



**PROTOTIPO FUNCIONAL DE BAJO COSTO PARA LA  
REHABILITACIÓN PASIVA EN PACIENTES CON SÍNDROME DEL  
TÚNEL CARPIANO**

**LOW-COST FUNCTIONAL PROTOTYPE FOR PASSIVE  
REHABILITATION IN PATIENTS WITH CARPAL TUNNEL SYNDROME**

# PROTOTIPO FUNCIONAL DE BAJO COSTO PARA LA REHABILITACIÓN PASIVA EN PACIENTES CON SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO

## LOW-COST FUNCTIONAL PROTOTYPE FOR PASSIVE REHABILITATION IN PATIENTS WITH CARPAL TUNNEL SYNDROME

Paul Arsecio Salazar Castillo<sup>1</sup>,  
Stalyn Ramón Calero Calero<sup>2</sup>,  
Darío José Silva Gaguancela<sup>3</sup>,  
Alexander Leonardo Pérez Jaramillo<sup>4</sup>,

<sup>1</sup> Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós<sup>1</sup>, Ecuador, psalazar@istmbr.edu.ec

<sup>2</sup> Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós<sup>2</sup>, Ecuador, scalero@istmbr.edu.ec

<sup>3</sup> Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós<sup>3</sup>, Ecuador, dsilva@istmbr.edu.ec

<sup>4</sup> Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós<sup>4</sup>, Ecuador, aperez@istmbr.edu.ec

### RESUMEN

El presente artículo describe el desarrollo de un prototipo funcional de bajo costo orientado a la rehabilitación pasiva del síndrome del túnel carpiano, enfocado específicamente en los movimientos de flexión y extensión de los dedos índice y medio. Esta propuesta tecnológica surge como una alternativa frente a las limitaciones de acceso a terapias convencionales. La investigación se enmarca en un estudio aplicado y experimental, con enfoque cuantitativo. El diseño mecánico del prototipo se realizó mediante software CAD, utilizando parámetros antropométricos normalizados, y fue validado estructuralmente mediante análisis por elementos finitos, obteniéndose tensiones máximas de 4.22 MPa, valor muy por debajo del límite de resistencia del material (60 MPa), y un factor de seguridad superior a los estándares recomendados, lo que garantiza la integridad del prototipo incluso ante posibles sobrecargas. La fabricación se llevó a cabo mediante impresión 3D con filamento PETG. El sistema de control integra servomotores y una placa ESP32-S3 alimentados por una fuente de 5 V DC, y se opera de forma remota a través de una interfaz móvil inalámbrica mediante el protocolo UDP. Se lograron movimientos pasivos controlados en un rango de 0 a 90 grados, con tiempos de ejecución de 2.5 segundos y una precisión angular con error menor a 2°. La validación ergonómica con 10 usuarios evidenció una aceptación promedio superior a 4.5 sobre 5. Se plantea como trabajo futuro la validación clínica en pacientes diagnosticados.

**Palabras clave:** rehabilitación, túnel carpiano, prototipo funcional, impresión 3D, servomecanismos.



## ABSTRACT

*This article presents the development of a low-cost functional prototype aimed at passive rehabilitation for carpal tunnel syndrome, specifically focused on flexion and extension movements of the index and middle fingers. This technological proposal emerges as an alternative to the limited access to conventional therapies. The research is framed as an applied and experimental study with a quantitative approach. The mechanical design of the prototype was carried out using CAD software and based on standardized anthropometric parameters. Structural validation was performed through finite element analysis (FEA), obtaining maximum stress values of 4.22 MPa, well below the material's yield strength (60 MPa), and a safety factor above recommended standards, ensuring the prototype's integrity even under potential overload conditions. The prototype was manufactured using 3D printing with PETG filament. The control system integrates servomotors and an ESP32-S3 board powered by a 5 V DC source and is operated remotely via a wireless mobile interface using the UDP protocol. Controlled passive movements ranging from 0 to 90 degrees were achieved, with execution times of 2.5 seconds and an angular error of less than 2°. Ergonomic validation with 10 users showed an average acceptance rating above 4.5 out of 5. Future work includes clinical validation with diagnosed patients.*

**Keywords:** Rehabilitation, carpal tunnel, functional prototype, 3D printing, servomechanisms.

Recibido: Agosto 2025      Aceptado: Diciembre 2025  
Received: August 2025      Accepted: December 2025



## 1. INTRODUCCIÓN

El síndrome del túnel carpiano (STC) es una de las neuropatías periféricas más comunes en la población trabajadora a nivel mundial [1]. Es causado por la compresión del nervio mediano a nivel de la muñeca, quienes pierden de manera esencial movilidad y requieren fisioterapia [2], generando síntomas como hormigueo, dolor nocturno, entumecimiento, debilidad y pérdida de sensibilidad en los dedos índice, medio y parte del anular, afectando significativamente la funcionalidad de la mano, tomándose en cuenta como trastornos asociados a los riesgos ocupacionales [3]. En la mayoría de casos esta afección requiere de fisioterapia para recuperar su calidad de vida [4], los afectados por éste síndrome presentan un incremento a 18,75mm<sup>2</sup> del área del corte transversal del nervio mediano, en pacientes sometidos a examen ultrasonográficos, padeciendo mayormente la afectación pacientes mujeres [5].

La prevalencia de éste síndrome está entre 5,3% mujeres respecto a 2,1% en hombres siendo uno de los trastornos de extremidades más incapacitantes y costosos [6]. Esta problemática plantea la necesidad de alternativas tecnológicas que permitan ejecutar terapias de forma autónoma y a bajo costo, facilitando la continuidad del tratamiento sin supervisión médica directa.

En este contexto, el avance de la ingeniería mecatrónica ha posibilitado el desarrollo de dispositivos tecnológicos orientados a la rehabilitación física, tales como prótesis, exoesqueletos o mecanismos pasivos controlados electrónicamente. Los exoesqueletos robóticos son una alternativa existente para la posible recuperación motora de pacientes, dónde a partir de diseño y la interacción de sistemas dotados de HMI acompañados con electromiografía, todos estos dispositivos robóticos podrán apoyar a una gama más amplia de discapacidades pudiendo replicar los movimientos naturales de los dedos afectados, de manera repetitiva y segura [7]. Además, el uso de herramientas como el diseño asistido por computadora (CAD), el análisis estructural mediante elementos finitos (FEA), Simulación de Biomecánica (SB) y la fabricación aditiva mediante impresión 3D han democratizado el desarrollo de prototipos funcionales a bajo costo [8], permitiendo optimizar la resistencia mecánica, estos exoesqueletos pueden usar barras para transmitir fuerza, un guante actuado con cables o la posibilidad de utilizar dispositivos con actuadores deformables asegurando geometría adecuada y así garantizando

su funcionalidad antes de su construcción física para conseguir el desplazamiento y posición más favorable alcanzando grandes fuerzas [9].

Diversos estudios [10, 11, 12] han documentado la eficacia de exoesqueletos, para la rehabilitación de extremidades, especialmente en el ámbito postquirúrgico y de terapias pasivas asistidas. Sin embargo, muchos de estos dispositivos presentan limitaciones económicas o tecnológicas para ser implementados en entornos domésticos. Frente a este panorama, la presente investigación plantea el desarrollo de un prototipo mecánico ergonómico de bajo costo, orientado a la rehabilitación pasiva de los dedos índice y medio en pacientes con STC. El objetivo es desarrollar una solución accesible y funcional que promueva la autonomía del usuario durante el proceso terapéutico de rehabilitación, aplicando criterios de diseño, validación estructural acompañado del sistema de control.

## 2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

### A. Tipo de estudio y enfoque metodológico

La presente investigación se enmarca en un estudio de tipo aplicado y experimental, con un enfoque cuantitativo. Se adoptó una metodología centrada en el diseño y validación de prototipos tecnológicos, fundamentada en los principios de ingeniería de diseño mecánico y electrónico. El objetivo fue comprobar una hipótesis mediante la evaluación funcional y estructural de un dispositivo orientado a la rehabilitación.

El desarrollo del estudio se llevó a cabo en los laboratorios del Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós (Nueva Loja, Ecuador), entre abril y julio de 2025. Para validar aspectos relacionados con la comodidad, facilidad de uso, percepción de seguridad y estética del prototipo, se trabajó con una muestra intencional de 10 usuarios, con edades entre 20 y 36 años, cuyas características antropométricas correspondían a rangos promedio de la población. Todos los participantes no presentaban diagnóstico clínico de STC, lo que permitió realizar las pruebas en condiciones controladas y seguras.

### B. Diseño del prototipo

Se realizó un análisis de la biomecánica de la mano, con énfasis en el movimiento de flexión y extensión, tomando en cuenta el criterio de compensación de esfuerzos o por un aumento de capacidades motrices que se logra a partir de un exoesqueleto



pasivo que son el 70% de los que se comercializan [11]; se ha tomado énfasis en los dedos índice y medio. Para definir las dimensiones del diseño se emplearon parámetros antropométricos según la norma DIN 33402, considerando medidas del percentil 50, que son las medidas promedio. El diseño tridimensional se realizó usando el software de diseño asistido por computador (CAD), aplicando principios de ergonomía, modularidad y facilidad de ensamblaje. Se modelaron mecanismos articulados de tipo manivela-balancín para simular los movimientos naturales de las falanges de la mano, el diseño final se presenta en la Fig.1.

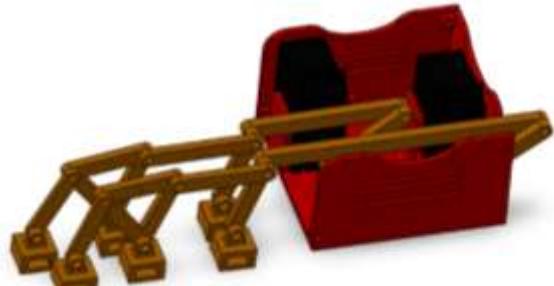


Fig.1: Diseño tridimensional del prototipo de rehabilitación, centrado en los dedos índice y medio.

La validación estructural del modelo diseñado en el software se realizó mediante análisis por elementos finitos (FEA), utilizando simulación (CAE). Para ello, se aplicaron condiciones de carga equivalentes al esfuerzo promedio ejercido por los dedos índice y medio de la mano derecha en adultos de entre 20 y 40 años, con valores de 31.48 N y 31.42 N, respectivamente [12]. Los resultados obtenidos incluyeron mapas de esfuerzo de Von Mises y el cálculo del factor de seguridad (FDS), tomando como referencia la resistencia a la fluencia del material PETG, estimada en 60 MPa, como se muestra en la Fig. 2.

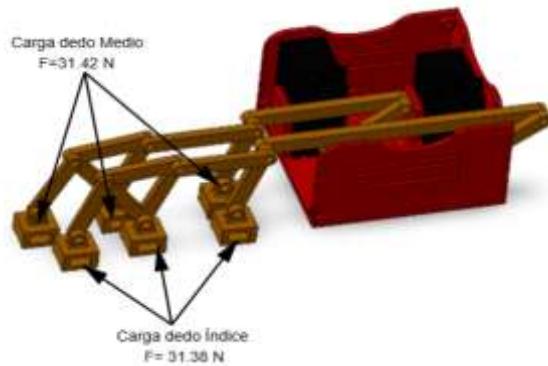


Fig.2: Cargas aplicadas para Análisis por elementos finitos (FEA) de la estructura tridimensional del prototipo.

### C. Fabricación del prototipo

La estructura fue fabricada mediante impresión 3D FDM, utilizando filamento de PETg, seleccionado por su buena resistencia mecánica, flexibilidad y facilidad de impresión. Se utilizó una impresora TEVO Tarántula con boquilla de 0.4 mm para filamento de 1.75mm, a 240 °C de temperatura de extrusión y 70 °C en la cama caliente.

Se integraron dos servomotores Tower Pro MG996R, capaces de generar un torque de hasta 11 kg\*cm, controlados por una placa ESP32-S3 ZERO programada mediante Arduino IDE. El sistema incluye un circuito de control alimentado por 5 V DC a 2A y una interfaz móvil desarrollada en App Inventor 2 que permite ejecutar las rutinas de flexión y extensión de forma remota.

La unidad de control del sistema basada en el microcontrolador ESP32-S3, es responsable de generar las señales PWM para el accionamiento de los servomotores. La interacción con el usuario se realiza mediante conectividad inalámbrica vía Wifi, mediante el protocolo UDP. La Fig. 2 muestra el diagrama de bloques general del sistema de control integrado al prototipo.

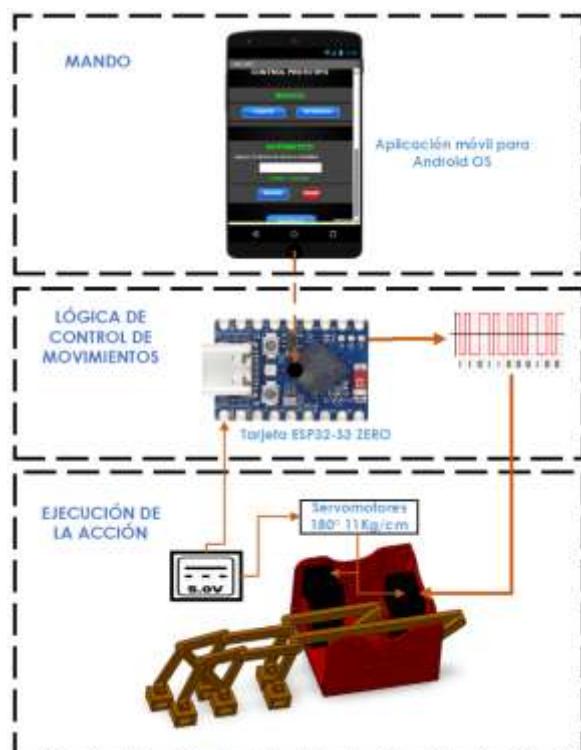


Fig.2: Diagrama de bloques de la unidad de control del prototipo de rehabilitación.

#### D. Evaluación funcional

Se realizaron pruebas de funcionamiento para medir el rango de movimiento angular, el tiempo de respuesta de los movimientos y la repetitividad de los ciclos. Los resultados se registraron tras múltiples secuencias de flexión-extensión. Aunque de acuerdo a Hernández et al. (2020), sugiere evaluar las variables de dolor, parestesia, la escala PSFS (Patient Specific Functional Scale) y el test de Moberg, con indicadores de 0 a 10, dónde se busca evaluar el estado funcional y las limitaciones en cada paciente [13].

Se aplicó una encuesta estructurada a los 10 usuarios sobre aspectos de comodidad, facilidad de uso, percepción de seguridad y estética del prototipo. Las respuestas se calificaron en una escala de 1 a 5 y se analizaron estadísticamente para identificar tendencias en la aceptación del diseño.

El enfoque metodológico seguido, se estructuró en fases progresivas que incluyeron el análisis del problema, diseño conceptual, modelado tridimensional, simulación estructural, fabricación y validación funcional. La Fig. 3 presenta la secuencia de diseño aplicado en esta investigación.

El modelo implementado se orienta al desarrollo y validación inicial de un dispositivo con enfoque de apoyo en el tratamiento de afecciones asociadas al síndrome de túnel carpiano (STC), sin embargo, el enfoque no ha de centrarse en medidas clínicas ni terapéuticas relacionadas con: *registros de dolor y molestias, indicadores fisiológicos, esfuerzo y fatiga, calidad de vida u otros efectos adversos* [14]. Que garantizarían de manera integral la utilización de este dispositivo como tratamiento terapéutico o complementario. El sistema propuesto no constituirá un modelo comercial, sino un prototipo en fase de investigación y desarrollo, cuyo objetivo principal es evaluar su grado de aceptabilidad y funcionalidad básica. Garantizando costos reducidos, un desempeño funcional adecuado lo que posibilita el acceso abierto, reduciendo limitaciones geográficas y favoreciendo la incorporación de tecnologías adicionales.

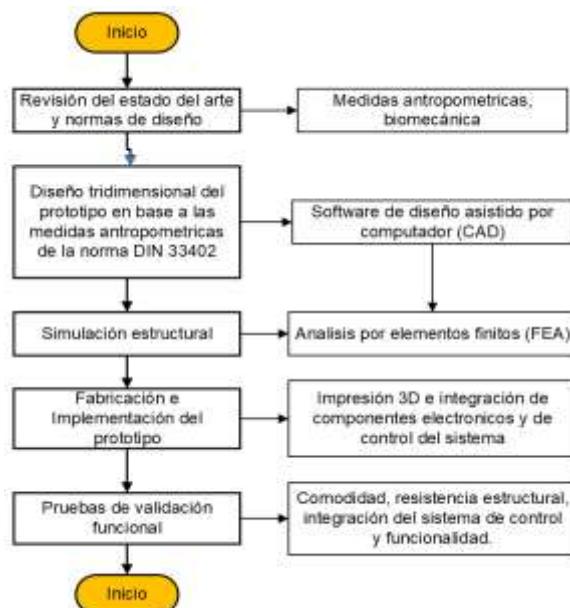


Fig.3: Esquema del proceso de diseño del prototipo de rehabilitación.

### 3. RESULTADOS

#### A. Validación estructural del modelo CAD

Se realizó la simulación por elementos finitos para validar la resistencia mecánica del prototipo bajo condiciones de carga representativas. En el caso, la tensión máxima obtenida fue de 4.22 MPa, como se observa en la Fig. 4. Este valor fue considerablemente inferior al límite de fluencia del material PETG (60 MPa), evidenciando que la estructura puede soportar con holgura las cargas generadas durante el proceso de rehabilitación. El factor de seguridad obtenido fue superior a 14 en ambas estructuras.

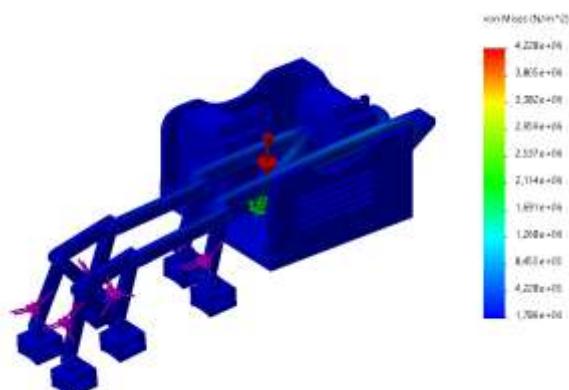


Fig.4: Mapa de esfuerzos de Von Mises para la estructura del prototipo mecatrónico.



### B. Ensamble físico y operación del prototipo

El prototipo estructural fue fabricado mediante impresión 3D y ensamblado exitosamente, y los componentes electrónicos funcionaron adecuadamente al integrarse con el sistema de control, como se muestra en la Fig. 5. Durante las pruebas, se logró un movimiento de flexión hasta 90° y una extensión hasta 0°, con tiempos promedio de ejecución de 2.5 segundos y 2.7 segundos, respectivamente.

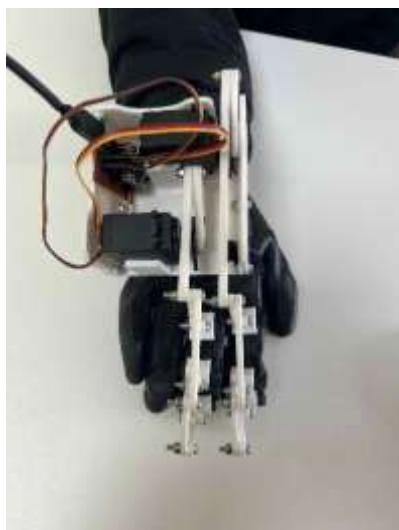


Fig.5: Ensamble físico final del prototipo mecatrónico de rehabilitación.

### C. Repetitividad y precisión del movimiento

Se evaluó la repetitividad de los movimientos durante cinco ciclos de operación continua. Se registraron variaciones mínimas en el desplazamiento angular, con una desviación estándar inferior a 2 grados, lo cual demuestra una buena precisión en la ejecución automática del ejercicio terapéutico, como se muestra en Tabla 1.

Tabla 1. Repetitividad del desplazamiento angular durante la ejecución de cinco ciclos

Prueba N.-	Ángulo de Flexión (°)	Ángulo de Extensión (°)
1	90	1
2	88	0
3	89	2
4	92	-1
5	91	-1

Promedio	90	0.2
----------	----	-----

### D. Evaluación ergonómica por usuarios

Se aplicó una encuesta estructurada a 10 participantes de la muestra, evaluando aspectos como comodidad, facilidad de uso, seguridad percibida y apariencia del dispositivo. En una escala de 1 a 5, los resultados promediaron 4.5 puntos en comodidad, 4.7 en facilidad de uso, 4.6 en seguridad y 4.2 en estética, reflejando una aceptación general positiva del diseño. En la Fig. 6 se muestra los promedios globales por cada pregunta.

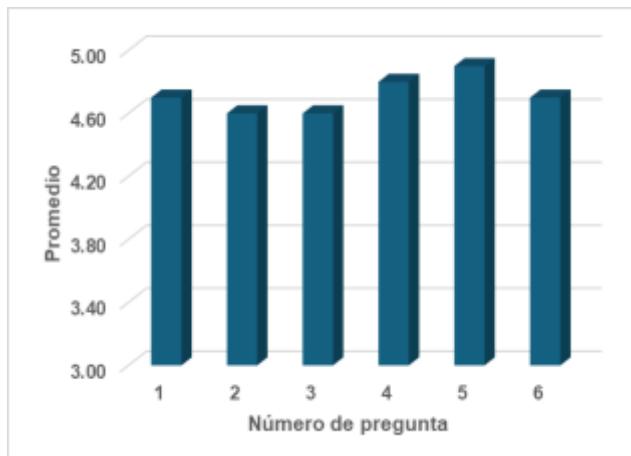


Fig.6: Promedio de respuestas de la evaluación ergonómica del prototipo.

## 4. DISCUSIÓN

El presente artículo tiene como objeto recopilar los aportes científicos y las perspectivas de diversos autores, complementados con un análisis estructural-funcional de un modelo prototípico que integra una interfaz de control basada en Android. Las tecnologías utilizadas en éste artículo son de uso común en el desarrollo de exoesqueletos biónicos, en consecuencia, se ha logrado tres objetivos cruciales: 1) Integrar tecnologías enfocadas al desarrollo de prototipos de bajo costo, con múltiples posibilidades de desarrollo tecnológico.

2) Utilizar tecnologías de prototipado rápido y software de diseño funcional con análisis de elementos finitos (FEA).

3) Reducir los costos de implementación y evaluar la respuesta de usuarios que presentan afecciones relacionadas al síndrome de túnel carpiano STC, analizando su nivel de aceptación respecto a la comodidad, facilidad de uso, percepción de



seguridad y estética del dispositivo, con una muestra de 10 usuarios entre 20 y 36 años.

Los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento muestran que el guante robótico permite realizar movimientos básicos de flexión y extensión de los dos dedos, con una precisión aceptable para tareas de rehabilitación pasiva reportados en autores como [1] y [6], quienes también muestran afecciones de (STC), bajo intensidades de leve o moderada.

En comparación con dispositivos de rehabilitación, como los exoesqueletos comerciales Hand of Hope o ExoGlove, [11] el prototipo desarrollado presenta la ventaja de un costo significativamente menor, así como una estructura más ligera y mayor adaptabilidad a distintas dimensiones antropométricas de la mano. Sin embargo, a diferencia de estos sistemas, el dispositivo aún presenta limitaciones en la precisión de control y falta de retroalimentación háptica, lo cual restringe su uso a terapias de nivel inicial.

El diseño de la estructura se basa en un mecanismo barras articuladas, que fueron concebidos para ejecutar los movimientos de flexión y extensión del dedo índice y cordial, con el propósito de asistir en la rehabilitación del síndrome del túnel carpiano que hace diferente con el estudio [4], que utiliza un sistema de barras circulares e hilos tensores para flexión y extensión alcanzando un rango de movimiento de la articulación metacarpofalángica (MCF) y la interfalángica proximal (IFP) alrededor de los 65°, pudiendo lograr similares resultados de flexión y extensión con el modelo propuesto.

En referencia a dos estudios concretos en casos clínicos explicados de personas que han sufrido accidente cerebrovascular y personas con distrofia muscular de Duchenne, [7] el estudio de nuevas tecnologías asociadas a exoesqueletos robóticos podría apoyar a una gama más amplia de discapacidades y afecciones.

[2] Según el estudio reportado [13], las férulas nocturnas inmovilizan la muñeca para reducir la compresión del nervio mediano, pero no son capaces de proveer un movimiento asistido, este modelo planteado permite movimientos guiados [3] través de una aplicación móvil con la opción de integrar un control adaptivo, capaz de mejorar el confort y eficacia terapéutica del usuario.

## 5. CONCLUSIÓN

El prototipo funcional mecatrónico, fabricado mediante impresión 3D e integrado con servomecanismos y un sistema de control embebido, logró ejecutar de forma precisa los movimientos de flexión y extensión dentro del rango esperado de 0 a 90 grados. Se registraron tiempos de operación pasiva promedio de 2.5 segundos y una repetitividad adecuada, con un margen de error inferior a 2 grados en los desplazamientos angulares. La evaluación ergonómica aplicada a los usuarios evidenció una alta aceptación del dispositivo, destacando aspectos como comodidad, facilidad de uso y seguridad percibida.

Los resultados obtenidos confirman que es viable diseñar dispositivos prácticos y accesibles mediante la aplicación de herramientas de ingeniería mecánica, electrónica y fabricación aditiva. Este enfoque representa una alternativa prometedora para el desarrollo de soluciones terapéuticas autónomas, especialmente en contextos con limitaciones económicas o geográficas.

Como trabajo futuro, se plantea la incorporación de sensores de retroalimentación para el monitoreo en tiempo real del progreso del paciente, así como la evaluación clínica del dispositivo en usuarios con diagnóstico médico, enfocado en la adaptabilidad ergonómica del dispositivo para el tratamiento efectivo de afecciones similares.

Adicionalmente mejorar los materiales, procesos de fabricación y control electrónico, permitiendo prolongar la vida útil de cada componente y la funcionalidad del dispositivo.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

S. J. Del Barrio et al., «Tratamiento conservador en pacientes con síndrome del túnel carpiano con intensidad leve o moderada. Revisión sistemática», Neurología, vol. 33, n.o 9, pp. 590-601, jul. 2016, doi: 10.1016/j.nrl.2016.05.018.

«Síndrome del Túnel Carpiano: Causas, Síntomas y Tratamientos.», TRAUMACARE CLINIC, 2025. <https://traumacareclinic.com/sindrome-del-tunel-carpiano-causas-sintomas-y-tratamientos/> (accedido 27 de julio de 2025).

D. Rempel et al., «Consensus criteria for the classification of carpal tunnel syndrome in epidemiologic studies.», American Journal Of Public Health, vol. 88, n.o 10, pp. 1447-1451, oct. 1998, doi: 10.2105/ajph.88.10.1447.



- [4] D. P. Mendoza, «Desarrollo de un Prototipo de Exoesqueleto para Imitación del Movimiento de la Mano Basado en una Interfaz Leap Motion[1,3] Universidad del Azuay, 2023. [En línea]. Disponible en:  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12798>
- [5] A. Arteaga-Romani, M. P. Quispe-Illanzo, A. Arteaga-Romani, y M. P. Quispe-Illanzo, «CARACTERÍSTICAS ULTRASONOGRÁFICAS[4] DEL NERVIO MEDIANO EN PACIENTES CON SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO.», Revista Médica Panacea, vol. 9, n.o 3, pp. 194-197, ene. 2021, doi: 10.35563/rmp.v9i3.375.
- [6] B. M. Huisstede, P. Hoogvliet, M. S. Randsdorp, S. Glerum, M. Van Middelkoop, y B. W. Koes, «Carpal Tunnel Syndrome. Part I: Effectiveness of Nonsurgical Treatments—A Systematic Review», Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation, vol. 91, n.o 7, pp. 981-1004, jun. 2010, doi: 10.1016/j.apmr.2010.03.022.
- [7] K. Nizamis et al., «Transferable Expertise From Bionic Arms to Robotic Exoskeletons: Perspectives for Stroke and Duchenne Muscular Dystrophy», IEEE Transactions On Medical Robotics And Bionics, vol. 1, n.o 2, pp. 88-96, abr. 2019, doi: 10.1109/tmrb.2019.2912453.
- [8] D. Copaci, D. Blanco, I. L. Guerra, S. C. Vázquez, y M. P. De Heredia, «Exoesqueleto actuado por SMA para movilización de la muñeca», Actas de las XXXVII Jornadas de Automática 7, 8 y 9 de Septiembre de 2016, Madrid, pp. 368-373, feb. 2022, doi: 10.17979/spudc.9788497498081.0368.
- [9] «Diseño de un sensor óptico de fuerza para exoesqueleto de mano», XXXVIII Jornadas de Automática, vol. 37, pp. 270-275, 2017, [En línea]. Disponible en:  
<https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/46498>
- [10] B. Andrea y J. Díez, «Procedimiento de diseño de un exoesqueleto de miembro superior para soporte de cargas», Actas de las XXXVIII Jornadas de Automática, vol. 37, pp. 680-685, 2017, [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10651/46851>
- [11] G. Lasheras, N. Castro, R. O'Brien, L. Molisani, E. Laciár, y J. M. Fontana, «Diseño de una mano artificial antropomórfica para aplicaciones protésicas», IEEE Biennial Congress Of Argentina (ARGENCON), pp. 1-5, jun. 2016, doi: 10.1109/argencon.2016.7585335.
- [12] J. Gómez, P. Castiblanco, O. F. Avilés, y M. Maudeloux, «Dispositivo de medición de fuerza de los dedos y su rol en el seguimiento de las funciones de la mano», CIRUGÍA PLÁSTICA IBERO-LATINOAMERICANA, vol. 48, jun. 2022, doi: 10.4321/S0376-78922022000200013.
- D. Hernandez et al., «Eficacia de la férula nocturna y el ultrasonido para tratar el síndrome del túnel carpiano. Estudio clínico controlado y aleatorizado», Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología, vol. 85, n.o 4, pp. 357-368, nov. 2020, doi: 10.15417/issn.1852-7434.2020.85.4.982.
- H. Mardomingo-Medialdea, P. Fernandez-Gonzalez, y F. Molina-Rueda, «Usabilidad y aceptabilidad de los exoesqueletos portables para el entrenamiento de la marcha en sujetos con lesión medular: revisión sistemática», Revista de Neurología, vol. 66, n.o 02, p. 35, ene. 2018, doi: 10.33588/rn.6602.2017315.

