

ORIGINAL

Development of Intelligent Therapeutic Devices: Integration of New Technologies for the Care of Elderly Adults in Cuenca: ARTRI Phase 2

Desarrollo de Dispositivos Terapéuticos Inteligentes: Integración de Nuevas Tecnologías para el Cuidado de Adultos Mayores en Cuenca: ARTRI Fase 2

Galo Hurtado Crespo¹  , Gina Pamela Novillo¹  , Ana C. Umaquina-Criollo²  , Juan Marcelo Pérez¹  

¹Instituto Tecnológico Particular Sudamericano de Cuenca, Software. Cuenca, Ecuador.

²Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra-Ecuador.

Citar como: Hurtado Crespo G, Novillo GP, Umaquina-Criollo AC, Pérez JM. Development of Intelligent Therapeutic Devices: Integration of New Technologies for the Care of Elderly Adults in Cuenca: ARTRI Phase 2. Data and Metadata. 2025; 4:766. <https://doi.org/10.56294/dm2025766>

Enviado: 10-05-2024

Revisado: 22-09-2024

Aceptado: 28-03-2025

Publicado: 29-03-2025

Editor: Dr. Adrián Alejandro Vitón Castillo 

Autor para la correspondencia: Galo Hurtado Crespo 

ABSTRACT

Population aging and the increasing prevalence of osteoarthritis pose a significant challenge for geriatric care. According to the VIII Population and Housing Census of Ecuador (2023), older adults constitute 9 % of the national population, highlighting the need to implement innovative technologies for rehabilitation. Cuenca, Ecuador, is internationally recognized as one of the preferred cities for foreign older adults as a place of residence. Additionally, according to the National Institute of Statistics and Censuses (INEC), it has a high life expectancy of 79 years, making it an ideal environment for implementing technological solutions in geriatric rehabilitation. This study presents the evolution of ARTRI, an intelligent therapeutic device designed for motor stimulation in older adults with osteoarthritis. The new version incorporates an optimized electronic board with ESP32, improving processing capacity, connectivity, and energy efficiency. Additionally, a digital lock was implemented for code protection, and an acrylic structure was designed to enhance durability and ergonomics. The software has been upgraded with structured databases, cloud storage, and real-time monitoring, enabling efficient therapy supervision. The SCRUM methodology ensured an iterative and agile development process, while a demographic heat map facilitated the strategic distribution of the device in key institutions such as the University of Older Adults in Cuenca. The results demonstrate significant improvements in effectiveness, security, and user acceptance, establishing ARTRI as a scalable and innovative solution in digital health and geriatric rehabilitation.

Keywords: Intelligent Therapeutic Devices; Integrated Technologies for Osteoarthritis Prevention and Treatment; Geriatric Rehabilitation; Older Adults; ESP32.

RESUMEN

El envejecimiento poblacional y la prevalencia creciente de la artrosis representan un desafío importante en la atención geriátrica. Según el VIII Censo de Población y Vivienda del Ecuador en el año 2023, los adultos mayores constituyen el 9 % de la población nacional, lo que subraya la necesidad de implementar tecnologías innovadoras para su rehabilitación. Cuenca-Ecuador, es reconocida internacionalmente como una de las ciudades preferidas por adultos mayores extranjeros como zona de residencia. Además, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), presenta una alta esperanza de vida de 79 años lo que la convierte en un entorno propicio para la implementación de soluciones tecnológicas en rehabilitación geriátrica para el adulto mayor. Este estudio presenta la evolución de ARTRI, un dispositivo terapéutico inteligente diseñado para la estimulación motora en adultos mayores con artrosis incorpora una placa electrónica optimizada

con ESP32, mejorando la capacidad de procesamiento, conectividad y eficiencia energética. Además, se implementó un candado digital para la protección del código y una estructura en acrílico que optimiza la durabilidad y ergonomía del dispositivo. El software ha sido actualizado con bases de datos estructuradas, almacenamiento en la nube y monitoreo en tiempo real, permitiendo una supervisión eficiente de la terapia. La metodología SCRUM garantizó un desarrollo iterativo y ágil, mientras que un mapa de calor demográfico facilitó la distribución estratégica del dispositivo en instituciones clave como la Universidad del Adulto Mayor de Cuenca. Los resultados muestran mejoras significativas en la eficacia, seguridad y aceptación del dispositivo, consolidándolo como una solución escalable e innovadora en salud digital y rehabilitación geriátrica.

Palabras clave: Dispositivos Terapéuticos Inteligentes; Tecnologías Integradas Para Prevención y Tratamiento de Artrosis; Rehabilitación Geriátrica; Adultos Mayores; ESP32.

INTRODUCCIÓN

A medida que transcurren los años y debido a las actividades realizadas a lo largo de la vida, la fuerza muscular se ve comprometida por enfermedades degenerativas, lo que provoca alteraciones musculoesqueléticas asociadas al desgaste progresivo de cartílagos, tendones y ligamentos en las articulaciones.⁽¹⁾ La artrosis es una enfermedad degenerativa que afecta a las articulaciones, generalmente a aquellas que soportan peso como la columna vertebral, caderas, rodillas y manos. Se estima que aproximadamente 302 millones de personas en el mundo padecen esta condición convirtiéndose en un problema de salud pública considerable. Esta enfermedad provoca el desgaste del cartílago en las articulaciones, causando dolor, rigidez y dificultades para realizar movimientos.⁽²⁾ Estas afectaciones impactan significativamente la movilidad y funcionalidad del adulto mayor, incrementando la prevalencia de enfermedades crónicas como la artrosis de manos.

En Ecuador, las personas mayores de 65 años son consideradas adultos mayores y presentan una mayor predisposición a desarrollar alteraciones musculoesqueléticas que afectan su calidad de vida. Entre estas condiciones, la artrosis se destaca como una enfermedad degenerativa y progresiva, que compromete la funcionalidad articular y la independencia de esta población. En respuesta a esta problemática, diversas investigaciones han desarrollado estrategias orientadas a mitigar los efectos de la artrosis y mejorar la calidad de vida de los adultos mayores, con un enfoque en el mantenimiento de la autonomía y el bienestar.^(3,4,5)

Como parte de estos esfuerzos, la investigación⁽⁶⁾ propone el diseño e implementación de un sistema de utensilios adaptados para la cocina, con el propósito de facilitar la preparación de alimentos y prevenir lesiones en adultos mayores, promoviendo así su independencia en actividades de la vida diaria. Por otro lado, la actividad física ha sido ampliamente documentada como un factor clave en la prevención y tratamiento de la artrosis, al contribuir a la preservación de la movilidad articular y la reducción del deterioro musculoesquelético.^(7,8) En esta línea, en el estudio realizado por⁽⁹⁾ se evalúa los efectos terapéuticos de ejercicios físicos en el medio acuático, concluyendo que el uso de agentes naturales representa una estrategia eficaz para el manejo de la artrosis de manos, al disminuir el dolor y mejorar la funcionalidad articular.

Desde una perspectiva predominantemente tecnológica, se desarrollan dispositivos innovadores para la rehabilitación de personas con artrosis. En Cotopaxi, Ecuador, se implementa un tablero con tecnología asistida para la rehabilitación fisioterapéutica, cuyo uso contribuye a la reducción del dolor muscular en adultos mayores en un 10 %. Además de ser portátil, este dispositivo incorpora un sistema de almacenamiento de datos, lo que facilita el seguimiento clínico y la evaluación continua del progreso terapéutico.⁽¹⁰⁾

Asimismo, en⁽¹¹⁾ se describe el desarrollo de una aplicación inteligente para el manejo integral de la artrosis de rodilla, orientada a fomentar la autogestión de la salud, la actividad física personalizada y la educación del paciente. A través de la recopilación de datos cualitativos en individuos con esta condición, se evidenció que la combinación de intervenciones digitales y estrategias de apoyo social mejora significativamente la adherencia terapéutica y la calidad de vida de los adultos mayores.^(12,13,14)

Mientras que en⁽¹⁵⁾ se propone un sistema interactivo basado en un controlador y una plataforma web gamificada denominado ARTRI, diseñado para optimizar la rehabilitación motriz en adultos mayores con artrosis de manos. A través de un enfoque experimental y explicativo, su eficacia fue evaluada mediante un cuestionario LIKERT aplicado a expertos, evidenciando su contribución a la terapia no farmacológica y al uso de TIC en rehabilitación geriátrica.

En el marco de esta investigación, la presente fase se enfoca en la optimización y ampliación de las capacidades tecnológicas y terapéuticas de ARTRI.⁽¹⁵⁾ Este estudio introduce mejoras en el dispositivo terapéutico inteligente, integrando tecnologías emergentes como plataformas web y gamificación, con el propósito de potenciar la eficacia del tratamiento y mejorar la adherencia terapéutica. Las actualizaciones implementadas no solo amplían las funcionalidades del sistema, sino que también fortalecen la estimulación motriz y cognitiva, consolidando un enfoque interdisciplinario e innovador en la atención geriátrica. Adicionalmente, el estudio incorpora la música ecuatoriana como elemento motivacional, enriqueciendo la experiencia del paciente,

fortaleciendo su identidad cultural y mejorando la adherencia a la terapia. Esta convergencia entre tecnología y cultura no solo optimiza la eficacia del tratamiento, sino que también favorece un enfoque más personalizado en la rehabilitación, adaptándose a las necesidades específicas de la población adulta mayor en Cuenca. Este avance representa un paso significativo en la aplicación de tecnologías digitales en rehabilitación, contribuyendo al diseño de estrategias terapéuticas más accesibles y personalizadas para la población adulta mayor.

MÉTODO

El estudio adopta un enfoque cualitativo, con una metodología de naturaleza experimental, transversal y explicativa. Las investigaciones cualitativas permiten comprender fenómenos complejos a partir de la experiencia de los participantes, generando un conocimiento basado en sus percepciones y vivencias.

La metodología empleada (ver figura 1) se estructura en etapas secuenciales, alineadas con las propuestas de diversos autores sobre el proceso de investigación metodológica. Estas fases garantizan un diseño sistemático que permite analizar la eficacia y aplicabilidad de las mejoras implementadas en ARTRI-Fase2, asegurando un enfoque integral en la rehabilitación motriz de adultos mayores con artrosis de manos.

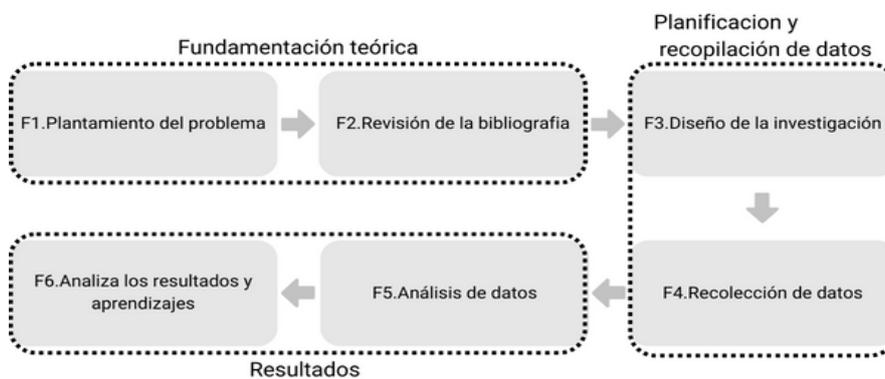


Figura 1. Diseño metodológico

El presente estudio se clasifica como cualitativo y experimental, con el propósito de evaluar la eficacia de la gamificación en la estimulación motriz de las articulaciones en adultos mayores de 60 años en la ciudad de Cuenca. La investigación sigue un diseño transversal experimental que incluye una sesión de prueba de duración inferior a 20 minutos, durante la cual los participantes interactúan con un dispositivo electrónico complementado por un software específico. Este enfoque permite la comparación de las respuestas de diferentes grupos de sujetos en el entorno de estudio. El objetivo principal de la investigación experimental es establecer relaciones causales entre variables, utilizando la manipulación controlada y la medición de los efectos resultantes, lo que la convierte en un enfoque explicativo relevante dentro del ámbito de la investigación científica.

DESARROLLO

Con base en las primeras pruebas realizadas en el prototipo ARTRI, publicado en ⁽¹⁵⁾, se identifica la necesidad de profundizar en las etapas clínicas del paciente con artrosis, lo que permite una adaptación más precisa del sistema a sus requerimientos terapéuticos. Estas etapas, representadas en la figura 2, establecen un marco de referencia para la evolución del paciente y su tratamiento, facilitando la implementación de estrategias terapéuticas personalizadas:

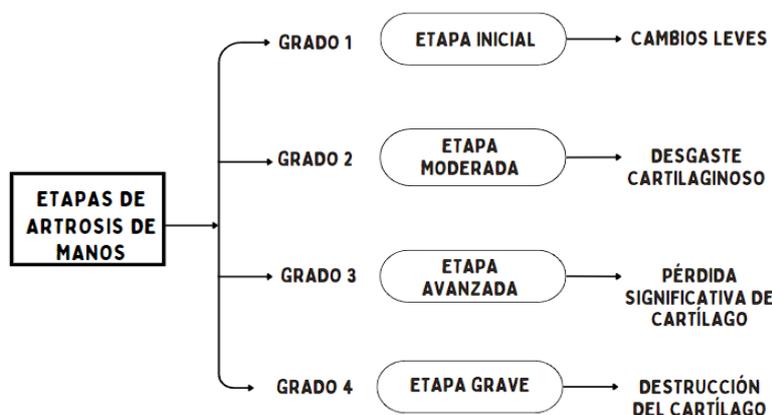


Figura 2. Etapas de la artrosis de manos

El dispositivo, como herramienta terapéutica, aporta de manera significativa al tratamiento de pacientes con artrosis en grado 2 o inferior (ver figura 2), al facilitar la ejecución de ejercicios de movilidad y fortalecimiento. A través de una fisioterapia dirigida, permite fortalecer los músculos que rodean las zonas afectadas, mejorando la estabilidad articular y contribuyendo a la reducción de la progresión de la enfermedad.

En la segunda versión del prototipo, se implementan mejoras tecnológicas clave, entre ellas la producción de placas electrónicas a nivel industrial y la integración de un candado electrónico, diseñado para incrementar la seguridad del código del dispositivo. Este mecanismo permite un control eficiente sobre los parámetros de seguridad, asegurando la protección de la información sensible tanto en la fase de desarrollo como en la ejecución del sistema.

Además, se implementó una plataforma basada en Docker, que facilita la interacción del usuario con el dispositivo mediante una interfaz de usuario intuitiva y accesible. La plataforma no solo garantiza la modularidad y escalabilidad del sistema, sino que también optimiza la gestión de recursos y la virtualización de los entornos de desarrollo y despliegue. Los datos generados por el dispositivo son almacenados de manera segura en una base de datos ElephantSQL, la cual está desplegada en los servidores del Instituto Tecnológico Sudamericano de Cuenca. Esta infraestructura permite un almacenamiento robusto y accesible de los datos, garantizando su integridad y disponibilidad para análisis posteriores.

Para la gestión y organización del proyecto, se adopta la metodología ágil SCRUM, lo que permite una distribución clara de roles y una planificación estructurada de los procesos dentro del equipo de trabajo. Su aplicación facilita la adaptación a los cambios, garantizando una implementación progresiva de mejoras y optimizando tanto el desarrollo iterativo como la integración continua del sistema (Ver figura 3).



Figura 3. Diseño del esquema del proyecto con conexión a la base de datos

En cuanto al proceso metodológico aplicado al desarrollo del dispositivo electrónico, se adopta la metodología ágil SCRUM, la cual se estructura en las siguientes etapas:

Se toma como punto de partida el diseño inicial del circuito ⁽¹⁵⁾ y, con base en los resultados obtenidos, se implementa un plan de mejora, orientado a optimizar el rendimiento y la producción del sistema. Como parte de esta fase, se establece un modelo de producción de 15 dispositivos, los cuales serán distribuidos conforme a los convenios vigentes que el instituto mantiene en la actualidad. Ver figura 4.

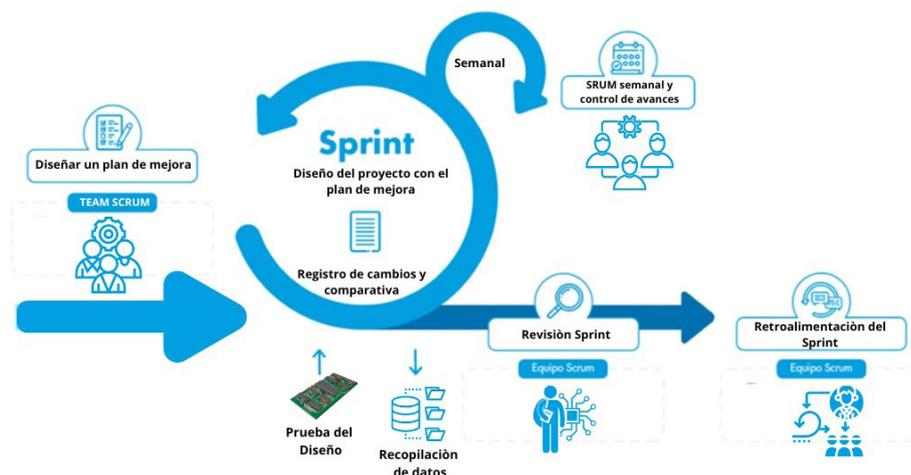


Figura 4. Diseño de la metodología SCRUM aplicada al desarrollo y optimización del dispositivo electrónico ARTRI Fase 2

Para tener un control de las mejoras del proyecto se plantea implementar una metodología de SCRUM, los controles semanales permitan determinar los avances significativos del proyecto, mediante los feedback que a su vez permite experimentar ⁽¹²⁾, aprender rápido y adaptar el producto a la necesidad que se pretende solventar. A continuación, se presentan las mejoras significativas:

Impresión de placas PCB: el diseño del circuito de la placa realizado en el software Eagle, posteriormente mediante los archivos Gerber solicitados por el fabricante se envió a una empresa extranjera para el diagramado, la una vez importadas nuevamente las placas se procedió a trabajar en la soldadura la misma que se realizó de forma manual por el número de dispositivos que son 15 una vez ensamblados cada uno de los componentes electrónicos en las placas, se realiza la inspección visual con la ayuda de un multímetro verificando que no existan cortocircuitos, comprobando la continuidad en las pistas y midiendo el voltaje en los puntos relevantes de la placa.

Adicionalmente, se diseñó una placa de seguridad electrónica con el propósito de proteger el código implementado en el circuito. El código fue desarrollado en el lenguaje C++ (Arduino) y ejecutado en un microcontrolador ESP32, haciendo uso de diversas bibliotecas especializadas para su integración con el hardware. Para garantizar una adecuada interacción entre el software y el hardware, es necesario verificar la correcta configuración de los puertos de entrada y salida (E/S), así como la adecuada alimentación del sistema. La placa de seguridad electrónica actúa como un intermediario entre la placa ARTRI y la computadora, estableciendo un mecanismo de restricción que impide cualquier modificación no autorizada del código de programación:

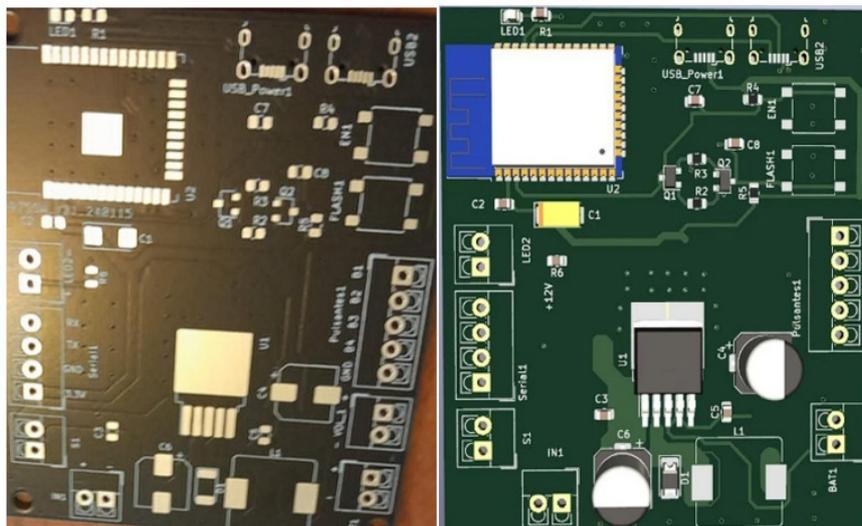


Figura 5. Diseño y producción de placas PCB

Bases de datos: La base de datos almacena y gestiona la información generada durante la interacción del usuario con el dispositivo, permitiendo un análisis cuantitativo del desempeño terapéutico. Los registros incluyen el número de aciertos por sesión, lo que facilita la evaluación de la efectividad del tratamiento y el seguimiento de la evolución del paciente en la rehabilitación de la artrosis de manos.

La interacción con el dispositivo se realiza a través de pelotas de poliestireno, un elemento comúnmente empleado en terapias de rehabilitación motriz. Para optimizar la experiencia del usuario, se incorpora la teoría del color, fundamentada en la investigación de ⁽¹³⁾ realizada en 2017, la cual establece que una estrategia cromática basada en colores cálidos (rojo, amarillo y naranja) mejora la percepción y respuesta de los adultos mayores. Con el propósito de validar la tendencia cromática, se integra un color frío (azul) como variable de control, permitiendo analizar su influencia en la interacción del usuario con el sistema.

Esta implementación permite evaluar el impacto de la percepción del color en la terapia, además de validar estudios previos, lo que contribuye al desarrollo de estrategias terapéuticas más eficaces y adaptadas a las necesidades individuales de los pacientes.

La base de datos se implementa en un servidor ElephantSQL, un servicio de base de datos en la nube (DBaaS) basado en PostgreSQL, que proporciona escalabilidad y optimización en la gestión de los datos. Esta arquitectura permite almacenar y expandir contenido multimedia, en particular las pistas musicales utilizadas en la terapia, garantizando una administración eficiente de los recursos.

Con el objetivo de promover un rescate cultural significativo, se incorpora una selección de géneros musicales ecuatorianos, basada en la clasificación establecida en 2009 por Juan Mullo Sandoval ⁽¹⁴⁾, quien identifica al pasillo, albazo, yaraví, sanjuanito, bomba del Chota, marimba esmeraldeña y danzante como expresiones representativas de la música ecuatoriana. Para la curaduría del repertorio, se realizó una encuesta aplicada a 80 adultos mayores en la ciudad de Cuenca, utilizando un formulario de Google Forms, con el fin de determinar la canción más relevante dentro de cada género. Como resultado, el 70 % de estos géneros están representados en la base de datos, asegurando una conexión cultural con la población objetivo.

Dado que la investigación se extenderá por un año más, se prevé la incorporación de nuevas piezas musicales

conforme avance el análisis de los datos recopilados, permitiendo un enriquecimiento progresivo del repertorio y una evaluación continua del impacto de la música en la adherencia terapéutica. Ver tabla 1.

Género	Número de reproducciones	Años
Pasillo	151 millones	6
Albazo	18 millones	10
San Juanito	4,7 millones	17
Yaraví	3,7 millones	8
Danzante	2,5 millones	6

Para la validación de las canciones y que tenga relación con las encuestas realizadas también se buscó en YouTube las canciones con más reproducciones que se detalla a continuación: el pasillo ecuatoriano con Julio Jaramillo en ubica en el primer lugar con más de 151 millones de reproducciones en los últimos 6 años, el Albazo ecuatoriano se ubica en el segundo lugar con 18 millones de reproducciones, en tercer lugar el San Juanito 4,7 millones de reproducciones en un periodo de 17 años de permanecer en la plataforma, el Yaraví tiene un total de 3,7 millones de reproducciones y por último el danzante que es un género muy escuchado sobre todo en la parte norte del país tiene un total de 2,5 millones de reproducciones, la música ecuatoriana tiene una gran trayectoria que tiene como objetivo dar a conocer la cultura, y tradiciones de los pueblos ancestrales, con este tipo de proyectos se pretende integrar las nuevas tecnologías, con la medicina y generar el valor agregado del rescate de la cultura ecuatoriana.

RESULTADOS

Como parte del proceso de optimización, la plataforma se reestructura para mejorar su funcionalidad, eficiencia y capacidad de respuesta, integrando nuevos componentes tecnológicos que fortalecen su estabilidad y rendimiento. (Ver figura 6).

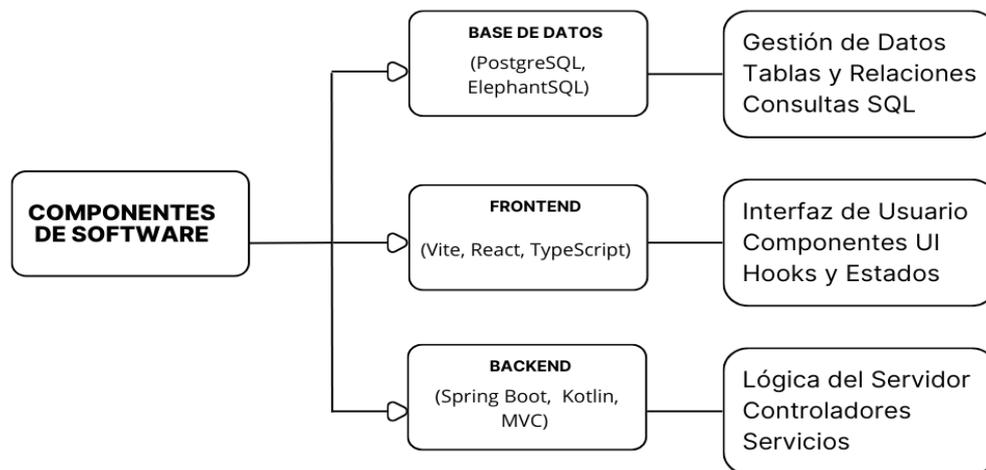


Figura 6. Arquitectura y componentes del desarrollo de la plataforma software

El mapa conceptual muestra:

Backend: Se encarga de la lógica del servidor, APIs, autenticación, etc.

Frontend: Se encarga de la interfaz de usuario (UI) con tecnologías como HTML, CSS y JavaScript.

Base de Datos: Gestiona el almacenamiento y recuperación de información, con tecnologías SQL o NoSQL

En la figura 7 se describe la representación de los componentes utilizados para el desarrollo del proyecto y la integración de nuevas tecnologías. En cuanto a la parte electrónica se utiliza un microcontrolador ESP32, aprovechando que son dispositivos de costo accesible, que integra componentes como el módulo bluetooth y WIFI.

En cuanto al dominio es <https://artri.sudamericano.edu.ec/> que se encuentra almacenado en un servidor de Google permitiendo el acceso en tiempo real presentando una interfaz con 5 entidades que se dividen en

1. El usuario, 2. El microcontrolador (ESP32), 3. Datos recopilados (sensores), 4. Nivel Alcanzado (número de intentos), 5. Género Musical (música ecuatoriana), teniendo como resultado el siguiente modelo de entidad relación:

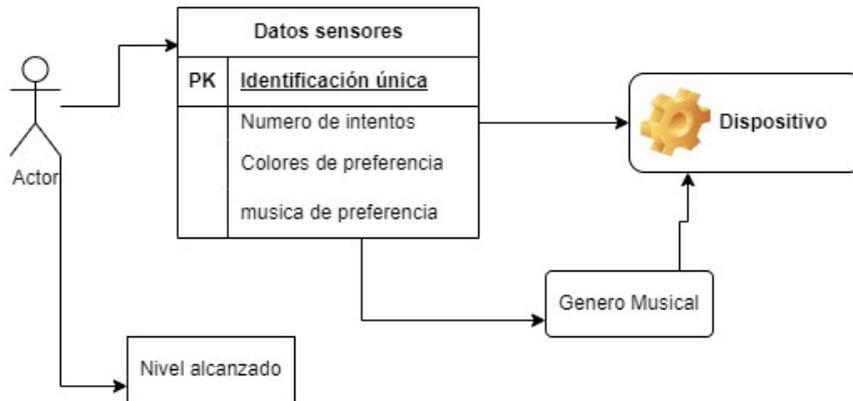


Figura 7. Modelo entidad - relación de la base de datos

Con el propósito de analizar los datos obtenidos de las opiniones de expertos y usuarios, se emplean estadísticas de frecuencia. Estas permiten medir el nivel de aceptación logrado por el proyecto, así como la efectividad demostrada. Los resultados obtenidos parten de los convenios que se han realizado para la aplicabilidad de los dispositivos distribuidos de la siguiente manera como se describe en la tabla 2:

Tabla 2. Distribución de los dispositivos electrónicos		
Género	Proyecto	Años
Tecnológico de Ibarra (ITSI)	Carrera de Atención Integral a Adultos Mayores	4
TEC Sudamericano Cuenca (Software)	Atención Adultos mayores	2
UAM (Universidad del adulto Mayor)	Universidad del Adulto Mayor Cuenca	3
Carrera de enfermería del TEC	Vinculación con la sociedad	3
Seguro Social	Campaña de Adultos mayores	3

El hardware del dispositivo incorpora mejoras significativas, optimizando su rendimiento y durabilidad. Estas mejoras se detallan en la figura 8, donde se evidencia la evolución del diseño y la integración de nuevos componentes que fortalecen su estabilidad y funcionalidad.

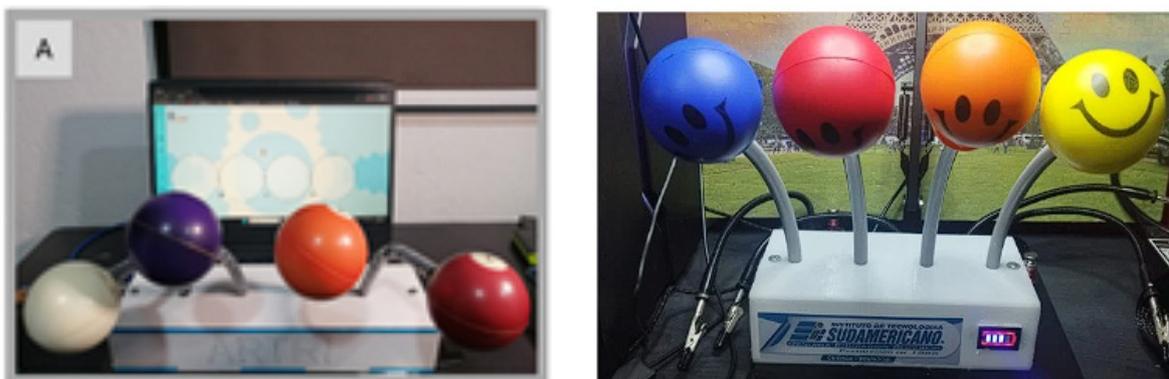


Figura 8. Mejora en el hardware del dispositivo

DISCUSIÓN

Basado en las pruebas realizadas con el dispositivo inicial, la evaluación incluyó una muestra de 20 participantes. No obstante, con la nueva versión del dispositivo, la muestra se amplió a 80 adultos mayores, permitiendo un análisis más representativo de su impacto en la rehabilitación. A partir de esta ampliación, se establece una tabla comparativa con los datos obtenidos en el estudio previo. Esta comparación permite

calcular el porcentaje de mejora, proporcionando una referencia cuantitativa para evaluar el progreso alcanzado respecto a la investigación inicial.

Los hallazgos obtenidos reflejan las siguientes mejoras significativas descritas en la tabla 3:

Indicador	Valor Inicial (MAX 20)	% de mejora DE (80 participantes)	Nuevo Resultado
Accesibilidad	15	↑ 90	28.5
Aplicabilidad	16	↑ 65%	26.4
Compatibilidad	16	↑ 5%	16.8
Dinámica del Juego	18	↑ 100%	36
Experiencia de usuario	18	↓ 60%	28.8
Funcionalidad	19	↑ 95%	31.35
Novedad Tecnológica	14	↓ 76%	24.64

Figura 9. Tabla de resultados de un análisis a 80 adultos mayores

El análisis comparativo entre la investigación inicial y la más reciente proporciona una visión clara sobre la evolución del dispositivo y su impacto en la rehabilitación de adultos mayores. La figura 10 evidencia los resultados obtenidos en la primera fase del estudio, en la que 20 adultos mayores participaron en la evaluación del dispositivo inicial, considerando aspectos clave como aplicabilidad, novedad tecnológica, experiencia de usuario, funcionalidad, dinámica del juego, accesibilidad y compatibilidad.

Los resultados reflejan que la funcionalidad alcanzó la puntuación más alta (19), seguida de la experiencia de usuario y la dinámica del juego (18), lo que indica que el dispositivo fue eficaz en su propósito terapéutico. Sin embargo, la novedad tecnológica obtuvo la calificación más baja (14), evidenciando la necesidad de mejoras en innovación. Asimismo, la accesibilidad con un puntaje de 15 sugiere que algunos usuarios experimentaron dificultades en la interacción con la interfaz o el hardware.

Al contrastar estos datos con la evaluación del nuevo dispositivo, que ha sido probado en 80 adultos mayores, se evidencia una mejora significativa en la funcionalidad, aceptación y efectividad del sistema. La ampliación de la muestra y la recopilación de un mayor volumen de datos permiten reforzar la validez de los hallazgos, destacando la viabilidad de la implementación del dispositivo en instituciones y entidades públicas que podrían beneficiarse de su uso en programas de rehabilitación geriátrica.



Figura 10. Evaluación del desempeño de ARTRI Fase 1 en una muestra de 20 adultos mayores

La figura 11 representa la evaluación de ARTRI Fase 2, en la que se recopilaban datos de 80 adultos mayores de la ciudad de Cuenca. En comparación con la fase anterior, se evidencia un incremento significativo en todos los aspectos evaluados, lo que confirma la efectividad de las mejoras implementadas en el dispositivo.

En términos de funcionalidad y dinámica del juego, se observan las puntuaciones más altas, alcanzando 95

% y 100 %, respectivamente, lo que indica que el nuevo dispositivo ha logrado optimizar la experiencia de uso y el impacto terapéutico en la rehabilitación motriz.

Mientras que en la experiencia de usuario también muestra una mejora sustancial, alcanzando 28 puntos en comparación con los 18 de la fase anterior, lo que refleja una mayor aceptación y comodidad de los usuarios con el dispositivo. Por otro lado, la novedad tecnológica y la accesibilidad han experimentado mejoras notables, aumentando en un 76 % y 90 %, respectivamente, lo que sugiere que la actualización del hardware y software ha facilitado su uso en un entorno real de rehabilitación.

Un aspecto clave a resaltar es la compatibilidad, que presenta un incremento del 25 %, lo que indica que el dispositivo ha sido optimizado para integrarse con diferentes plataformas y necesidades terapéuticas, ampliando su aplicabilidad en entornos clínicos y comunitarios.

En general, estos resultados demuestran que ARTRI Fase 2 no solo mejora la experiencia de uso y la funcionalidad, sino que también responde de manera más efectiva a las necesidades de los adultos mayores, consolidando su viabilidad para ser implementado en instituciones de salud y centros de rehabilitación geriátrica.

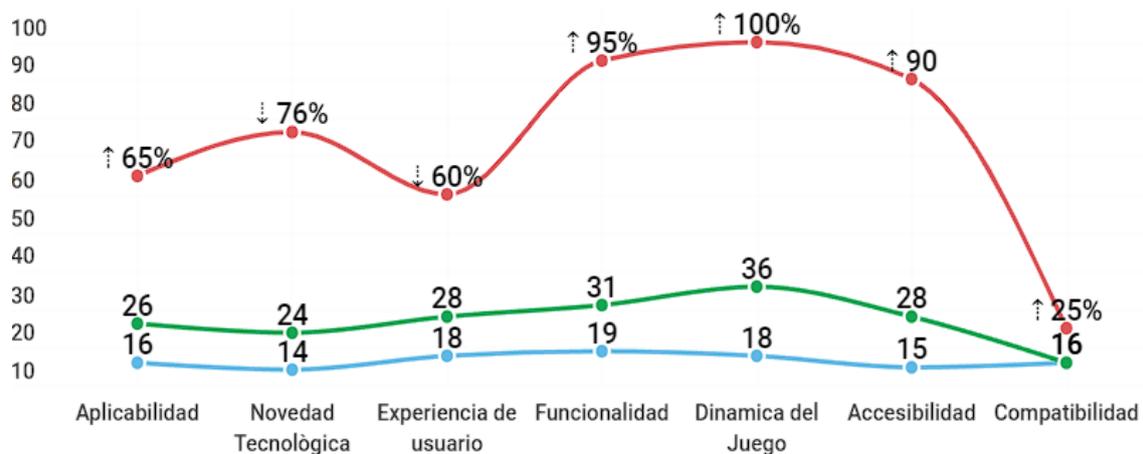


Figura 11. Comparativa de análisis entre 20 y 80 adultos mayores ARTRI Fase 2

CONCLUSIONES

El presente estudio proporciona evidencia sólida sobre el impacto de la innovación tecnológica en el ámbito de la salud, destacando la efectividad de herramientas web y dispositivos electrónicos que integran principios de gamificación. Estos enfoques han demostrado incrementar significativamente la atención y motivación de los adultos mayores, facilitando su participación en actividades lúdicas que fomentan tanto la estimulación cognitiva como motriz.

Como resultado, se han observado mejoras sustanciales en diversos aspectos de la salud geriátrica, lo que respalda la viabilidad de implementar tecnologías interactivas en programas de rehabilitación. En la ciudad de Cuenca, donde residen aproximadamente 1 520 590 personas mayores de 65 años, representando cerca del 9 % de la población total del país, la adopción de este tipo de dispositivos cobra especial relevancia para fortalecer la calidad de vida y autonomía de este grupo poblacional.

Las terapias complementarias implementadas en este contexto han revelado ser efectivas en la promoción de un tratamiento integral, abarcando dimensiones físicas y psicológicas. Este enfoque ha sido particularmente eficaz en el manejo del dolor, contribuyendo a la percepción de control sobre la enfermedad y mejorando el bienestar general de los pacientes.

La investigación culminó con el desarrollo de un prototipo respaldado por un marco de trabajo estructurado y definido. Las valoraciones de expertos reflejan un alto nivel de impacto, lo que permite la integración de iniciativas académicas con el sector social, beneficiando a una muestra de 80 adultos mayores con problemas de artrosis de manos. La gestión de datos se realizó utilizando bases de datos en ElephantSQL, apoyadas por modelos de entidad-relación que facilitaron la organización y análisis de la información recopilada.

Un componente significativo del proyecto es el rescate de la música ecuatoriana, que se ha incorporado como elemento motivacional en las intervenciones, enriqueciendo la experiencia del usuario y fomentando la identidad cultural. La participación de los adultos mayores en las pruebas del proyecto proporciona una base empírica robusta para evaluar la efectividad y aceptación de estas innovaciones en la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Millingalli Ortega ML. Guía de terapia ocupacional para mejorar la función de la mano en los adultos mayores [Internet] [masterThesis]. Universidad Técnica de Ambato/ Facultad de Ciencias de Salud /Centro de

Posgrados; 2023 [citado 24 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/38420>

2. García Menéndez GR, Loor Mendoza WI, Cabezas Toro AM, Acurio Acurio MP, Nieve Arroyo OS, Macías Rendón CH. Ejercicios físicos terapéuticos para la rehabilitación de artrosis degenerativa en adultos mayores. Una revisión teórica. *Lect Educ Física Deport.* 7 de junio de 2023;28(301):229-42.

3. Solís Cartas U, Calvopiña Bejarano SJ, Martínez Larrarte JP, Paguay Moreno ÁR, Saquipay Duchitanga GI. Percepción de calidad de vida en pacientes con osteoartritis. Características sociodemográficas y clínicas. Estudio de 5 años. *Rev Colomb Reumatol.* 1 de julio de 2018;25(3):177-83.

4. Gonzalez Encalada KT, Torres Sarmiento NR. Artrosis en pacientes mayores de 40 años a nivel de Latinoamérica [Internet]. 2022 [citado 24 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/bb5c5d16-908c-4f33-b317-8061a7b3b2ca>

5. Díaz Contreras IE. Validez de criterio de los hallazgos gammagráficos en manos para diagnóstico de osteoartritis en población adulta. 12 de diciembre de 2023 [citado 24 de septiembre de 2024]; Disponible en: <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/23195>

6. López Echanique MG. Propuesta de diseño de un sistema de utensilios para adultos mayores con diagnóstico de artrosis de mano para la preparación de alimentos [Internet] [bachelorThesis]. Quito: Universidad de las Américas, 2020; 2020 [citado 24 de septiembre de 2024]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12152>

7. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases - Pedersen - 2015 - *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* - Wiley Online Library [Internet]. [citado 24 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/sms.12581>

8. Izquierdo M, Merchant RA, Morley JE, Anker SD, Aprahamian I, Arai H, et al. International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert Consensus Guidelines. *J Nutr Health Aging.* 1 de julio de 2021;25(7):824-53.

9. Leyva LET, Carracedo DCJEG, Silva MsACH. Los ejercicios físicos en el mar para el tratamiento de la artrosis de manos. *Rev Científica Espec En Cienc Cult Física Deporte.* 2019;16(40):85-98.

10. Panchi JAB, Troya DEP, Palacios AGA, Lasluisa POM, León MPJ. Tablero fisioterapéutico para reducir alteraciones en manos de adultos mayores. *Rev Vínculos ESPE.* 1 de enero de 2022;7(1):31-43.

11. Stevenson RDM, Chowdhury EA, Inza VB, Western MJ, Walsh NE, Jones SL, et al. Development of the intelligent knee osteoarthritis lifestyle app: a person-based approach. *BMC Musculoskelet Disord.* 2 de marzo de 2024;25(1):189.

12. Mínguez, J. C., Quintero, A. D. Título del capítulo. En: Tavares, M. J., editor. *Advances in Cognitive Computing and Artificial Intelligence.* 1st ed. Cham: Springer; 2023. p. 303-314. doi:10.1007/978-3-031-63437-6_24.

13. Gutiérrez L. Propuesta de un programa de intervención para mejorar la atención de los adultos mayores en el sistema de salud. Bogotá: Universidad Autónoma de Colombia; 2021. Available from: <https://repositorio.autonoma.edu.co/handle/11182/318>

14. Mullo J. *Música Patrimonial: Un Análisis de la Identidad Cultural en el Ecuador.* Quito: Música y Cultura; 2009. Available from: <https://musicuce.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/05/2009-juan-mullo-musica-patrimoniala.pdf>

15. Hurtado Crespo GP, Umaquina-Criollo AC, Silva Chabla AS, Cárdenas Peñaranda ND. ARTRI: Una solución gamificada para la estimulación motora de adultos mayores con osteoartritis de las manos. [Internet]. 2023 [citado 27 de septiembre de 2024]. Disponible en: link.springer.com.

FINANCIACIÓN

Financiamiento del proyecto de investigación del Instituto Tecnológico Particular Sudamericano de Cuenca.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Galo Hurtado Crespo.

Curación de datos: Galo Hurtado Crespo.

Análisis formal: Pamela Novillo, Ana Umaquinga, Galo Hurtado.

Adquisición de fondos: Juan Pérez.

Investigación: Galo Hurtado.

Metodología: Ana Umaquinga.

Administración del proyecto: Galo Hurtado.

Recursos: Juan Pérez.

Supervisión: Galo Hurtado.

Redacción - borrador original: Galo Hurtado.

Redacción - revisión y edición: Galo Hurtado, Ana Umaquinga.