

# **“Prótesis biomecánica de dedo índice para la rehabilitación de amputaciones parciales”**

**González-Santos Jesús Guillermo**

Universidad Modelo. Ingeniería Biomédica. Aparcamiento, México 176, 97305 Mérida, Yuc. jggs02xgmail.com

*Palabras clave: Prótesis, Mecánica, dedo.*

**Resumen.** El proyecto busca abordar la problemática de las amputaciones parciales de dedos, una condición que afecta las actividades diarias y la calidad de vida de los pacientes. Estas amputaciones, con una incidencia estimada de 1,5 a 2,5 por cada 100.000 personas anualmente, impactan negativamente el desarrollo de la vida cotidiana, haciendo imposible la realización de tareas como comer, escribir y vestirse.

Las prótesis disponibles en el mercado, aunque ayudan en algunas actividades diarias, tienen limitaciones en su funcionalidad y accesibilidad, siendo costosas, dificultando su adquisición y afectando la calidad de vida de los usuarios. Por tanto, se propone desarrollar una prótesis biomecánica de dedo índice impresa en 3D para falanges medias, enfocada en ser funcional, cómoda y asequible.

El estudio incluirá una investigación exhaustiva de materiales idóneos para la impresión 3D de prótesis, el modelado digital preciso de la prótesis, incluyendo un mecanismo de articulación específico, y la evaluación de su función y comodidad con usuarios que han experimentado amputaciones en falanges medias.

El objetivo del proyecto es ofrecer una solución más accesible y funcional para mejorar la calidad de vida de los pacientes. Se planea utilizar filamento PETG para la impresión 3D debido a su resistencia y biocompatibilidad, y se realizarán pruebas con usuarios para perfeccionar el diseño.

El costo estimado del filamento para la prótesis se encuentra alrededor de \$2, con un gasto total

aproximado entre \$507 y \$807 para la fabricación de tres prototipos antes de obtener el diseño final.

**Introducción.** Las amputaciones parciales de dedos son una condición común que puede afectar a personas de todas las edades y ocupaciones. Estas amputaciones pueden causar una disminución de la función y la destreza de la mano, lo que puede dificultar las actividades cotidianas, como comer, escribir y vestirse. Este tipo de amputaciones en los dedos son una condición relativamente común, con una incidencia estimada de 1,5 a 2,5 por cada 100.000 personas por año. La calidad de vida es un concepto complejo que abarca una variedad de factores, incluyendo la salud física, la salud mental, la funcionalidad, el bienestar social y la satisfacción con la vida. Estudios han demostrado que las personas con este tipo de amputaciones tienen un mayor riesgo de experimentar problemas de salud mental, como depresión y ansiedad.

Las prótesis que se encuentran en el mercado, con la característica de ligereza y durabilidad pueden ayudar a las personas a realizar actividades cotidianas, como vestirse, comer y usar el inodoro. Los nuevos sistemas de control pueden ayudar a las personas a realizar tareas más complejas, como escribir o usar herramientas. Opus Touch es un dispositivo fabricado por la empresa Touch Bionics que está diseñado para amputaciones parciales de dedos. La prótesis está fabricada con fibra de carbono y utiliza un sistema de control mioeléctrico, su precio varía según el nivel de amputación y las

características específicas de la prótesis. En general, el precio de la prótesis ronda los 50.000 euros.

El objetivo general del proyecto es desarrollar una prótesis biomecánica impresa en 3D para el dedo índice a nivel de las falanges medias, con énfasis en lograr funcionalidad, comodidad y accesibilidad económica para los usuarios. Los objetivos específicos comprenden una investigación exhaustiva sobre los materiales necesarios para la impresión en 3D de prótesis biomecánicas para los dedos, identificando los más idóneos en términos de durabilidad, flexibilidad y resistencia. Además, se propone realizar el modelado e implementación del diseño digital de la prótesis, utilizando herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para crear un diseño preciso y funcional que se ajuste a las necesidades anatómicas y funcionales. Asimismo, se busca diseñar un mecanismo de articulación específico considerando la impresión en 3D, para garantizar la movilidad y funcionalidad óptimas de la prótesis a nivel de las falanges medias. Finalmente, se llevarán a cabo evaluaciones exhaustivas de la función y comodidad de la prótesis con usuarios que han experimentado amputaciones en las falanges medias, con el objetivo de recopilar retroalimentación que permita realizar ajustes y mejoras que satisfagan las necesidades del usuario final.

**Planteamiento del problema y justificación.** En México, las amputaciones parciales de dedo representan un problema de salud con implicaciones físicas y emocionales para los pacientes. Según el INEGI, hay alrededor de 780 mil personas con amputaciones, siendo el 92% amputaciones parciales de dedo, principalmente causadas por accidentes laborales, domésticos y de

tránsito, así como por enfermedades crónicas como la diabetes.

Las prótesis disponibles en el mercado son costosas y presentan limitaciones en su funcionalidad, dificultando el acceso y afectando la calidad de vida. Por ende, la presente investigación se centra en diseñar una Prótesis biomecánica de dedo índice más accesible y funcional, utilizando impresión 3D y materiales de bajo costo. El objetivo es mejorar la comodidad, adaptabilidad y asequibilidad de la prótesis para facilitar la rutina diaria del paciente, mejorando así su calidad de vida física, emocional y social.

**Materiales y métodos.** En la fase inicial de esta investigación y diseño de una Prótesis biomecánica de dedo índice, se realizará una meticulosa selección de materiales, optando por el filamento PETG para la impresión 3D de la prótesis debido a su resistencia estructural, flexibilidad y biocompatibilidad. Este material se eligió tras revisar literatura científica y consultar con expertos en la materia para asegurar su idoneidad.

Para llevar a cabo este proyecto, se ha adquirido el software Fusion 360 para el modelado 3D, reconocido por su versatilidad en el diseño de prótesis biomecánicas, junto con el hardware necesario para su prototipado en impresoras 3D compatibles con este software.

En la fase de Modelado 3D, se utilizará el software Fusion 360 para desarrollar un modelo digital detallado de la prótesis, teniendo en cuenta la anatomía específica y los requisitos funcionales deseables. Este modelo servirá como base para el prototipado inicial mediante impresión 3D.

El diseño mecánico se centrará en el análisis biomecánico del dedo índice y en el desarrollo de un mecanismo de articulación que imite su movimiento

natural de manera óptima. Este diseño se fabricará en piezas mediante impresión 3D y se ensamblará para formar el prototipo funcional del mecanismo.

En la fase de evaluación y pruebas, se reclutará un grupo de usuarios para probar la prótesis en condiciones cotidianas. A través de pruebas iniciales e iteraciones del diseño basadas en la retroalimentación de los usuarios, se perfeccionará la prótesis para mejorar su comodidad, funcionalidad y ajuste. Estos ajustes continuarán con pruebas finales en un grupo más amplio y diverso, con el objetivo de evaluar su rendimiento en diferentes contextos y con variados perfiles de usuarios, asegurando así un producto final que se adapte eficazmente y mejore la calidad de vida de quienes la utilicen.

El filamento PETG de 1 kg de la marca XINGTONGZHILIAN para impresión 3D y lápiz 3D cuesta \$207. Además, se suma un costo adicional de \$2.00 por gramo para impresiones en una impresora 3D de alta calidad. Para la prótesis de dedo índice, que requeriría entre 50 y 100 gramos de filamento, con un costo estimado promedio de \$20 por kg, el gasto total del filamento se estima en alrededor de \$2.

Se realizarán tres prototipos antes de obtener la versión final, excluyendo los costos de energía eléctrica, el costo total estimado se sitúa entre \$507 y \$807. Este cálculo abarca el gramaje estimado para la prótesis (entre 50g y 100g) y contempla los ajustes necesarios en los prototipos antes de llegar al diseño final.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Total
KG Filamento PETG XINGTONGZHILIAN	1	\$207.00	\$207.00
Gramo de impresión	100	\$2.00	\$200.00
Prototipo(s) a realizar	3	\$62.10	\$186.30
Total			\$593.30

Tabla 1. Monto total aproximado.

**Resultados previos.** Durante el desarrollo del presente anteproyecto, se llevó a cabo el diseño preliminar en 3D de una prótesis biomecánica para la rehabilitación de amputaciones parciales en las falanges medias del dedo índice. Este diseño se dividió en tres partes esenciales para la estructura del dedo.

El modelado preliminar de las falanges media y distal se realizó inicialmente de manera conjunta, planeando una reestructuración para separarlas y permitir una mejor movilidad en la parte distal de la prótesis.

Asimismo, se desarrolló el modelado en 3D del socket, considerando la ergonomía de la falange proximal del dedo índice. El diseño del mecanismo de movimiento para la prótesis biomecánica del dedo índice en amputaciones parciales de las falanges medias incluye un eje que interseca un engranaje cónico de 12 dientes. Posteriormente, este mecanismo continúa con un segundo engranaje recto a 90 grados de distancia, todo ello sujeto a una base que facilitará el movimiento de flexión del dedo.

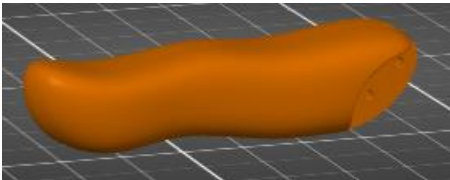


Imagen 1. Visión superior de la parte distal de la protesís.

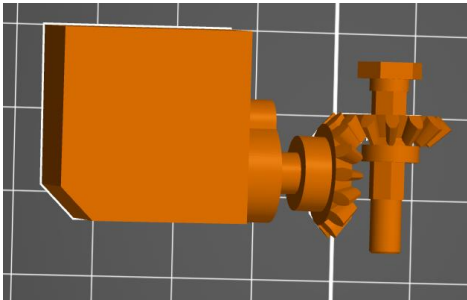


Imagen 2. Visión superior del engranaje.

**Conclusión.** el proyecto tiene como objetivo desarrollar una prótesis biomecánica de dedo índice impresa en 3D para falanges medias, destinada a mejorar la funcionalidad, comodidad y accesibilidad económica para quienes han experimentado amputaciones parciales en los dedos. La investigación se centra en identificar materiales idóneos, modelar con precisión la prótesis y evaluar su funcionalidad y comodidad con usuarios, con el propósito de ofrecer una solución más accesible y efectiva para mejorar la calidad de vida de los pacientes con amputaciones de dedo en México y posiblemente en otras regiones. El uso del filamento PETG en la impresión 3D y la metodología de diseño propuesta tienen como objetivo lograr una prótesis óptima que se adapte a las necesidades específicas de los usuarios, facilitando sus actividades diarias y contribuyendo significativamente a su bienestar físico y emocional.

## Referencias

(B2B) PETG 3D printing filament OEM. (s/f). 3D Printer Filament OEM Factory | XTZL3D. Recuperado el 13 de noviembre de 2023, de <https://www.xtzl3d.com/product/b2b-petg-3d-printing-filament-oem/>

Centers for Disease Control and Prevention. (2021). Amputations. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention.

Díaz, J., Dorador, J. (2009, septiembre). Mecanismos de transmisión y actuadores utilizados

en prótesis de mano. Memorias del XV congreso internacional anual de la SOMIM, 335–345.

Góngora Rodríguez, E., Guirao Canob, L., & Samitier Pastor, B. (2022). Actualización en prótesis para amputaciones parciales de mano y dedos. *Rehabilitación*, 56(2), 157-163.

Hoffman, R., & Arora, S. (2019). The importance of hand function in daily activities. *Journal of Hand Therapy*, 32(2), 155-161.

Instituto Nacional de Desarrollo Social. (2017). En Jalisco devuelven autonomía a personas que han sufrido amputaciones. Gobierno de México.

National Center for Health Statistics. (2021). Prevalence of amputations in the United States, 2015-2019. Hyattsville, MD: National Center for Health Statistics.

Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2017). Motor control: Translating research into clinical practice (5th ed.). Philadelphia, PA: Wolters Kluwer.

Stanton, W. R., & Schmidt, R. A. (2017). Motor learning and control: A behavioral emphasis (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Tractus3D. (2023, 12 de noviembre). Filamento PETG - aprenda todo sobre el material PETG para la impresión en 3D. <https://tractus3d.com/es/materials/petg/>