disminuidas visuales a la educación universitaria y su posterior inserción laboral es una preocupación mundial. La accesibilidad que permiten modernos sistemas de software que interpretan el texto contenido en pantallas y le narran el contenido al individuo ciego está vigente y ha tenido éxito para las ciencias blandas. La problemática a resolver y los desafíos de este siglo se encuentran en la enseñanza a los no videntes de las STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) y principalmente de la ciencia de base que son las matemáticas. Este proyecto se enfoca a la accesibilidad de disminuidos visuales en el aprendizaje de las matemáticas universitarias mediante la inclusión de sistemas táctiles en donde el alumno pueda ir "leyendo" con sus dedos la codificación en Braille de las expresiones matemáticas. El objetivo será la investigación, desarrollo y construcción de dispositivos mecatrónicos Braille y arreglos táctiles para disminuidos visuales. El estudio comprende el relevamiento de los principios de funcionamiento de los dispositivos táctiles más modernos -líneas Braille y tablets con arreglos de puntos- desde donde se extraerán requerimientos de diseño. Se buscará miniaturizar las actuaciones y el consumo de energético mediante el diseño de pines biestables. En la electrónica se utilizarán microprocesadores compactos y comunicación vía bluetooth. En el software, se pretende poder interpretar Braille en diferentes convenciones -Nemeth, UEB y la utilizada por el software EDICO- para generar consignas a la línea Braille. El diseño mecánico, se pretende que sea modular y sencillo utilizando mecanismos flexibles de fácil construcción monolítica mediante técnicas de impresión 3D. Finalmente, se explorarán soluciones que también permitan graficar funciones y figuras geométricas mediante arreglos de pines. Se busca generar un impacto en el acceso a líneas Braille para que los disminuidos visuales aprendan matemáticas con potencial extensión otras ciencias, la música y las artes.

4. Programa

Aplicaciones Mecánicas y Mecatrónica

5. Proyecto

Tipo de Proyecto: PID EQUIPOS CONSOLIDADOS CON INCENTIVOS

Tipo de Actividad: Investigación Aplicada

Campos de Aplicación:

Rubro	Descrip. Actividad	Otra (especificada)
INDUSTRIAL (Producción y tecnología)	Otros - Prod. met., maquinaria y equip.- (Especificar)	Línea de celdas Braille
DESARROLLO DE LA EDUCACION	Ciencia y tecnología	

Disciplinas Científicas:

Rubro	Disciplina Científica	Otras Disciplinas Científicas
MATEMÁTICA	Otras - Matemática (Especificar)	Acceso a las Matemáticas para disminuidos visuales
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Control	-
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Electrónica	-
INGENIERÍA MECANICA	Diseño	-
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA	Comunicación Humano-Computadora	-

Palabras Clave

MECATRONICA CONTROL MECANISMOS BRAILLE ENSEÑANZA MATEMATICAS

6. Fechas de realización

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
01/04/2023	31/03/2026	36 meses	-

7.1 Aprobación / Acreditación / Reconocimiento (para ser completado por la FR cuando se posea N° Resolución)

N° de Resolución de aprobación de la FR:

7.2 Homologación (para ser completado por la SCyT - Rectorado)

Código SCyT: AMTCCO0008723TC

Disposición SCyT:

Código Ministerio:

8. Estado (para ser completado por la SCyT - Rectorado)

EN TRÁMITE

9. Avales (presentación obligatoria de avales)

10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID

Apellido	Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos	Cargo docente	Año cargo docente	Categ. Investigador Universitario	Categ. Prog. Incentivos	
PUCHETA	MARTÍN ALEJO	DIRECTOR	20	01/04/2023	31/03/2026		Profesor Titular	2019	Investigador B	Investigador III	Descargar CV
GAYDOU	DAVID ALEJANDRO	CO-DIRECTOR	20	01/04/2023	31/03/2026		<ul style="list-style-type: none"> Jefe de Trabajos Prácticos Profesor Adjunto 	2021	Investigador B	Investigador V	Descargar CV
LUNA	FEDERICO ISAAC	BECARIO BINID	20	01/04/2023	31/03/2026				Sin categoría	Sin categoría	Descargar CV
RESTREPO BLANDON	FREDY ALEXANDER	INVESTIGADOR FORMADO	20	01/04/2023	31/03/2026		Ayudante de 1ra	2020	Investigador E	Ninguna	Descargar CV
BETORELLO	MATIAS PEDRO	BECARIO ALUMNO UTN-SCYT	6	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Ninguna	Descargar CV
ALIENDO	ULISES	BECARIO ALUMNO UTN-SAE	6	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Ninguna	Descargar CV
GALLARDO	ALEJANDRO GASTÓN	BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS	20	01/04/2023	31/03/2026		Ayudante de 1ra	2022	Ninguna	Ninguna	Descargar CV

11. Datos de la investigación

Estado actual de conocimiento del tema

La accesibilidad de personas ciegas o disminuidas visuales a la educación universitaria y su posterior inserción laboral es una preocupación mundial. La accesibilidad que se puede resolver mediante modernos sistemas de software (del tipo narrador o *voice over*) como NVDA y JAWS, que interpretan texto y le hablan al individuo ciego, está vigente para las ciencias blandas y ha tenido éxito. La problemática a resolver y los desafíos de este siglo se encuentran en la enseñanza de las STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) y principalmente de la ciencia de base que son las matemáticas (la sigla también vigente STEAM incluye además a las Artes y dentro de ella a la música). Este proyecto se enfoca a la accesibilidad de disminuidos visuales en el aprendizaje de las matemáticas universitarias mediante la inclusión de sistemas táctiles. El objetivo será la investigación y desarrollo de dispositivos mecatrónicos Braille y arreglos táctiles para disminuidos visuales.

Como marco institucional de partida, vemos pertinente remarcar que la Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional (FRC-UTN) forma parte de las siete casas de altos estudios que integran la Red de Inclusión de la Discapacidad en las Universidades Cordobesas (Red IDUC), y con ello, la FRC-UTN asume el compromiso de promover y hacer efectiva la inclusión de las personas con discapacidad en las universidades y tiene vigente a la discapacidad como tema de derechos humanos en el marco de la Convención de los Derechos de las Personas con Discapacidad CDPD (ONU, 2006) la que es Ley 26.378 /2008 en Argentina, erigida con status constitucional por la Ley 27.044 y promulgada el 11 de diciembre de 2014. La CDPD establece:

“Los Estados Parte reconocen el derecho de las personas con discapacidad a la educación (...) asegurarán un sistema de educación inclusivo a todos los niveles así como la enseñanza a lo largo de la vida” (Art. 24, inc. 1) y
 “asegurarán que las personas con discapacidad tengan acceso general a la educación superior,(...) y el aprendizaje durante toda la vida sin discriminación y en igualdad de condiciones con las demás”. (Art.24, inc.5)

Resulta fundamental que las universidades promuevan, desde este enfoque de derechos, el diseño y planificación de políticas y acciones, su desarrollo y ejecución, y su consecuente evaluación institucional, para garantizar la igualdad de oportunidades y de condiciones para las personas con discapacidad (Pautas Generales de la Red IDUC [IDUC11]).

Como docentes e investigadores de ingeniería, entendemos que es de la mano de la tecnología como podemos aportar en la materialización de la igualdad de oportunidades y condiciones para las personas con discapacidad que deciden estudiar una ingeniería en la FRC-UTN. Esta forma de pensar la tecnología, la innovación y la excelencia al servicio de la inclusión y el progreso social ha consolidado en las Tecnologías Inclusivas un área de investigación, que en la última década ha tomando más y más fuerza, como bien lo menciona Carmen Artigas, Secretaria de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial de España, en el marco de la 6ta edición de la feria TIFLOINNOVA 2022 patrocinada e impulsada por el Grupo Social ONCE (celebrada el pasado 22 de abril del presente año [TIF22]).

Actualmente, el Grupo Social ONCE (Organización Nacional de Ciegos Españoles) invierte fuertemente en la edición bibliográfica en Braille, para la accesibilidad de textos académicos con contenidos matemáticos (Servicio Bibliográfico Once [SBO22]), amparados por el Tratado de Marrakech [Wik22] en cuanto a excepciones sobre derechos de autor cuando los destinatarios son disminuidos visuales. No obstante, en la Argentina la enseñanza de disminuidos visuales tiene una fuerte tendencia a la reducción de costos, a tal punto, que se ha venido desplazando sistemáticamente la enseñanza del Braille en la escuela secundaria, y enfatizando en el empleo exclusivo de tecnologías de software y pantallas parlantes. Pero esto no es efectivo para la enseñanza de las matemáticas en donde las estructuras de las ecuaciones y el número de símbolos necesarios que ser memorizados por el estudiantes para realizar algoritmos básicos de sumas/restas, multiplicación/división, se tornan muy complejos. De esta forma, los estudiantes con discapacidad visual salen de la escuela

secundaria con un pobre repertorio cognitivo en lo que respecta a las ciencias básicas, y en particular en las matemáticas. Y con ello, las expectativas de los estudiantes ciegos se ven restringidas a carreras como: derecho, lenguas y psicología, y en su gran mayoría, descartan las carreras universitarias para aprender un oficio: interpretar un instrumento o hacer manualidades. Este breve panorama recubre la desigualdad y evidencia las barreras, actitudes negativas y la exclusión por parte de la sociedad (voluntaria o involuntariamente); como bien plantea Agustina Palacios en el modelo social de la discapacidad, esos factores determinan quién tiene una discapacidad y quien no en cada sociedad concreta [Pa08].

Las interfaces táctiles como líneas Braille de 14 a 40 celdas con celdas de 6 u 8 puntos, permiten que el alumno no vidente y también el sordo-no vidente, tenga un canal adicional de comunicación y expresión que acelera el aprendizaje, reduce las frustraciones y conduce a la equidad y a la autonomía. El empleo exclusivo de software para la enseñanza de matemáticas a no videntes ha complejizado el proceso pedagógico y tiende a prescindir de las interfaces táctiles como arreglos de líneas Braille en donde el ciego utiliza sus dedos para leer código que él traduce a una expresión oral o también escrita. Las ecuaciones matemáticas requieren del empleo de más puntos por cada celda Braille, de allí el empleo de celdas de 8 puntos donde las combinaciones pasan de 64 (arreglo Braille de 3 filas x 2 columnas) a 256 (arreglo Braille de 4 filas x 2 columnas). Las interfaces táctiles [FS22, Bli22, VVB08, HP22] son costosas y en nuestro país están poco accesibles en las universidades, en general, son productos no fabricados en la Argentina. Para este proyecto, es de interés desarrollar un producto de bajo costo y efectivo en sus funcionalidad.



(a) Blitab



(b) Metec: Tactile 2D y HyperBraille F



(c) Freedom Scientific: Focus 40

El objetivo de este proyecto es desarrollar interfaces táctiles de bajo costo y como aporte, utilizar técnicas mecatrónicas modernas de bajo consumo y estandarizable, utilizando además, modernas técnicas de diseño de mecanismos flexibles biestables, motorización de pines de arreglos utilizando imanes permanentes, técnicas de impresión 3D y técnicas digitales avanzadas, técnicas de diseño de plaquetas electrónicas multicapa y de sistemas embebidos de última generación.

También formará parte del proyecto la codificación de ecuaciones que actúen las líneas táctiles, para lo cual existen varias convenciones en su simbología, sintaxis y semántica. En general, la principal dificultad para enunciarlas y para interpretarlas es que son lineales, se escriben en una única línea. "Leer" una ecuación lineal con un dedo sobre Braille e ir armando mentalmente una ecuación es más fácil que escucharla. Si la recorremos con un dedo y "nos perdemos" podemos volver atrás hacia un par de celdas atrás y retomar la ecuación e interpretación. Si la estamos escuchando y "nos perdemos", debemos indicarle a un software que la repita por completo y se demora más tiempo. En norteamérica se emplea el Nemeth Code desarrollado por el Dr. Abraham Nemeth [CN22], y el Unified English Braille (UEB). En la Argentina y Latinoamérica se emplea el EDICO popularizado por el Licenciado en matemáticas y no vidente Juan José Della Barca. La codificación de fondo para los símbolos matemáticos se realiza con el Unicode Braille. Al código EDICO y al Unicode Braille, en particular, lo utiliza el Dr. Restrepo Blandón para asistir a no videntes en la Universidad Nacional del Córdoba.

Al día de la presentación del proyecto, el equipo de trabajo ha tenido resultados de investigación en forma separada, los Dres. Pucheta, Gaydou y Gallardo en temáticas de mecanismos y mecatrónica, y el Dr. Restrepo Blandón en la asistencia a alumnos universitarios ciegos en su aprendizaje de matemáticas y cálculo, en la FRC-UTN y en la UNC. Es la intención principal de este proyecto lograr una sinergia entre los investigadores y grupos de interesados que se vayan sumando para lograr un producto tangible y útil para la sociedad, que sume un canal táctil, kinestésico y motivador al proceso de enseñanza/aprendizaje de las matemáticas a alumnos ciegos. El canal táctil permitirá a futuro extender la accesibilidad para alumnos con sordoceguera.

Referencias:

[CN22] Caryn Navy, The History of the Nemeth Code: An Interview with Dr. Abraham Nemeth, Accedido: 22/Jun/2022 <https://nfb.org/sites/www.nfb.org/files/images/nfb/publications/fr/fr28/fr280110.htm>

[Bli22] Blitab, Accedido:22/Jun/2022, <http://blitab.com/>

[SBO22] Servicio Bibliográfico Once, Accedido:22/Jun/2022, video: <https://youtu.be/MWqfgvmtRZk>

[FS22] Focus 40, Freedom Scientific, Accedido:22/Jun/2022, <https://www.freedomscientific.com/products/blindness/focus40brailledisplay/>

[HP22] HyperBraille, <https://metec-ag.de/en/produkte-graphik-display.php?p=t2d>

[IDUC11] Red de inclusión de la discapacidad en las universidades de Córdoba - Pautas generales para la inclusión de personas con discapacidad en las universidades de la RED IDUC, Accedido:22/Jun/2022, documento: <https://drive.google.com/file/d/1ak-SSiFrI87HaVIX1-eMuY-t5dmIW-J2/view>

[Pa08] Agustina Palacios, El modelo social de discapacidad: orígenes, caracterización y plasmación en la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, CERMI, Ediciones Cinca, 2008. Libro accesible desde: https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_social_de_la_discapacidad.

[TIF22] TIFLOINNOVA 2022: Inauguración y primer paseo por los stands Accedido:22/Jun/2022, video: <https://www.youtube.com/watch?v=1qHqDz4IT4>

[Wik22] Tratado de Marrakech (de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual - OMPI), Wikipedia, Accedido:22/Jun/2022 https://es.wikipedia.org/wiki/Tratado_de_Marrakech

[VWB08] Thorsten Völkel, Gerhard Weber & Ulrich Baumann, Tactile Graphics Revised: The Novel BrailleDis 9000 Pin-Matrix Device with Multitouch Input, *11th International Conference on Computers for Handicapped Persons - ICCHP 2008: Computers Helping People with Special Needs*, July 9-11 2008, Linz, Austria, pp 835-84.

Grado de Avance

El equipo de trabajo posee antecedentes en el diseño de mecanismos y sistemas mecatrónicos para actuar plataformas paralelas flexibles de precisión [GP21, PG20, PG18, GP18, GP19a-b, PGG19, PC07], motores tipo voice coil de precisión [PGB*21, PGFG21], drones [GSP*14], motores brushless [GDO*18] y robots móviles [PPAG*14ab]. Además, se tienen antecedentes en el diseño mecánico de mecanismos con biestabilidad [PVTG12] para interruptores de circuito y mecanismos de trenes de aterrizaje [PC10].

Para este proyecto, se utilizará energía para cambiar de estado a los puntos Braille (refresco) y se mantendrán desenergizados durante su lectura con los dedos. Mecánicamente, los pines activos deberán tener suficiente resistencia de oposición para que no se hundan ante el paso de los dedos en su proceso de lectura. Relevante e innovar en las posibles formas de actuación de los pines serán actividades del proyecto. Se tiene experiencia en actuadores del tipo voice coil.

Se han relevado numerosos productos como los que se quieren desarrollar en este proyecto -líneas Braille y pantallas táctiles- y sus costos que van de un rango de 1500 a 50000 dólares. De estos productos se han relevado numerosas especificaciones y restricciones de diseño que se ampliarán en este proyecto.

También se ha avanzado en el estudio de las codificaciones Braille para matemáticas, la cual impone el empleo de un mayor número de símbolos. Existen diversas representaciones computacionales de archivos en Braille y sus símbolos. Los patrones de Braille en bloque Unicode contienen los 256 patrones posibles de una celda braille de 8 puntos [Jrg22], por lo que incluyen el rango completo de celdas de 6 puntos. En Unicode [Uni22], una celda braille no tiene una letra ni un significado definido. Por ejemplo, Unicode no define U + 2817 ? como "R". El unicode es independiente de la sintaxis y semántica que se utilice para las ecuaciones pero impone el requerimiento de usar 8 puntos por celda. Para la sintaxis y semántica el sistema soportará la convención adoptada: Nemeth (usado en WIMATS [Wi22]), UEB, la notación del software EDICO [AECV*20] y la convención de Mazzei [Ma88] y Della Barca [DB22]. Se conoce además que las consignas de control para actuar la línea Braille o arreglo de pines para graficación pueden generarse desde la interpretación de código en JAVA, XHTML, MathML, Latex y MathJAX.

Se trabajará en constante actualización de novedades de instituciones internacionales, latinoamericanas y nacionales relacionadas a los disminuidos visuales y principalmente a la enseñanza de las matemáticas. Para ello ya se han relevado las más importantes:

- American Foundation for the Blind (AFB, Estados Unidos), <https://www.afb.org/> (que cuenta con un relevamiento numeroso de material y software para enseñanza)
- International Council for Education of People with Visual Impairment <https://icevi.org/> (Promotores del soft WIMAT desarrollado en la India)
- Grupo Social ONCE (España) <https://www.once.es/> (Promotores del software EDICO)
- Unión Latinoamericana de Ciegos, <http://www.uladigital.org/> (en donde existe un Comisión Técnica que tiene a su cargo la actualización del Código Matemático Unificado)
- ASAERCA, Asociación Argentina de Profesionales de la Discapacidad Visual, <https://asaerca.com.ar/> (en donde se han dictado cursos como: Matemática & físico-química y discapacidad visual)
- Biblioteca Argentina para Ciegos – BAC,
- Agencia Nacional de Discapacidad, (Promueve desde el estado, la Nueva Ley de Discapacidad)

Referencias:

[DB22] Juan José Della Barca, Notación Matemática Braille. Editora Nacional Braille y Libro Parlante. (ISBN 950-43-9993-2) Libro online accedido: 22/06/2022 http://mate.dm.uba.ar/~spuddu/della_barca/

[AECV*20] Ana María Alonso Sendín, Pilar Estivill Masip, Jaime Muñoz Carenas, José María Villar Pérez, Manual de Usuario de EDICO Matemáticas, Especialistas de Matemáticas, ONCE-Dirección de Educación, Noviembre 2020. Accesible en: <http://educacion.once.es/documentacion-1/edico/manual-edico-matematicas/download>

[Ma88] Susana Mazzei, Notación Matemática Braille, transcripción a caracteres visuales del libro coeditado en sistema braille por Editora Nacional Braille y Libro Parlante y la Biblioteca Argentina para Ciegos (1998).

[UEB22] Unified English Braille, Accedido: 23/06/2022 <https://uebmath.aphtech.org/>

[NC22] Nemeth Code, Accedido: 23/06/2022 <https://nemeth.aphtech.org/>

[Uni22] Unicode, Accedido: 23/06/2022 <https://unicode.org/>

[Jrg22] Braille Unicode de 8 puntos, Accedido: 23/06/2022 <https://jrgraphix.net/r/Unicode/2800-28FF>

[Wi22] WIMATS, Application software to transcript mathematical and scientific text input into braille script., <https://en.wikipedia.org/wiki/WIMATS>

[MJ22] MATHJAX, Accessibility Extension: Speech & Braille support. Accedido: 23/06/2022 <https://docs.mathjax.org/en/latest/basic/a11y-extensions.html>

Antecedentes:

[GP21] Alejandro G. Gallardo, Martín Pucheta (2021) [Synthesis of a Tip-Tilt-Piston Flexure System with Decoupled Actuators](#) In: M. Pucheta, A. Cardona, S. Preidikman, R. Hecker (eds) *Multibody Mechatronic Systems: Papers from the MUSME Conference in 2020, Mechanisms and Machine Science*, vol. 110, chap. 1, 3-12, Springer, 2021.

[PG20] Martín Pucheta, Alejandro G. Gallardo (2020) [Synthesis of Hybrid Flexible Mechanisms Using Beams and Spatial Design Constraints](#) In: M. Pucheta, A. Cardona, S. Preidikman, R. Hecker (eds) *Multibody Mechatronic Systems: Papers from the MUSME Conference in 2020, Mechanisms and Machine Science*, vol. 94, chap. 16, 47-56, Springer, 2020.

- [PG18] Martin Pucheta, Alejandro G. Gallardo (2018) [Synthesis of Precision Flexible Mechanisms Using Screw Theory with a Finite Elements Validation](#). In: Carvalho J., Martins D., Simoni R., Simas H. (eds) *Multibody Mechatronic Systems*. Proceedings of the MUSME Conference held in Florianópolis, Brazil, October 24-28, 2017. *Mechanisms and Machine Science*, vol. 54, chap. 1, p. 3-14, Springer, Cham.
- [GP18] Alejandro G. Gallardo, Martin Pucheta (2018) ["Synthesis of Precision Flexible Mechanisms Using Screw Theory and Beam Constraints"](#), *Int. J. of Mechanisms and Robotic Systems (JMRS)*, 4(4):277-204.
- [PGBA21] Martín A. Pucheta, Alejandro G. Gallardo, Matías P. Bertorello, Ulises Aliendo, Rodrigo T. González ["Cosimulación de la Actuación Electromecánica para Metamateriales Mecánicos Activos"](#), *Mecánica Computacional Volume XXXVIII*. Number 29. *Modeling of Multibody Systems*, Resumen, p. 1141, XXXVII Congreso Argentino de Mecánica Computacional - MECOM 2021, Resistencia, Argentina, 1-5 de noviembre de 2021.
- [PGB*21] Martín A. Pucheta, Alejandro G. Gallardo, Rodrigo T. González, Juan A. Bernad y Stéfano Fantín. ["Diseño de mecanismos flexibles tip-tilt piston utilizando Teoría de Helicoides"](#), *Revista MACI 2021*, Volumen 8, págs 527-530, Actas del VIII Congreso de Matemática Aplicada, Computacional e Industrial - MACI 2021, Artículo completo, 3 al 7 de Mayo, La Plata, Argentina.
- [PGFG21] Martín A. Pucheta, Alejandro G. Gallardo, Stéfano Fantín y Rodrigo T. González. ["Metamateriales mecánicos con actuadores electromagnéticos"](#), *Revista MACI 2021*, Volumen 8, págs 531-535, Actas del VIII Congreso de Matemática Aplicada, Computacional e Industrial - MACI 2021, Artículo completo, 3 al 7 de Mayo, La Plata, Argentina.
- [GP19a] Alejandro G. Gallardo, Martín A. Pucheta. ["Análisis de los Movimientos Parasitarios en Función de la Ubicación de los Elementos Flexores de un Mecanismo Flexible Paralelo"](#), Actas del VII Congreso de Matemática Aplicada, Computacional e Industrial - MACI 2019, Luis R. Ceballos, Claudia M. Gariboldi, Bruno A. Rocca (Eds.), Artículo completo, p. 217-220, 8 al 10 de Mayo, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- [GP19b] Alejandro G. Gallardo, Martín A. Pucheta. ["Análisis Modal de Mecanismos Flexibles Utilizando Teoría de Helicoides"](#), *Mecánica Computacional Volume XXXVII*. Number 37. *Modeling of Multibody Systems (B)*, Resumen, p. 1533, ENIEF 2019, Santa Fe, Argentina, 5-7 de noviembre de 2019.
- [PGG19] Martín A. Pucheta, Alejandro G. Gallardo, Rodrigo T. González. ["Graph Representation of Flexure Precision Stages and Their Applications"](#), *Mecánica Computacional Volume XXXVII*. Number 37. *Modeling of Multibody Systems (B)*, Resumen, p. 1535, ENIEF 2019, Santa Fe, Argentina, 5-7 de noviembre de 2019.
- [PVTG12] M.A. Pucheta, A. Butti, V. Tamellini, A. Cardona y L. Ghezzi. [Topological Synthesis of Planar Metamorphic Mechanisms for Low Voltage Circuit Breakers](#), *Mechanics Based Design of Structures and Machines (Special Issue of MUSME 2011)*, 40(4):453-468, 2012.
- [PC10] M.A. Pucheta and A. Cardona. [Design of Bistable Compliant Mechanisms using Precision-Position and Rigid-body Replacement Methods](#), *Mechanism and Machine Theory*, 45(2):304-326, 2010.
- [PC07] M. Pucheta y A. Cardona. Kinematics Synthesis of Compliant Mechanisms using Rigid-Body Replacement. En *Multibody Dynamics 2007, ECCOMAS Thematic Conference*, Milano, Italy, 25-28 Junio de 2007. Editores: C.L. Bottasso, P. Masarati, L. Trainelli (Premio *Student Travel Award* para M. Pucheta).
- [GDO*18] David Gaydou, Iván Dipré, Matias Olmedo, Diego Gonzalez Dondo, and Gastón Araguás, "Implementación de un driver de control para motores bldc sin sensores", En *Congreso Argentino de Sistemas Embebidos CASE 2018: libro de trabajos en modalidad foro tecnológico y resumen*, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba Córdoba, Argentina, Agosto 2018.
- [GSP*14] David Gaydou, Gonzalo Suarez, Claudio Paz, Gonzalo Perez Paina y Gastón Araguás, "Robot volador no tripulado QA3. Diseño y construcción de un cuatrirrotor para experimentación" VIII Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), Buenos Aires, Argentina. Nov. 2014.
- [PPAG*14a] Gonzalo Perez Paina, Gastón Araguás, David Gaydou, Guillermo Steiner, Luis Canali, "RoMAA-II, an Open Architecture Mobile Robot", *IEEE Latin America Transactions*, vol. 15, issue 5, pp. 915-921, Aug. 2014. ISSN: 1548-0992.
- [PPAG*14b] Gonzalo Perez Paina, Gastón Araguás, David Gaydou, Guillermo Steiner, Luis Canali, "Robot Móvil de Arquitectura Abierta, RoMAA-II", *IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON)*, pp.537-542, ISBN: 978-1-4799-4270-. Bariloche, Argentina, Junio 2014.

Objetivos de la investigación

En el proyecto se proponen los siguientes objetivos generales y específicos.

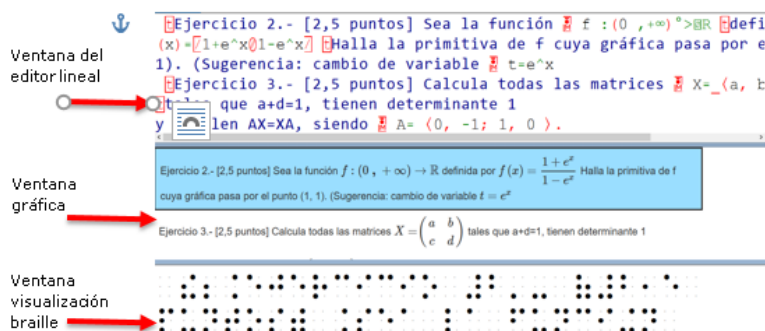
Objetivos generales:

1. Contribuir a la igualdad de derechos de disminuidos visuales en cuanto al acceso al cursado de carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) con los recursos tecnológicos apropiados.
2. Iniciar una línea de desarrollo nacional de dispositivos mecatrónicos táctiles para asistencia a disminuidos visuales, ciegos y sordociegos en su aprendizaje de matemáticas.
3. Incorporar los dispositivos táctiles desarrollados como salida de software en un marco de enseñanza/aprendizaje y relación docente/alumno que explote las capacidades táctiles, kinestésicas y auditivas del alumno en una forma sinérgica para un proceso fluido y sin frustraciones.
4. Preveer la extensibilidad del arreglo Braille a símbolos químicos y musicales, y, de este modo abarcar mayor parte de las STEAM.
5. Generar plataformas de hardware (arreglos de pines móviles) para soporte de investigaciones multidisciplinarias en fusiones táctiles y aurales a realizarse con otros grupos y centros de la FRC-UTN, por ejemplo, con el Centro de Investigación y Transferencia en Acústica - CINTRA (UTN-CONICET).

Objetivos específicos:

1. Conocer los principios de funcionamiento más recientes utilizados en patentes de productos del mercado para elevar los puntos Braille y de graficadores.
2. Proponer alternativas electromecánicas que miniaturicen la mecánica y la actuación de arreglos de pines.
3. Construir arreglos táctiles para líneas Braille para la representación de ecuaciones matemáticas y de graficación funciones.
4. Desarrollar la comunicación (vía cable, bluetooth, etc.) entre el software que represente ecuaciones matemáticas en una pantalla y el dispositivo de representación física en Braille matemático.

- Estudiar las diferencias entre los sistemas de codificación de Braille matemático más utilizados: Nemeth, UEB, EDICO. Principalmente, considerar las expresiones matemáticas multilinea y generar consignas de prueba del sistema.
- Desarrollar técnicas digitales y elegir los microcontroladores más adecuados para actuar arreglos de pines.
- Probar el sistema como una tríada: (1) software editor de ecuaciones, (2) narrador "voice over" y (3) línea Braille construida en este proyecto (ver imagen siguiente), y determinar cómo se integrará en la enseñanza a alumnos ciegos en la FRC-UTN y en la UNC; las pruebas con alumnos ciegos no serán parte de este proyecto.



Descripción de la metodología

Para cumplir con los objetivos específicos descriptos anteriormente se llevarán a cabo las siguientes tareas de I&D:

OE1. Conocer los principios de funcionamiento más recientes utilizados en patentes de productos del mercado para elevar los puntos Braille y de graficadores.

- Se relevarán patentes y publicaciones científicas, se clasificarán los productos en líneas Braille y en arreglos graficadores. Luego, se utilizarán otras categorías que se crean conveniente.
- Cada diseño se evaluará en su mecatrónica: en cómo producen movimiento al pin, su vinculación elástica y enclavamiento del pin, sus características mecánicas y topología de conexiones de flexores, su actuación (solenoides, piezoeléctrica, aleación de memoria, electropolimérica, etc), y la electrónica con su control cuando estén disponibles.
- Utilizando matrices de ponderación se elegirán la de mayor compacticidad y menor costo de fabricación. Se enunciarán con la mayor precisión posible los requerimientos de diseño y funcionales.

OE2. Proponer alternativas electromecánicas que miniaturicen la mecánica y la actuación de un pin y diseñar una electrónica (layout the plaqueta) y control factible para actuar un arreglo de pines.

- Desde lo mecánico, como innovación se propone generar estructuras monolíticas flexibles y biestables unidas al pin y que se puedan repetir en arreglo bidimensional.
- En la electrónica se buscará integrar el diseño de la plaqueta a la actuación, por ejemplo, que contenga a las espiras de un solenoide. Cada alternativa mecatrónica se evaluará, mediante simulación, en su capacidad para satisfacer requerimientos de diseño y funcionales.
- Para la simulación mecatrónica se escribirán códigos en Matlab, Python y C++, acoplado simulaciones mecánicas por elementos finitos (por ej., con SolidWorks Simulation), simulaciones multicuerpo para caracterizar los movimientos y energía (por ej., con SolidWorks Motion o con software libre como ODIN de la Universidad de Liège), simulaciones electromagnéticas mediante elementos finitos (con el software libre FEMM 4.3 y Octave).
- Mediante software para ruteo de circuitos electrónico (por ej. con el software libre KiCad) se determinará el layout óptimo de las plaquetas electrónicas para un arreglo de pines y se simularán los circuitos digitales y los drivers de las actuaciones.
- Para los diseños más prometedores, se identificarán las variables de diseño y sus fronteras, los objetivos y restricciones, utilizando en entorno de optimización multiobjetivo sin derivadas. En principio, se utilizará un algoritmo genético y suma ponderada para considerar los múltiples objetivos y las múltiples restricciones. El problema se ordenará en cascada, como secuencia de problemas de optimización, o en forma monolítica en una única optimización, según convenga.

OE3. Construir arreglos táctiles para líneas Braille para la representación de ecuaciones matemáticas y de graficación funciones.

- Los prototipos se imprimirán en modelos 3D de plásticos especiales con propiedades bien conocidas a los fines de establecer la forma más adecuada de medirlos. Las partes planas (superficie táctil perforada) y plaquetas electrónicas se mecanizarán con una fresadora/router CNC especial disponible en el CIII.

OE4. Desarrollar la comunicación (vía cable, bluetooth, etc.) entre el software que represente ecuaciones matemáticas en una pantalla y el dispositivo de representación física en Braille matemático.

- Para los primeros prototipos se utilizará comunicación vía puerto RS232 o bien vía puerto USB de la computadora en donde se muestran las ecuaciones hacia el driver de las actuaciones de los arreglos de pines, realizando pruebas del alfabeto Braille con archivos ".BRA" y con código unicode Braille.
- Se desarrollarán drivers y hardware para comunicación por Bluetooth.

OE5. Estudiar las diferencias entre los sistemas de codificación de Braille matemático más utilizados: Nemeth, UEB, EDICO. Principalmente, considerar las expresiones matemáticas multilinea y generar consignas de prueba del sistema.

- Se estudiará la sintaxis y semántica de codificaciones de ecuaciones y estrategias para alternar texto con ecuaciones para visualizar un problema matemático en el arreglo Braille, determinando los tamaños máximos de información a transmitir.

OE6. Desarrollar técnicas digitales y elegir los microcontroladores más adecuados para actuar arreglos de pines.

- Para la sintaxis elegida se determinarán requerimientos de memoria de buffer de información proveniente de la computadora, se elegirán las técnicas digitales adecuadas y se diseñarán los drivers para actuar arreglos de pines. Se determinará también la fuente de energía necesaria; por

ej.: baterías recargables.

- También se estudiará la compatibilidad electromagnética del producto final y cómo puede afectar al usuario.

OE7. Probar el sistema como una tríada: (1) software editor de ecuaciones, (2) narrador "voice over" y (3) línea Braille construida en este proyecto (ver imagen siguiente), y determinar cómo se integrará en la enseñanza a alumnos ciegos en la FRC-UTN y en la UNC; las pruebas con alumnos ciegos no serán parte de este proyecto.

- Para pruebas iniciales se programarán un conjunto de casos de prueba utilizados en la enseñanza universitaria: conjuntos, límites, integrales, matrices, etc. La ecuación que se mostrará en HTML con JAVA, se ingresará en LATEX y se visualizará con MATHJAX, luego se enviará su traducción a Braille en unicode hacia la línea Braille para su refresco en tiempo real. Se determinarán las formas posibles de intercalar la línea.
- Braille construida como impresión en tiempo real en distintos programas visualizadores de ecuaciones como EULER (software libre del Instituto Tecnológico de Costa Rica) y EDICO (ONCE, España).
- Una vez funcionales las líneas Braille y conforme se avance en el proyecto en la construcción de arreglos de pines para visualización, se probarán graficaciones más complejas.

Los roles de los integrantes en estas etapas serán los siguientes:

- Dr. Martín Pucheta: coordinación de todas las actividades, diseño del estudio de patentes y dispositivos existentes, diseño de experimentos, diseño mecánico, optimización, acoplamiento de actuaciones y simulación, construcción, estudio de codificaciones Braille matemático y convenciones, programación de consignas de ecuaciones en entorno web e interfaz de usuario, diseño de pruebas.
- Dr. David Gaydou: liderará el desarrollo de la electrónica, software y hardware de los drivers y la comunicación, en general, del desarrollo del sistema embebido.
- Dr. Fredy Restrepo Blandón: generación de problemas de prueba en diferentes codificaciones, gestión de la lógica y flujo de comunicación en la interfaz humano máquina, software y hardware, evaluación de la mejora de la pedagogía de enseñanza probando la línea construida en una página web de prueba, en EULER y en EDICO.
- Ing. Alejandro Gallardo: diseño mecánico de pines biestables y arreglos bidimensionales de pines, ubicación óptima de actuadores, impresión 3D.
- Becario BINID: simulación electromagnética acoplada y optimización.
- Becarios SAE y Rectorado: simulación y colaboración en el diseño y construcción de plaquetas multicapa, drivers, comunicaciones electrónicas y su testeo.

Todos los integrantes estarán comprometidos en la divulgación y publicación de resultados en revistas del mejor nivel científico.

12. Contribuciones del Proyecto

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

En el marco de este proyecto se pretende obtener el *know-how* del diseño, construcción y empleo de arreglos táctiles, ya sea configurado como líneas Braille o como arreglos para graficación bidimensional. Además, desde lo mecánico se buscará innovar en minimizar el número de partes y arribar a un diseño modular y fabricable mediante impresión 3D consistiendo de una matriz flexible monolítica integrando a los pines y a la tapa táctil en una única pieza, de fácil integración con actuación y codificada con la plaqueta electrónica.

Otro aspecto a resolver es la integración a software para la edición de ecuaciones matemáticas, consistiendo de una tríada de: software que muestra consignas en una pantalla, un narrador (voice over) y la actuación de la línea Braille en tiempo real o a demanda del usuario, de modo que el aprendizaje de las matemáticas sea fluido. Con esto se pretende ofrecer una alternativa al software gratuito más utilizado para este propósito, EDICO, que usa el narrador JAWS y la línea Focus 40, estos últimos propietarios de Freedom Scientific.

El conocimiento en la construcción de líneas Braille y su actuación mediante símbolos matemáticos, nos habilitaría en un mediano plazo a expandir la frontera de estudio a símbolos químicos y símbolos musicales, logrando una accesibilidad mayor a las STEAMS.

Para lograr un impacto social mayor, el producto final se publicará como de arquitectura abierta, tanto en su hardware como en su software. La simplicidad de diseño y su reproducibilidad buscada permitirán una mayor difusión y llegada a los verdaderos necesitados de la línea Braille si el proyecto se propone ser de acceso abierto. En principio, los demandantes serán las universidades miembro de la Red IDUC, pero queda abierto a demandantes como Biblioteca para Ciegos y otras instituciones.

Por otra parte, si bien, el proyecto se enuncia con destino en la enseñanza universitaria, el producto se puede utilizar para la escolaridad temprana en Braille, en la primaria, secundaria y medios. De este modo, el impacto en la educación puede ser mayor al planteado.

Por último, se buscará motivar a que los alumnos de las carreras de informática, electrónica y sistemas, trabajen interdisciplinariamente para generar productos mecatrónicos (anotadores Braille con memoria, graficadores de pines, líneas Braille combinadas con narradores, etc.) para la inclusión y mejora de la calidad de vida de los disminuidos visuales.

Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

El Ing. Alejandro Gastón Gallardo inició sus estudios de doctorado en 2017 con beca del CONICET bajo la dirección del Dr. Pucheta y tiene previsto terminar su tesis doctoral antes de abril de 2023. La tesis fue iniciada bajo el PID 3935 "Empleo de Teoría de Helicoides en el Diseño de Mecanismos de Precisión", continuó bajo el PID 4839 "Métodos Geométricos Avanzados para el Diseño de Mecanismos, Metamateriales y Robots" y actualmente continúa con el PID 7918 "Diseño de metamateriales programables utilizando Teoría de Helicoides y actuación electromagnética". Se postularán nuevos becarios de CONICET en el marco de este proyecto.

El Dr. Pucheta y el Ing. Gallardo están dirigiendo a los alumnos de Ing. Electrónica, Matías Bertorello (beca de Rectorado) y Ulises Aliendo (beca SAE), quienes participaron en el PID 7918 en la simulación iterativa de electromagnetismo en materiales programables; se continuarán formando en este proyecto. El Dr. Pucheta también fue tutor de tesis del alumno Federico Luna, quien se recibió de Ingeniero Eléctrico y participará como becario graduado BINID también acoplado en la simulación electromagnética utilizando software libre para elementos finitos.

El diseño de mecanismos táctiles electromagnéticos es una actividad multidisciplinaria que interesa a ingenieros electrónicos, mecánicos y eléctricos. La concreción de partes impresas en 3D permitirá el desarrollo de proyectos finales complejos y también iniciar estudios de maestría y doctorado en tecnologías asistivas, mecánica de precisión y materiales inteligentes.

La interacción humano dispositivo y el desarrollo de sus interfaces para la enseñanza a disminuidos visuales interesa a ingenieros en sistemas, licenciados en matemáticas, físicos y psicopedagogos de la discapacidad. Se buscará formar estudiantes de grado y posgrado para que se inicien en el área de I+D motivando la sinergia del trabajo en equipo. Se ofrecerá también posibilidad de realizar prácticas supervisadas en el área de diseño de dispositivos mecatrónicos para la discapacidad. Se desea, además, incorporar los avances de este proyecto en cursos de grado y posgrado dictados y a dictar en la UTN-FRC.

Se postulará este proyecto al banco de PDTs para sumar un becario posdoctoral.

13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Se relevamiento del estado del arte (patentes y publicaciones científicas) y clasificación de líneas Braille y arreglos graficadores.	01/04/2023	4 meses	31/07/2023
1	Screening de diseños existentes e identificación de requerimientos de diseño y funcionales.	31/07/2023	2 meses	29/09/2023
1	Diseño mecánico y optimización de estructuras monolíticas flexibles y biestables unidas al pin y que se puedan repetir en arreglo bidimensional.	29/09/2023	6 meses	31/03/2024
1	Diseño electrónico para el arreglo de pines que integre el diseño de la plaqueta a la actuación, por ejemplo, que contenga a las espiras de un solenoide.	29/09/2023	6 meses	31/03/2024
2	Construcción mecánica de arreglos táctiles para líneas Braille para arreglos de graficación de funciones mediante impresión 3D en plásticos especiales con propiedades conocidas y usadas en las simulaciones.	01/04/2024	2 meses	31/05/2024
2	Construcción de las partes planas (superficie táctil perforada) y de las plaquetas electrónicas mediante mecanizado en fresadora/router CNC disponible en el CIII.	31/05/2024	2 meses	30/07/2024
2	Desarrollo y diseño de la comunicación vía cable y bluetooth. Diseño y construcción de la fuente de alimentación, placa de comunicación y del driver de los actuadores de pines.	31/05/2024	2 meses	30/07/2024
2	Pruebas de actuación de la línea Braille con archivos ".BRA" y con código unicode Braille.	30/07/2024	2 meses	29/09/2024
2	Programación de un problema matemático y su visualización en una página web, conteniendo texto y ecuaciones, y traducir a la codificación Braille elegida para ser ejecutada en la línea Braille.	29/09/2024	6 meses	28/03/2025
3	Ejecución de casos de prueba utilizados en la enseñanza universitaria: conjuntos, límites, integrales, matrices, etc. Programación de la página web de testeo (HTML con JAVA) para que permita el ingreso de ecuacionese en LATEX y se visualice con MATHJAX, luego se enviará su traducción a Braille en unicode hacia la línea Braille para su refresco en tiempo real.	01/04/2025	4 meses	31/07/2025
3	Integración con software editor de ecuaciones y narrador. Se determinarán las formas posible de intercalar la línea Braille construida como impresión en tiempo real en distintos programas visualizadores de ecuaciones como EULER y EDICO.	31/07/2025	4 meses	29/11/2025
3	Construcción de arreglos de pines para visualización y graficación de figuras planas.	29/11/2025	4 meses	28/03/2026

14. Conexión del grupo de Trabajo con otros grupos de investigación en los últimos cinco años

Grupo Vinc.	Apellido	Nombre	Cargo	Institución	Ciudad	Objetivos	Descripción
INCLUTEC	Chacón-Rivas	Mario	DIRECTOR	Instituto Tecnológico de Costa Rica	Cartago, Costa Rica	Prueba del sistema EULER para representar su salida en el arreglo Braille a construir en este proyecto.	Integración de EULER (https://www.tec.ac.cr/proyectos/euler-editor-matematico) con el arreglo Braille
Facultad de Ingeniería Biomédica	Beltramone	Diego Antonio	DIRECTOR	Universidad Nacional de Córdoba	Córdoba, Argentina	Publicar el desarrollo en el sistema Proyectos Open Source de Tecnología Asistiva (POSTA) para el acceso abierto.	Divulgar el desarrollo.
Grupo de Investigación en Mecánica Aplicada (GIDMA)	Giusti	Sebastián Miguel	INVESTIGADOR FORMADO	UTN-FRC	Córdoba	El Dr. Giusti es especialista en la optimización topológica de estructuras flexibles y se puede requerir de su colaboración para optimizar la matrix flexible.	El Dr. Giusti es codirector de la beca de CONICET del Ing. Gallardo. El Dr. Pucheta es codirector de la beca de CONICET del Ing. Augusto Romero Onco del GIDMA.
Centro de Investigación en Métodos Computacionales (CIMEC)	Cavaliere	Federico José	INVESTIGADOR FORMADO	Univ. Nacional del Litoral- CONICET y UTNFRSantaFe	Santa Fe	Análisis de mecanismos y sistemas multicuerpo complejos.	Estudio de casos para el análisis computacional de mecanismos con huelgo y fricción.