

Tiburonchaja TUNARI KANKASU

ARTÍCULO FINAL (2)

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:535022512

19 páginas

Fecha de entrega

1 dic 2025, 21:06 GMT-5

3323 palabras

Fecha de descarga

1 dic 2025, 21:08 GMT-5

19.901 caracteres

Nombre del archivo

ARTÍCULO FINAL (2).docx

Tamaño del archivo

7.8 MB

15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 6%  Publicaciones
- 13%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
6% Publicaciones
13% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)
-

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

Rank	Type	Source	Percentage
1	Internet	savoirs.usherbrooke.ca	1%
2	Internet	karafan.tvu.ac.ir	1%
3	Trabajos del estudiante	ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey on 2024-11-17	1%
4	Internet	assets-eu.researchsquare.com	1%
5	Internet	files.eric.ed.gov	1%
6	Trabajos del estudiante	Escuela Politécnica Nacional on 2022-10-18	<1%
7	Internet	www.mdpi.com	<1%
8	Trabajos del estudiante	Universidad Señor de Sipan on 2025-06-25	<1%
9	Trabajos del estudiante		<1%
10	Trabajos del estudiante	Universidad de Málaga - Tii on 2024-06-24	<1%
11	Trabajos del estudiante	Wright State University on 2025-03-25	<1%

12	Trabajos del estudiante Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC on 2023-08-28	<1%
13	Internet repository.unab.edu.co	<1%
14	Trabajos del estudiante Universidad TecMilenio on 2025-10-30	<1%
15	Internet roe.solca.med.ec	<1%
16	Internet dspace.ucuenca.edu.ec	<1%
17	Trabajos del estudiante Universidad TecMilenio on 2025-04-09	<1%
18	Internet prezi.com	<1%
19	Internet rei.iteso.mx	<1%
20	Trabajos del estudiante UNIBA on 2025-11-09	<1%
21	Trabajos del estudiante Universidad de Málaga on 2025-06-23	<1%
22	Internet de.slideshare.net	<1%
23	Internet elroldelobrero.wordpress.com	<1%
24	Internet portal.amelica.org	<1%
25	Internet texstroj.info	<1%

26

Publicación

Dante Rodriguez, Catherine Boggio, Melany Cama, Joao Torres, Gianella Ccama, E... <1%

27

Trabajos del
estudiante

Universidad Autonoma de Chile on 2025-05-19 <1%



Aplicación de herramientas CAD en el diseño de una órtesis de mano y muñequera para soporte y rehabilitación funcional

Caviedes Taipe Prisila Maite

[ID: 0009-0001-7228-4431](#)

prisila.caviedes@unmsm.edu.pe

Rodriguez Gonzales Christian

[ID: 0009-0002-2866-4215](#)

christian.rodriguezg@unmsm.edu.pe

Rojas Ochoa Stephany

[ID: 0009-0001-3448-3843](#)

stephany.rojas@unmsm.edu.pe

Solis Ramos Marifer

[ID: 0009-0000-9516-3379](#)

marifer.solis@unmsm.edu.pe

ABSTRACT

This study presents the digital design of a hand and wrist orthosis using Computer-Aided Design (CAD) tools to improve anatomical adaptation, mechanical stability, and functional rehabilitation. The project addresses the limitations of traditional manually fabricated orthoses, which frequently lack precision and personalization. Using CAD modeling, the orthosis was digitally developed based on biomechanical and ergonomic principles to achieve a comfortable, lightweight, and structurally optimized design. The digital workflow also enabled iterative refinement and evaluation of design alternatives through simulation-based analysis. The resulting model provides a customizable and anatomically coherent solution that can be adapted for future fabrication using additive manufacturing technologies.

1. INTRODUCCION

Las lesiones de mano y muñeca son complicaciones comunes que ocasionan menor movilidad, dolor y ocasionan limitaciones al hacer algunas cosas. Para ello se necesita el uso de dispositivos ortopédicos ya que esto ayuda a que estén estabilizadas las estructuras que están afectadas. El problema principal de este trabajo se centra en que la fabricación tradicional de dispositivos ortopédicos a menudo carecen de precisión, personalización y adaptación ergonómica a la anatomía específica del paciente. Lo cual esto puede causar un malestar en el soporte ya que sería insuficiente y una eficacia terapéutica limitada.

Para mejorar la precisión y la personalización en el diseño de ortesis se ha llevado a la incorporación de herramientas de Diseño Asistido por Computadora en la ingeniería biomédica. La tecnología de esto permite el modelado anatómico detallado también los ajustes digitales y la evaluación del comportamiento mecánico mediante simulación antes de llevarlo a cabo. Esto mejora considerablemente la calidad y el rendimiento de los dispositivos ortopédicos. El contexto teórico de este estudio se basa en principios biomecánicos, criterios de diseño ergonómico y técnicas de ingeniería digital aplicadas a dispositivos de rehabilitación.

La justificación se basa en la demanda de órtesis personalizadas, ligeras y cómodas que mejoren los resultados de recuperación. El diseño basado en CAD satisface esta necesidad ya que permite tener más precisión, adaptabilidad y eficiencia.

El objetivo general es diseñar una órtesis de mano y muñeca mediante herramientas CAD para poder facilitar la funcionalidad y la rehabilitación que sea personalizada, accesible y funcional . Los objetivos específicos incluyen el modelado de la anatomía mano-muñeca, el desarrollo de una estructura ortopédica ergonómica y personalizable, y la evaluación de alternativas de diseño mediante simulaciones digitales.

Hipótesis:

Una órtesis de mano y muñeca diseñada con herramientas CAD proporcionará un ajuste anatómico superior, estabilidad mecánica y soporte

de rehabilitación en comparación con las órtesis fabricadas mediante métodos manuales tradicionales.

2. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo aplicada, puesto que se busca desarrollar y validar un dispositivo ortésico funcional mediante técnicas de diseño asistido por computadora e impresión 3D, con el objetivo de aportar una solución práctica en la rehabilitación de lesiones en mano y muñeca. Presenta un alcance descriptivo - explicativo, puesto que se desarrolla y describe el proceso de diseño y fabricación de la ortesis a través del uso de herramientas CAD, y se explica cómo el uso de la digitalización 3D influyen en el logro de la precisión anatómica y funcional de nuestro producto final, la ortesis de mano y muñeca.

Tiene un enfoque cuantitativo, pues se trabajó con mediciones geométricas directas obtenidas mediante escaneo 3D, parámetros técnicos de diseño CAD y variables propias del proceso de impresión 3D. A través de un diseño experimental se manipularon y controlaron variables técnicas relacionadas con el proceso de fabricación, tales como la orientación de impresión, la densidad de relleno y el espesor de capa, mientras que otros factores, como el tipo de material, la temperatura de extrusión y la velocidad de impresión, se mantuvieron constantes. Asimismo, la captura tridimensional de la mano y muñeca fue procesada digitalmente para generar una base anatómica sobre la cual se elaboró el modelo ortésico, permitiendo analizar la personalización del diseño.

La muestra estuvo conformada por piezas impresas en 3D que componen la ortesis de mano y muñeca. Estas fueron fabricadas en filamento PLA eSUN mediante tecnología FDM, utilizando la impresora Creality Ender 5 Max. Todos los elementos permitieron desarrollar una ortesis ajustada a la morfología real del usuario, la muestra incluyó tanto el cuerpo principal de la ortesis como las piezas complementarias necesarias para su ensamblaje.

El procedimiento se desarrolló de manera secuencial a través de la captura tridimensional de la mano y muñeca mediante un escáner 3D, obteniendo una nube de puntos que posteriormente fue procesada para generar un modelo limpio y apto para su uso en diseño asistido por computadora. Con esta base

anatómica, se procedió al modelado de la ótesis en software CAD. Posteriormente, las piezas fueron fabricadas mediante impresión 3D, manteniendo constantes factores como temperatura de boquilla, temperatura de cama y velocidad de deposición. Tras la impresión, las piezas fueron sometidas a un proceso de postratamiento, que incluyó la eliminación de soportes, lijado y ajuste manual. Finalmente, se ensambló la ótesis y se incorporaron elementos para mejorar la comodidad y evitar el deslizamiento durante su uso, completando así la construcción del dispositivo para su posterior evaluación funcional.

El producto obtenido se propone como opción de rehabilitación de un problema de movilidad, en este estudio se desarrolla el proceso de producción de este y la comprobación de su funcionalidad en base a la geometría CAD, sin embargo, se da pie a que en próximos estudios se pueda dar un estudio íntegro para una evaluación objetiva en base al uso en diversos usuarios en un tiempo prolongado y óptimo con el fin de obtener resultados en base criterios de objetividad y reproducibilidad.

Para guiar el diseño inicial de la ótesis, se utilizó como referencia una imagen conceptual generada mediante inteligencia artificial (Figura X). Esta imagen sirvió únicamente como inspiración y orientación para la creación del modelo CAD final.

Figura 1. Modelo de ortesis referencial (IA)



Figura 2. Modelo de ortesis referencial en muñeca (IA)



16

3. MATERIALES Y MÉTODOS

12

3.1 MÉTODOS

3.1.1 OBTENCIÓN DE DATOS ANATÓMICOS MEDIANTE ESCANEO 3D

23

Se empleó un escáner 3D para la digitalización de la mano y muñeca del usuario. El procedimiento consistió en la captura de una nube de puntos completa del antebrazo distal, muñeca y mano en posición neutra. Posteriormente, los datos fueron procesados para generar un modelo tridimensional limpio y escalable, que serviría como base para el diseño de la ortesis. Esta etapa garantiza un ajuste anatómico personalizado y una adaptación precisa a la morfología del usuario.

3.1.2 MODELADO CAD DE LA ORTESIS

Utilizando software CAD (Computer-Aided Design), se desarrolló el diseño de la órtesis a partir del modelo anatómico obtenido. El proceso incluyó:

Delimitación de zonas de soporte y restricción de movimiento.

Generación de superficies y estructuras ventiladas para reducir peso.

Incorporación de curvaturas ergonómicas en contacto con la piel.

Diseño de un sistema de cierre que permita la colocación y retiro sencillo de la órtesis.

Durante esta etapa se realizaron iteraciones de diseño, evaluando parámetros como rigidez estructural, distribución de cargas y área de cobertura, considerando los requerimientos de rehabilitación funcional.

3.1.3 USO DE SOFTWARE DE LAMINADO SLICER

El diseño final fue exportado a formato STL y procesado mediante un software de laminado (slicer). Se definieron parámetros tales como:

Altura de capa.

Densidad de relleno.

Orientación de impresión.

Velocidad de extrusión.

El objetivo fue optimizar el tiempo de fabricación, la resistencia mecánica y la calidad superficial.

3.1.4 IMPRESIÓN 3D

El modelo laminado fue fabricado utilizando impresión 3D por deposición de filamento fundido (FDM). Se utilizó la impresora Creality Ender 5 Max, configurada para trabajar con filamento PLA eSUN debido a su buena resistencia, facilidad de impresión y estabilidad dimensional. Tras la impresión, las piezas fueron sometidas a un proceso de limpieza, eliminación de soportes y lijado manual para mejorar la ergonomía del producto final.

3.1.5 ENSAMBLAJE Y ACONDICIONAMIENTO

Una vez impresas las piezas principales, se integró una plancha de esponja antideslizante en el interior de la ótesis, con el fin de mejorar la comodidad del usuario, evitar deslizamientos y distribuir adecuadamente la presión sobre la piel. Se completó la ótesis con los elementos de fijación seleccionados. Finalmente, se realizó una evaluación funcional preliminar para comprobar el ajuste y confort del dispositivo.

La sección detalla los componentes esenciales que permiten el diseño virtual y la materialización física de la ótesis de mano y muñeca.

3.2 MATERIALES DE FABRICACIÓN

18

8

Para el desarrollo del diseño y fabricación de la ótesis de mano y muñeca se utilizaron diversos equipos, herramientas digitales y materiales específicos, seleccionados en función de la precisión requerida y de la tecnología de impresión 3D empleada. A continuación, se describen los principales elementos utilizados durante el estudio:

3.2.1 EQUIPOS

Escáner 3D

Utilizado para la digitalización anatómica de la mano y muñeca del usuario. Este equipo permitió obtener una nube de puntos detallada, la cual sirvió como base geométrica para la elaboración del modelo de la ótesis.

Figura 1. Escáner 3D y mano escaneada



Impresora 3D Creality Ender 5 Max

Máquina de tecnología FDM empleada para la fabricación de las piezas de la ótesis. Se seleccionó por su amplio volumen de impresión, estabilidad estructural y compatibilidad con filamentos

PLA, garantizando piezas de buena calidad dimensional y resistencia adecuada.

Figura 2. Impresora en uso y ajustes de impresión



Computadora de diseño e impresión

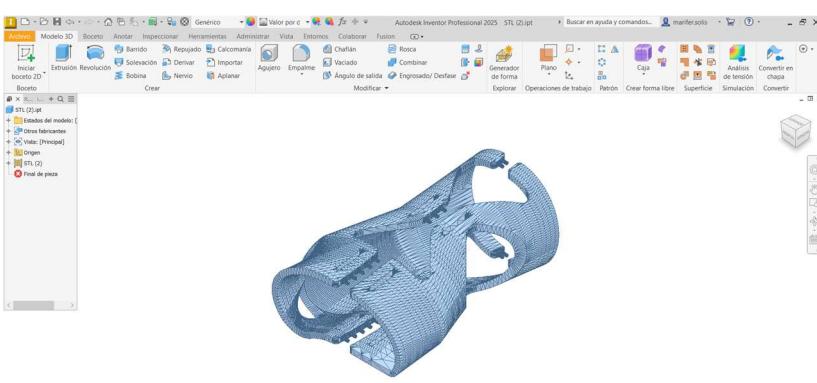
Equipo destinado al procesamiento de los modelos anatómicos, diseño CAD y configuración del proceso de impresión 3D.

3.2.2 SOFTWARE

Autodesk Inventor - software CAD

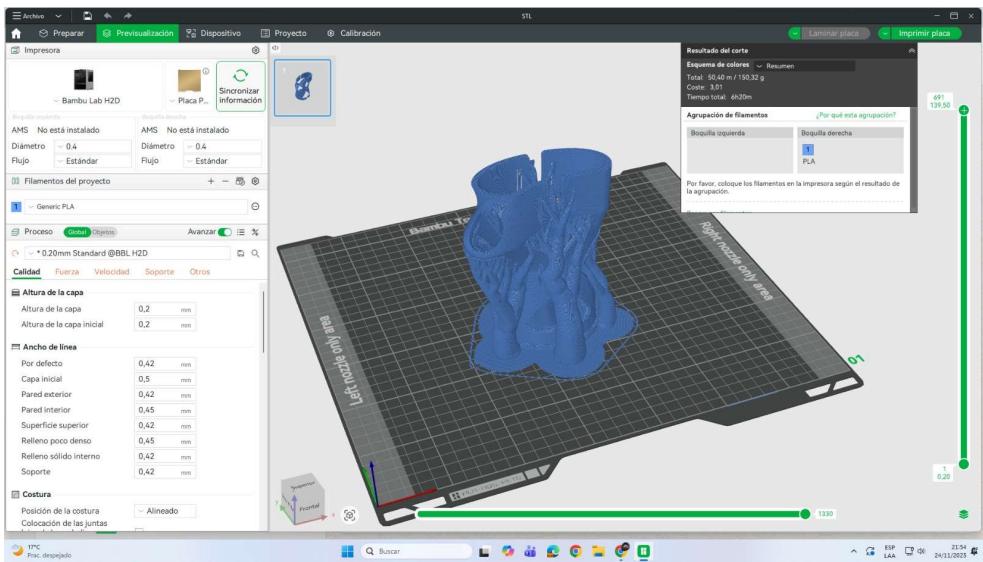
Utilizado para el modelado tridimensional de la órtesis. Con este programa se definieron las superficies ergonómicas, estructuras internas, perforaciones, zonas de ventilación y el mecanismo de ajuste del dispositivo, permitiendo un diseño preciso basado en el modelo anatómico obtenido del escaneo 3D.

Figura 3. Software Inventor utilizado



Herramienta empleada para generar el código G de impresión. En este software se configuraron parámetros como altura de capa, densidad de relleno, orientación de la pieza, temperatura de extrusión, velocidad de impresión y generación de soportes. Sus perfiles preconfigurados para la Creality Ender 5 Max facilitaron la correcta calibración y optimización del proceso de impresión.

Figura 4. Software utilizando parámetros necesarios



3.2.3 MATERIALES

Filamento PLA eSUN de 1.75 mm

Material principal utilizado para fabricar la órtesis mediante impresión 3D. Se eligió PLA eSUN por su buena calidad de extrusión, estabilidad dimensional, baja deformación durante el enfriamiento y su resistencia adecuada para dispositivos ortésicos ligeros.

Figura 5. Filamento utilizado en ortesis



Plancha de esponja antideslizante

Empleada como recubrimiento interno de la órtesis para mejorar el confort del usuario, reducir la fricción con la piel y evitar deslizamientos durante el uso.

Figura 6. Esponja como acolchonado de ortesis



Sistemas de fijación

Cintas, velcro u otros mecanismos de cierre, utilizados para asegurar la correcta sujeción de la órtesis, permitiendo un ajuste firme y cómodo.

Figura 7. Sistema de fijación para ortesis



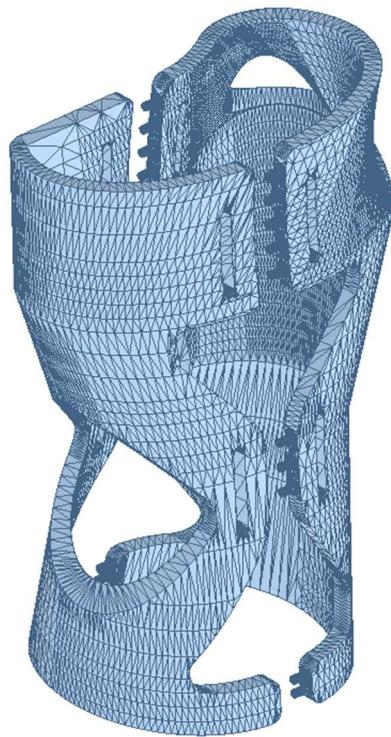
4. RESULTS

El presente trabajo muestra el desarrollo y fabricación de una órtesis de mano mediante diseño digital y manufactura aditiva. Se realizó el modelado CAD del dispositivo, considerando las necesidades anatómicas y funcionales del usuario, asegurando soporte, comodidad y ajuste adecuado. Posteriormente, el modelo se preparó para impresión 3D, definiendo los parámetros de fabricación y verificando su correcta construcción capa por capa. A continuación, se presentan las imágenes del diseño, los parámetros utilizados y el proceso de impresión, así como la pieza final obtenida.

4.1 DISEÑO DIGITAL DE LA ORTESIS

Se desarrolló el modelo digital de la órtesis de mano mediante software CAD, obteniéndose una geometría que incorpora las áreas de soporte, ventilación y ajuste anatómico correspondiente.

Figura 8. *Modelo CAD inicial de la órtesis (vista general).*



Para obtener un diseño adecuado a la anatomía del usuario, se realizaron ajustes iterativos en las dimensiones, curvaturas y espesores estructurales.

Figura 9. *Detalles del modelado CAD (vistas lateral).*

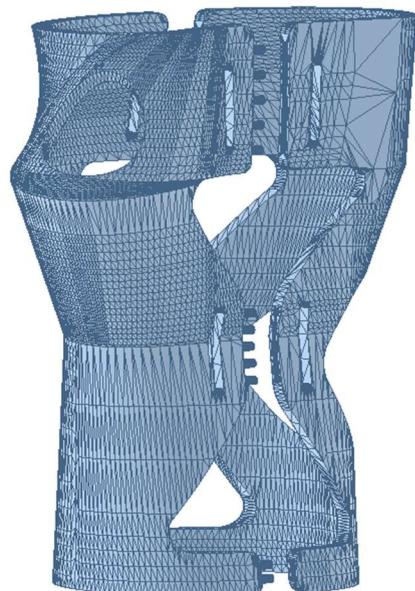
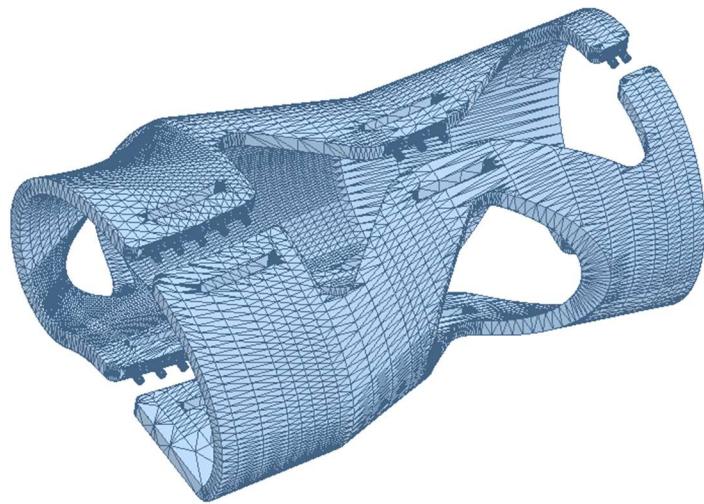
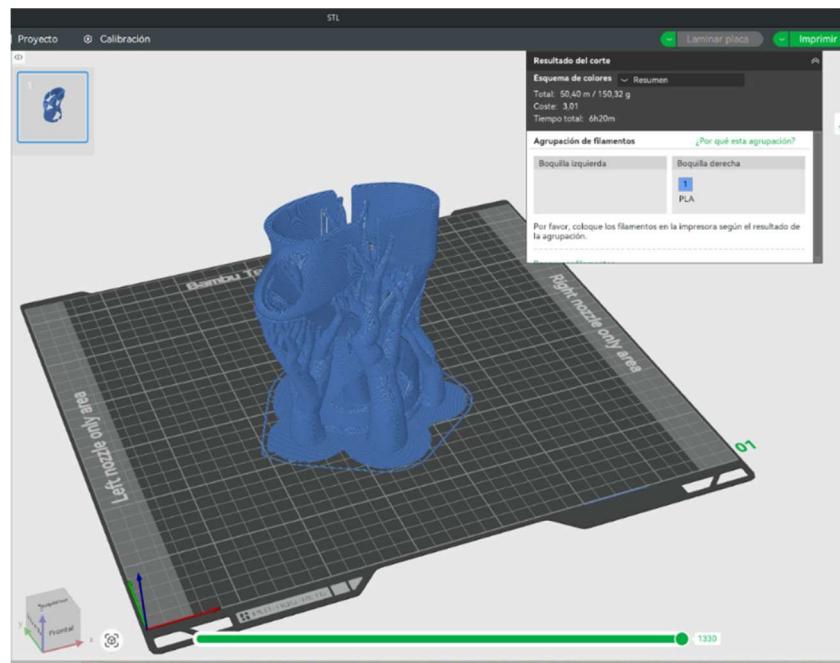


Figura 10. Detalles del modelado CAD (vista superior).

4.2 GENERACIÓN DEL ARCHIVO STL Y PREPARACIÓN PARA IMPRESIÓN

El modelo CAD final se exportó en formato STL, verificando la integridad de la malla y corrigiendo artefactos menores antes del proceso de fabricación aditiva.

Figura 11. Modelo final exportado en formato STL listo para impresión 3D

4.3 PARÁMETROS DE IMPRESIÓN 3D

La impresión se configuró colocando los parámetros dentro del software de laminado (slicer), asegurando una estructura resistente y estable. La Tabla 1 muestra los parámetros empleados.

Tabla 1. Parámetros utilizados en la impresión 3D

Parámetro	Detalles
Filamento	PLA
Proceso	0.20 mm Standard
Fuerza	
Bucle de pared	4
Patrón interno de relleno sólido	Rectilineo
Densidad de relleno	100
Patrón de relleno disperso	Rectilineo
Velocidad	
Velocidad de Capa inicial	50 mm/s
Velocidad de Pared Interior	150 mm/s
Velocidad de Pared Exterior	200 mm/s
Soporte	
Tipo de Soporte	Arbol (auto)
Angulo de umbral	60
Capas de balsa	15 capas
Avanzado	
Densidad de la capa Inicial	90%
Expansión de la capa Inicial	15 mm
Contorno de la falda	3
Temperatura de boquilla	55°C
Temperatura de plataforma	220°C

4.4 PROCESO DE IMPRESIÓN 3D

El proceso de fabricación se desarrolló en varias etapas, evidenciando la construcción progresiva de la órtesis capa por capa.

Figura 12. Inicio del proceso de impresión.

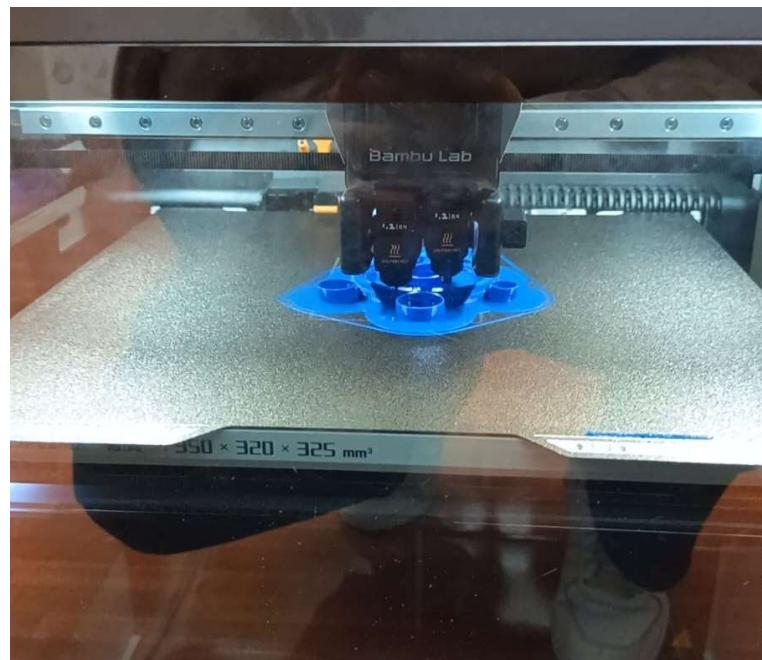


Figura 13. Progreso intermedio de la fabricación.



4.5 PIEZA IMPRESA Y VERIFICACIÓN DIMENSIONAL

Una vez concluida la impresión, se procedió al retiro de soportes, alisado superficial y verificación dimensional respecto al diseño original.

Figura 14. *Ortesis impresa final con soportes*



Figura 15. *Ortesis impresa final sin soporte*



4. DISCUSION

25

La utilización del escaneo 3D permitió generar una imagen más precisa **de la anatomía de la mano y muñeca**, lo cual permitió realizar un diseño en CAD más personalizado para el usuario. Este proceso fue más óptimo a comparación con otros métodos tradicionales de medición y mejoró la fidelidad del diseño; en comparación con otras investigaciones se observa que el escaneo tridimensional tiende a ofrecer mayor exactitud en la captura de contornos y superficies, resultando una ortesis más ergonómica y adaptada (Schwartz & Schofield, 2021). Asimismo, se señala que la calidad del escaneo influye directamente en el confort y el desempeño del dispositivo, ya que permite diseñar estructuras que evitan puntos de presión y distribuyen mejor las cargas (Marín-Brenes et al., n.d.). También se reportó que, aunque existan variaciones entre diferentes tecnologías, el escaneo 3D suele ser más rápido y eficiente que los métodos convencionales, especialmente en casos que requieren geometrías complejas o personalización detallada (Farhan et al., 2021). En conjunto, estos antecedentes respaldan que la digitalización tridimensional empleada en este proyecto fue un elemento clave para lograr un ajuste anatómico preciso .

19

El proceso de modelado CAD permitió definir una geometría ergonómica para la ortesis, incorporando aperturas triangulares, curvaturas y zonas aligeradas que reducen peso sin comprometer la rigidez estructural. Estas decisiones responden a necesidades prácticas, como la ventilación, comodidad y disminución de material, y coinciden con lo propuesto en estudios donde se aplican **técnicas de optimización, para mejorar el desempeño de las ortesis mediante aperturas estratégicas** (Anchundia & Loor, 2022). Asimismo, la incorporación de redondeos en las esquinas y en las zonas sometidas a mayor esfuerzo se fundamenta en los principios de resistencia al agrietamiento, donde (Shanmugam et al., 2020), menciona que las regiones con ángulos agudos tienden a concentrar tensiones y presentar fallas, especialmente en materiales poliméricos impresos por FDM. En conjunto, estas referencias respaldan las decisiones geométricas adoptadas en el diseño, confirmando que las aperturas ventiladas, los espesores controlados y los bordes suavizados contribuyen tanto al comportamiento mecánico como a la durabilidad y funcionalidad de la ortesis.

La fabricación de la ortesis mediante impresión FDM influyó directamente en su resistencia y acabado; la elección del PLA como material principal fue adecuada , ya que posee mejores propiedades mecánicas y biocompatibles en comparación con otros polímeros como es ABS o PET, lo cual ha sido demostrado en desarrollos de ortesis impresas en 3D para aplicaciones clínicas (Rodriguez et al., 2025).Asimismo , la orientación de impresión desempeñó un papel determinante en el resultado final ya que en diversas investigaciones se indica que una orientación vertical mejora la precisión y calidad superficial en comparación con la orientación horizontal el cual incrementa al esfuerzo (Alrasheedi et al., 2024). Estos antecedentes respaldan las decisiones tomadas, donde se seleccionaron configuraciones de impresión que equilibran rigidez, estabilidad y calidad dimensional.

La evaluación funcional inicial permitió comprobar que la ortesis presente un ajuste adecuado a la morfología de la mano y la muñeca, manteniendo estabilidad y alineación durante el uso. La decisión de incorporar un acolchado interno de esponja resultó fundamental para mejorar la comodidad del usuario, ya que estos elementos

favorecieron un contacto más suave con la piel y redujeron el riesgo de desplazamientos involuntarios. Esta mejora en el confort confirma la importancia de considerar no solo la rigidez estructural del diseño, sino también la experiencia de uso del paciente como parte del proceso de desarrollo.

En síntesis, los cuatro aspectos analizados evidencian la coherencia técnica del proceso y las decisiones adoptadas. La integración de estas tecnologías permitió obtener una ortesis personalizada, ergonómica y estructuralmente estable, los resultados obtenidos demuestran que el trabajo aplicado constituye una alternativa viable para el desarrollo de ortesis personalizadas mediante herramientas digitales, estableciendo una base sólida para futuras mejoras y validaciones clínicas.

5. CONCLUSIONES

La aplicación de herramientas de CDA mejoró considerablemente en el proceso de diseño de la órtesis de mano y muñeca, ya que permite un modelado anatómico preciso y una optimización estructural que a diferencia de los métodos tradicionales de fabricación manual es más difícil de lograr. El modelo obtenido muestra una mejor adaptación ergonómica, también una estabilidad mecánica y por último su idoneidad para aplicaciones de rehabilitación.

Las herramientas CAD facilitaron el refinamiento iterativo, la evaluación basada en el diseño y la personalización según las dimensiones anatómicas, lo que en conjunto contribuye al diseño de una órtesis más eficiente y centrada en el usuario.

En conclusión, el estudio valida la hipótesis al demostrar que una órtesis diseñada mediante CAD ofrece un ajuste anatómico, un rendimiento estructural y un potencial de rehabilitación superiores a diferencias de los diseños convencionales.

6. FINANCIACION

Esta investigación no recibió financiación externa

7. CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

8. REFERENCIAS

1. Alrasheedi, N. H., Tlijia, M., Elloumi, N., & Louhichi, B. (2024). A critical review of 3D printed orthoses towards workflow implementation in the clinical practice. *Journal of Engineering Research*, 13(2), 1038–1051. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.01.024>
2. Anchundia, J. S., & Loor, R. S. (2022). Selección de materiales para el diseño de ortesis aplicando Métodos Multicriterios, Simulación y Optimización Topológica. <http://portal.amelica.org/amelia/journal/385/3853132002/>
3. Ender-5 Max 3D Printer. (s. f.). Creality Store https://store.creality.com/products/ender-5-max-3d-printer?aw_aid=1035097&utm_source=awin&utm_medium=cpa&utm_campaign=official&sscid=97013_1763988069_fd9130226ca50bb3a7ca89930ad5c6f9&awc=97013_1763988069_fd9130226ca50bb3a7ca89930ad5c6f9
4. Farhan, M., Wang, J. Z., Bray, P., Burns, J., & Cheng, T. L. (2021). Comparison of 3D scanning versus traditional methods of capturing foot and ankle morphology for the fabrication of orthoses: a systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research*, 14(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s13047-020-00442-8>
5. Marín-Brenes, F. J., Villalta-Pérez, G., Vargas-Hidalgo, M. N., Oses-Soto, M., Badilla-Murillo, F., Marín-Brenes, F. J., Villalta-Pérez, G., Vargas-Hidalgo, M. N., Oses-Soto, M., & Badilla-Murillo, F. (n.d.). Desarrollo de prototipos de ortesis protectoras pasivas mediante manufactura aditiva. www.scielo.sa.cr/doi.org/10.18845/tm.v37i2.6839
6. PLA Básico Esun (s.f) KLEAR 3D Líderes en fabricación Digital. <https://www.tiendakrear3d.com/producto/esun-pla-basico-azul-1-75mm-1kg/>
7. Rodriguez, D., Boggio, C., Cama, M., Torres, J., Ccama, G., Ochoa, E., & Molina, A. R. (2025). Development of a Customized 3D Printed Orthosis for Non-Surgical Treatment of Olecranon Elbow Fractures. Actas Del III Congreso Internacional De Tecnología E Innovación En Ingeniería Y Computación), 23. <https://doi.org/10.3390/engproc2025083023>

5

2

8. Schwartz, D. A., & Schofield, K. A. (2021). Utilization of 3D printed orthoses for musculoskeletal conditions of the upper extremity: A systematic review. *Journal of Hand Therapy*, 36(1), 166–178. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2021.10.005>
9. Shanmugam, V., Das, O., Babu, K., Marimuthu, U., Veerasimman, A., Johnson, D. J., Neisany, R. E., Hedenqvist, M. S., Ramakrishna, S., & Berto, F. (2020). Fatigue behaviour of FDM-3D printed polymers, polymeric composites and architected cellular materials. *International Journal of Fatigue*, 143, 106007. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.106007>