

Instrumentación para la medición de variables dinámicas en prótesis con estructura bioinspirada

Sergio Octavio González Rivera^{1*}, Javier Molina Salazar², José Omar Dávalos Ramírez³

Resumen

Este proyecto de investigación se centra en el diseño e instrumentación de una prótesis de miembro inferior bioinspirada destinada a usuarios deportivos. El objetivo es superar las limitaciones de los diseños protésicos convencionales en términos de flexibilidad, absorción de impactos y comodidad. La solución propuesta consiste en una prótesis fabricada mediante impresión 3D, utilizando Poliuretano Termoplástico (TPU) con un patrón de panal de abejas para optimizar la resistencia a la compresión y la absorción de energía. La durabilidad y adaptabilidad se refuerzan mediante una capa de fibra de carbono con resina. La metodología incluye la instrumentación del prototipo con un sistema de sensores de presión para recopilar datos dinámicos, evaluando la distribución de fuerzas en la interfaz usuario-prótesis, así como la resistencia mecánica, rigidez e histéresis del material. Se espera obtener un diseño funcional y resistente que garantice una distribución uniforme de la presión, minimizando puntos incómodos y optimizando el rendimiento para usuarios activos. Este avance representa un paso importante hacia la creación de prótesis personalizadas y económicas, mejorando la calidad de vida de las personas con movilidad reducida.

Palabras Clave

Prótesis Bioinspirada – Impresión 3D – Distribución de Presión – TPU

^{1,2,3}Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.

***Autor de correspondencia:** al240213@alumnos.uacj.mx

Programa académico

Maestría en Ingeniería en Manufactura

Fecha de presentación

22 de noviembre de 2024

Financiamiento

SECITHI (CVU 1316571)

Institución responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Evento académico

8.º Coloquio de Posgrados del IIT

Conflicto de interés

Sin conflicto de interés declarado

Referencias

1. Haber, C. K., Ritchie, L. J., & Strike, S. C. (2018). Dynamic elastic response prostheses alter approach angles and ground reaction forces but not leg stiffness during a start-stop task. *Human Movement Science*, 58, 337–346.
2. Mohammadi, H., Ahmad, Z., Petru, M., Mazlan, S. A., Johari, M. A. F., Hatami, H., & Koloor, S. S. R. (2023). An insight from nature: Honeycomb pattern in advanced structural design for impact energy absorption. *Journal of Materials Research and Technology*, 22, 2862–2887.
3. Al-Fakih, E. A., Abu Osman, N. A., & Mahmad Adikan, F. R. (2016). Techniques for interface stress measurements within prosthetic sockets of transtibial amputees: A review of the past 50 years of research. *Sensors*, 16(7), 1119. <https://doi.org/10.3390/s16071119>

CITACIÓN: González Rivera, S.O., Molina Salazar, J., & Dávalos Ramírez, J.O. (2025). Instrumentación para la medición de variables dinámicas en prótesis con estructura bioinspirada [edición especial]. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 4(1), 47-48.

INSTRUMENTACION PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES DINÁMICAS EN PROTESIS CON ESTRUCTURA BIOINSPIRADA

Instituto de Ingeniería y Tecnología
Sergio Octavio González Rivera, Director: Dr. Javier Molina Salazar,
Codirector: Dr. José Omar Dávalos Ramírez
Maestría en Ingeniería en Manufactura

Resumen

El proyecto de investigación propone el desarrollo de una prótesis de uso deportivo de miembro inferior en TPU impresa en 3D con patrón de panal de abejas para mejorar la absorción de energía y la resistencia a la compresión. Una capa de fibra de carbono con resina refuerza la durabilidad y adaptabilidad al movimiento del usuario. Mediante un sensor de presión, se recopilan datos sobre la distribución de fuerzas en la interfaz usuario-prótesis, evaluando la resistencia y comodidad del diseño. Estos resultados buscan optimizar el rendimiento y funcionalidad de prótesis impresas en 3D para usuarios activos.

Introducción

El desarrollo de prótesis de miembro inferior busca mejorar la calidad de vida de personas con movilidad reducida, enfrentando retos de confort y durabilidad (Fig.1.). Este proyecto propone una prótesis impresa en 3D con estructura de panal de abejas en TPU y recubrimiento de resina, optimizando su flexibilidad y resistencia. Además, se integrarán sensores de presión para analizar la distribución de fuerzas y evaluar el ajuste. A través de pruebas mecánicas y piloto, se validará su efectividad, contribuyendo al diseño de prótesis accesibles y personalizadas para usuarios activos.



Fig.1. Ejemplo de prótesis inferior deportiva

Planteamiento del Problema

Las prótesis de miembro inferior deben ser resistentes, duraderas y cómodas, especialmente para usuarios activos. No obstante, los diseños convencionales suelen carecer de flexibilidad y absorción de impactos, lo cual puede causar lesiones y reducir la calidad de vida del usuario. Las estructuras como el patrón de panal de abejas, muestran un gran potencial para mejorar estas propiedades en prótesis, pero su aplicación en dispositivos asequibles y adaptables aún es limitada. Además, la falta de diseño adecuado en la interfaz usuario-prótesis genera una distribución desigual de las fuerzas, provocando puntos de presión y molestias.

Objetivos

Diseñar e instrumentar una prótesis bioinspirada para evaluar su funcionamiento en términos de compresión, resistencia mecánica, rigidez e histéresis (Fig.2. y Fig.3.).

Particulares:

1. Diseñar geoméricamente la prótesis con estructura de panal de abejas.
2. Fabricar la matriz de TPU con patrón de panal mediante manufactura aditiva.
3. Construir la prótesis combinando materiales compuestos con la matriz de TPU.
4. Instrumentar la prótesis para medir compresión e histéresis.
5. Implementar sensores para medir variaciones de presión en superficie de contacto.
6. Analizar los datos obtenidos.



Fig.2. Diseño de panal con patrón lateral



Fig.3. Vista isométrica de Diseño de panal con patrón lateral

Metodología



Resultados esperados

Se espera obtener el diseño de una prótesis funcional y resistente, basada en la estructura de panal de abejas, que combine flexibilidad, absorción de impactos y durabilidad (Fig.4.). Asimismo, se proyecta lograr una distribución uniforme de presión en la interfaz usuario-prótesis, minimizando puntos incómodos de presión. Además, se anticipa que la prótesis presente un comportamiento óptimo en términos de histéresis, alta resistencia mecánica y rigidez controlada (Fig.5.), garantizando un desempeño adecuado durante las actividades del usuario y una mayor vida útil.

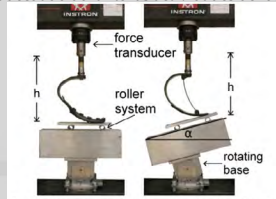


Fig.4. Pruebas mecánicas de tracción, compresión y flexión de prótesis.

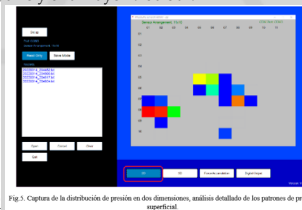


Fig.5. Captura de la distribución de presión en dos dimensiones, análisis detallado de los patrones de presión superficial.

Conclusión

La implementación del diseño de prótesis con estructura de panal demostrará su eficiencia, accesibilidad y comodidad, optimizando propiedades como flexibilidad, resistencia mecánica y distribución uniforme de presión. Este avance representa un paso importante hacia la creación de prótesis personalizadas y económicas, mejorando la calidad de vida de las personas con movilidad reducida y promoviendo tecnologías más inclusivas.

Referencias

- [1] C. K. Haber, L. J. Ritchie, y S. C. Strike, "Dynamic elastic response prostheses alter approach angles and ground reaction forces but not leg stiffness during a start-stop task," *Human Movement Science*, vol. 58, pp. 337-346, 2018.
- [2] C. K. Haber, L. J. Ritchie, y S. C. Strike, "Dynamic elastic response prostheses alter approach angles and ground reaction forces but not leg stiffness during a start-stop task," *Human Movement Science*, vol. 58, pp. 337-346, 2018.
- [3] H. Mohammadi, Z. Ahmad, M. Petrù, S. A. Mazlan, M. A. F. Johari, H. Hatami, y S. S. R. Koloor, "An insight from nature: honeycomb pattern in advanced structural design for impact energy absorption," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 22, pp. 2862-2887, 2023.
- [4] E. A. Al-Fakih, N. A. Abu Osman, y F. R. Mahmud Adikan, "Techniques for interface stress measurements within prosthetic sockets of transtibial amputees: A review of the past 50 years of research," *Sensors*, vol. 16, no. 7, p. 1119, 2016.