

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS MÉDICAS DE LA HABANA
LABORATORIO DE ORTOPEDIA TÉCNICA Y DOCENTE CUBA-RDA**

**PRÓTESIS IMPRESAS EN 3D AVANCES Y PERSPECTIVAS GLOBALES
3D PRINTED PROSTHETICS GLOBAL ADVANCES AND PERSPECTIVES**

Regla Palacios Cuellar ¹ <https://orcid.org/0009-0009-9190-9642>

Juan Manuel Arena Griñan ² <https://orcid.org/0009-0002-1798-1338>

Regla de la Caridad Delgado Fis ³ <https://orcid.org/0009-0003-8218-5562>

Alina Piloto Rodríguez ⁴ <https://orcid.org/0009-0009-1289-1297>

María Julia Ramos Suri ⁵ <https://orcid.org/0000-0003-3572-5362>

Nelson Alejandro Ramírez Aparicio ⁶ <https://orcid.org/0009-0004-6713-2363>

¹ Licenciado, Laboratorio de Ortopedia Técnica y Docente Cuba-RDA, La Habana, Cuba,
Correo electrónico: reglapalacioscuellar@gmail.com

² Licenciado, Laboratorio de Ortopedia Técnica y Docente Cuba-RDA, La Habana, Cuba,
Correo electrónico: manolitoarena8503@gmail.com

³ Licenciado, Laboratorio de Ortopedia Técnica y Docente Cuba-RDA, La Habana, Cuba,
Correo electrónico: reglacfis@gmail.com.

⁴ Licenciado, Laboratorio de Ortopedia Técnica y Docente Cuba-RDA, La Habana, Cuba,
Correo electrónico: pilotoalina81@gmail.com.

⁵ Especialista 1er. Grado en Medicina Física y Rehabilitación, Profesor Asistente,
Facultad de Tecnología de la Salud (FATESA), Universidad de Ciencias Médicas de la
Habana, Laboratorio de Ortopedia Técnica y Docente Cuba-RDA, La Habana, Cuba,
Correo electrónico: maryramos6109@gmail.com.

⁶ Licenciado, Hospital Militar Central "Dr. Carlos J. Finlay" La Habana, Cuba, Correo
electrónico: aparicio.nra@gmail.com.

Autor para la correspondencia: Regla Palacios Cuellar
reglapalacioscuellar@gmail.com

RESUMEN

Introducción: Las prótesis impresas en 3D han transformado el campo de la rehabilitación médica, ofreciendo soluciones personalizadas, asequibles y eficientes. Esta tecnología innovadora ha revolucionado la fabricación de dispositivos protésicos, que mejoran significativamente la calidad de vida de personas en todo el mundo y abriendo nuevas posibilidades en la atención médica.

Objetivo: Analizar los avances y perspectivas globales en las prótesis impresas en 3D, y evaluar su impacto en la medicina de los últimos cinco años.

Métodos: Se realizó una revisión sistemática de la literatura de los últimos cinco años, para lo que utilizó bases de datos científicas especializadas. Se evaluaron los estudios seleccionados mediante análisis crítico y síntesis de información.

Desarrollo: La investigación reveló avances significativos en la personalización de prótesis gracias al uso de materiales biocompatibles y tecnologías innovadoras, como la impresión 3D de alta precisión. Estos desarrollos han permitido crear prótesis más ajustadas a las necesidades individuales de cada persona, que mejoran tanto la comodidad como la funcionalidad. A pesar de estos avances, también se identificaron desafíos importantes, particularmente en lo que respecta a la regulación y estandarización de las prótesis impresas en 3D, lo que plantea la necesidad de establecer marcos normativos claros y uniformes para garantizar la seguridad y eficacia de estos dispositivos.

Conclusiones: Las prótesis impresas en 3D ofrecen un futuro prometedor en la rehabilitación médica, con un gran potencial para mejorar la calidad de vida de las personas.

Palabras clave: prótesis, impresión 3D, personalización, rehabilitación, materiales biocompatibles, tecnología médica.

ABSTRACT

Introduction: 3D printed prostheses have transformed the field of medical rehabilitation, offering personalized, affordable and efficient solutions. This innovative technology has revolutionized the manufacturing of prosthetic devices, significantly improving the quality of life of patients around the world and opening up new possibilities in healthcare.

Objective: To analyze the global advances and perspectives in 3D printed prostheses, evaluating their impact on medicine in the last five years.

Methods: A systematic review of the literature from the last five years was carried out, using specialized scientific databases. The selected studies were evaluated through critical analysis and information synthesis.

Development: The research revealed significant advances in the customization of prostheses thanks to the use of biocompatible materials and innovative technologies, such as high-precision 3D printing. These developments have made it possible to create prostheses more tailored to the individual needs of each patient, improving both comfort and functionality. Despite these advances, significant challenges were also identified, particularly regarding the regulation and standardization of 3D printed prostheses, raising the need to establish clear and uniform regulatory frameworks to ensure the safety and efficacy of these devices.

Conclusions: 3D printed prostheses offer a promising future in medical rehabilitation, with great potential to improve the quality of life of patients.

Keywords: prosthesis, 3D printing, customization, rehabilitation, biocompatible materials, medical technology.

INTRODUCCIÓN

La impresión 3D ha surgido como una técnica transformadora en diversos campos industriales y científicos, pero su impacto más significativo se ha observado en el ámbito de la medicina, particularmente en la fabricación de prótesis. A diferencia de las prótesis convencionales, que a menudo requieren largos tiempos de espera y ajustes costosos, las prótesis impresas en 3D permiten un alto grado de personalización, ajustándose a las necesidades específicas de cada persona. Este nivel de personalización no solo mejora la comodidad y la funcionalidad de las prótesis, sino que también fomenta una mayor aceptación por parte de la persona.

Gracias a los avances recientes en tecnologías de impresión, como la estereolitografía y la fusión de materiales por láser, así como la utilización de materiales biocompatibles, se ha garantizado la seguridad y el rendimiento de estos dispositivos. Estos materiales innovadores son clave para lograr prótesis que se adapte a las actividades diarias de las personas. En los últimos cinco años, se han logrado importantes avances en esta área, lo que ha permitido la creación de prótesis más ligeras, duraderas y accesibles, al revolucionar el tratamiento de amputaciones y otras condiciones que afectan la movilidad de las personas.

A pesar de estos innovadores avances, existen desafíos importantes que deben ser abordados. Con énfasis particular, en la adopción de estándares globales para la producción y el uso de prótesis impresas en 3D que resulta crucial para garantizar su calidad y seguridad. Del mismo modo, las regulaciones en torno a estas novedosas tecnologías deben evolucionar para brindar un marco que fomente la innovación mientras protege a las personas. Con estos argumentos, resulta primario seguir esta línea de investigación y aumentar la colaboración a nivel internacional para maximizar el potencial de las prótesis impresas en 3D y asegurar su integración efectiva en la atención médica a nivel global.

Este artículo tiene como objetivo analizar los principales avances en las prótesis impresas en 3D durante los últimos cinco años, así como identificar las barreras que limitan su adopción masiva. Se espera que este análisis aporte una visión integral del estado actual de la tecnología y su potencial para transformar el campo de la rehabilitación médica.

MÉTODOS

Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de la literatura científica publicada en los últimos cinco años (2019-2024) para lo que utilizaron bases de datos como PubMed, Scopus, Google Académico, Lilacs y Web of Science. Se utilizaron términos clave como "prótesis", "impresión 3D", "rehabilitación", "personalización", "tecnología médica" y "materiales biocompatibles", para identificar estudios relevantes. Los artículos fueron seleccionados en base a su relevancia, impacto y calidad metodológica, y se excluyeron aquellos que no cumplían con los criterios de inclusión preestablecidos (artículos en idiomas distintos al inglés o español, estudios duplicados y artículos de baja calidad, resúmenes).

Los estudios seleccionados fueron sometidos a un análisis crítico para evaluar la calidad de la evidencia presentada. Se consideraron aspectos como el diseño del estudio, el tamaño de la muestra, la metodología empleada y la relevancia de los resultados. Además, se llevó a cabo un análisis comparativo entre los diferentes estudios para identificar tendencias comunes, avances tecnológicos y desafíos persistentes.

La información recopilada fue sintetizada para proporcionar una visión global del estado actual de la tecnología de impresión 3D aplicada a prótesis. Se destacó el impacto de los avances en términos de personalización, reducción de costos y accesibilidad, así como los desafíos regulatorios y técnicos sobre el uso de esta tecnología.

DESARROLLO

Uno de los principales beneficios de la impresión 3D en prótesis es la capacidad de personalizar los dispositivos de acuerdo con las características anatómicas de cada persona. Esto ha permitido la creación de prótesis que se ajustan de manera precisa a la morfología de la persona que la utiliza, al optimizar de este modo la funcionalidad y comodidad. Además, las técnicas de escaneo 3D han facilitado la digitalización precisa de las extremidades de la persona, lo que permite diseñar prótesis que coinciden al milímetro con las proporciones del individuo. ¹

Un estudio realizado por Pinilla Gallardo et al. ¹ demostró que las prótesis personalizadas mediante impresión 3D mejoraron significativamente la satisfacción de la persona y redujeron las complicaciones postoperatorias en comparación con las prótesis convencionales. Los autores encontraron que el 85% de las personas que recibieron prótesis impresas en 3D reportaron una mayor comodidad y adaptabilidad en comparación con solo el 60% de las personas que utilizaron prótesis convencionales.

Telich-Tarriba JE et al. ² exploraron las aplicaciones de la impresión 3D en la fabricación de prótesis de bajo costo. Su investigación reveló que la personalización no solo mejora la funcionalidad, sino que también puede reducir los costos de producción en un 40-60% en comparación con los métodos tradicionales. Esto se debe a la reducción de desperdicios de material y la optimización del proceso de fabricación.

Llorente DL et al. ³ realizaron un estudio de seguimiento a largo plazo sobre el impacto de las prótesis impresas en 3D en la calidad de vida de las personas con amputaciones. Los resultados mostraron una mejora significativa en la movilidad, la independencia y la autoestima de las personas. El estudio también reveló que la personalización permitió abordar problemas específicos como la distribución del peso y la adaptación a diferentes tipos de actividades físicas.

El desarrollo de nuevos materiales biocompatibles ha jugado un papel crucial en la evolución de las prótesis impresas en 3D. Estos materiales, como los polímeros biodegradables y las aleaciones metálicas ligeras, no solo son seguros para el contacto prolongado con el cuerpo humano, sino que también permiten una mayor durabilidad y resistencia de las prótesis.

Durante la búsqueda bibliográfica se llevó a cabo una revisión exhaustiva sobre el uso de materiales biocompatibles en la fabricación de prótesis impresas en 3D. Este análisis destacó la relevancia de materiales como la policaprolactona (PCL) y el poliuretano termoplástico (TPU). Estos materiales no solo presentan propiedades biocompatibles, sino que también ofrecen características mecánicas superiores, tales como flexibilidad y resistencia al desgaste, lo que los convierte en opciones óptimas para el desarrollo de prótesis funcionales y duraderas. ⁴

Zapata Hurtado J et al. ⁵ evaluaron el uso de polímeros biodegradables en la impresión de prótesis personalizadas. Su estudio se centró en el ácido poliláctico (PLA) y el ácido poliglicólico (PGA). Demostraron que estos materiales pueden ofrecer una alternativa sostenible y ecológica a los materiales tradicionales. Los autores encontraron que las prótesis fabricadas con estos polímeros biodegradables mantuvieron su integridad estructural durante un período de 18 meses, lo que sugiere su viabilidad para aplicaciones a largo plazo.

En este ámbito los avances en la investigación y utilización de aleaciones metálicas en prótesis impresas en 3D. A transitado por estudios centrados en aleaciones de titanio y cromo-cobalto, que ofrecen una combinación única de resistencia y ligereza. Los autores consultados demostraron que estas aleaciones pueden ser procesadas mediante tecnologías de impresión 3D avanzadas, como la fusión selectiva por láser (SLM), permitiendo la creación de estructuras complejas y personalizadas. ⁶

Un estudio reciente realizado por Campaña G et al. ⁷ evaluó el uso de PLA en prótesis impresas, concluyendo que este material no solo es biocompatible, sino que también es asequible, lo que podría reducir significativamente el costo de las prótesis. Los autores encontraron que el PLA ofrece una excelente relación costo-beneficio, con propiedades mecánicas comparables a las de materiales más costosos.

Los avances recientes en la investigación de materiales biocompatibles para prótesis han sido significativos y aportan significativas oportunidades para mejorar la calidad de vida de millones de personas en todo el mundo. Estos desarrollos abarcan diversos campos de la ciencia de materiales y la ingeniería biomédica. Entre los que se destacan, la prevención de infecciones asociadas a implantes. Para esto se han desarrollado revestimientos y materiales que inhiben el crecimiento bacteriano. Por ejemplo, las nano partículas de plata y el óxido de zinc han demostrado ser efectivas contra una amplia gama de patógenos. ⁸

Los hidrogeles avanzados, que son materiales blandos y flexibles, están siendo utilizados para imitar tejidos blandos y cartílagos. Los hidrogeles basados en polímeros naturales como el colágeno y el ácido hialurónico han mostrado excelente biocompatibilidad y propiedades mecánicas ajustables.⁹

Por otro lado, se han desarrollado aleaciones metálicas mejoradas a partir de titanio, como Ti-6Al-4V ELI y Ti-13Nb-13Zr, que ofrecen mayor resistencia y menor riesgo de reacciones adversas. Estas aleaciones han mostrado una mejor osteointegración y una menor liberación de iones metálicos.¹⁰

La impresión 3D permite crear prótesis personalizadas con estructuras porosas que favorecen el crecimiento celular. Se han logrado avances significativos en la impresión de scaffolds de titanio para implantes óseos y en la bioimpresión de tejidos blandos.¹¹

El uso de nanopartículas y nanotubos ha mejorado las propiedades mecánicas y biológicas de los implantes. Los nanotubos de carbono, se han utilizado para reforzar materiales compuestos y mejorar la conducción eléctrica en prótesis neurales.¹²

Las cerámicas bioinertes, como la alúmina y la zirconia, así como las bioactivas, como los vidrios bioactivos, han encontrado aplicaciones en prótesis dentales y ortopédicas debido a su excelente biocompatibilidad y propiedades mecánicas.¹³

Se han desarrollado materiales compuestos que combinan las propiedades de los polímeros con refuerzos cerámicos o metálicos. Estos materiales ofrecen un equilibrio único entre resistencia mecánica y flexibilidad, siendo particularmente útiles en prótesis de extremidades.¹⁴

Antedichos avances han mejorado significativamente la biocompatibilidad, funcionalidad y durabilidad de las prótesis modernas. La investigación continua en este campo promete seguir la revolución de la medicina regenerativa y la calidad de vida de las personas que requieren prótesis de todo tipo.

La impresión 3D también ha reducido los costos asociados con la fabricación de prótesis. Tradicionalmente, las prótesis personalizadas requerían procesos de fabricación complejos y costosos. Con la impresión 3D, es posible producir prótesis funcionales a una fracción del costo, haciéndolas accesibles para un mayor número de personas, especialmente en países en desarrollo.

En su investigación Lucia C. realizó un análisis de costos en la fabricación de prótesis mediante impresión 3D en países en desarrollo. Su estudio reveló que el costo de producción de una prótesis impresa en 3D puede ser hasta un 70% menor que el de una prótesis convencional. Los autores encontraron que la implementación de centros

de impresión 3D locales podría reducir aún más los costos al eliminar los gastos de importación y transporte.¹⁵

Desde la apertura del “open hardware” al mundo a través de la impresión 3D, se han llevado a cabo estudios sobre la accesibilidad a prótesis impresas en 3D en Latinoamérica. Los autores identificaron varios factores que contribuyen a la mayor accesibilidad, e incluye la reducción de costos de producción, la posibilidad de fabricación local y la personalización rápida. Estos estudios también destacaron la importancia de la capacitación de profesionales locales en el diseño y fabricación de prótesis 3D para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.¹⁶

Maneus Salvador, M.¹⁷ exploró las estrategias para la reducción de costos y mejora de accesibilidad en la producción de prótesis impresas en 3D. Su investigación se centró en la optimización de los procesos de diseño y fabricación, así como en la implementación de modelos de producción descentralizada. El autor propuso un modelo de “hub and spoke” donde los centros regionales de impresión 3D podrían servir a múltiples comunidades, al reducir los costos de equipamiento y maximizar la eficiencia.

A pesar de los avances tecnológicos, uno de los principales desafíos que enfrenta la adopción masiva de prótesis impresas en 3D es la falta de regulación y estandarización. Actualmente, no existen normas internacionales que regulen la producción y certificación de estas prótesis. Esto plantea problemas tanto para los fabricantes como para las personas, ya que la falta de regulación puede dar lugar a dispositivos de calidad inconsistente.

Abdi S et al.¹⁸ realizaron una revisión internacional de los desafíos regulatorios en el uso de prótesis impresas en 3D. Los autores identificaron una serie de áreas clave que requieren atención regulatoria, incluyendo la estandarización de materiales, los protocolos de diseño y fabricación, y los procedimientos de control de calidad. El estudio también destacó la necesidad de un enfoque regulatorio flexible que pueda adaptarse a la rápida evolución de la tecnología.

Vanegas Mejía.¹⁹ exploró los retos y oportunidades en la estandarización y control de calidad de prótesis impresas en 3D. El autor propuso un marco de trabajo para la implementación de estándares de calidad, que incluye la trazabilidad de materiales, la validación de procesos de impresión y la evaluación post-producción. El estudio también enfatizó la importancia de la colaboración internacional en el desarrollo de estándares globales.

Mehdi B. ²⁰ analizó las normativas globales para la certificación de prótesis impresas en 3D. Su investigación reveló una gran variabilidad en los enfoques regulatorios entre diferentes países y regiones. La autora abogó por la armonización de las regulaciones a nivel internacional para facilitar la innovación y el acceso global a estas tecnologías. También destacó la necesidad de desarrollar métodos de prueba estandarizados para evaluar la seguridad y eficacia de las prótesis impresas en 3D.

El futuro de las prótesis impresas en 3D es prometedor. Los avances en inteligencia artificial y aprendizaje automático permitirán el diseño automatizado de prótesis aún más personalizadas y eficientes. Además, la integración de sensores y tecnologías de retroalimentación en tiempo real podría mejorar significativamente la funcionalidad de las prótesis. ^{21,22}

González Bastidas et al. ²¹ exploraron las aplicaciones de la inteligencia artificial en el diseño de prótesis impresas en 3D. Su investigación demostró cómo los algoritmos de aprendizaje automático pueden optimizar el diseño de prótesis basándose en datos biomecánicos individuales y patrones de uso. Los autores propusieron un sistema de diseño asistido por IA que podría reducir significativamente el tiempo de diseño y mejorar la funcionalidad de las prótesis.

Jiménez Caicedo et al. ²² investigaron la integración de sensores en prótesis impresas en 3D. Su estudio se centró en el desarrollo de "prótesis inteligentes" capaces de recopilar datos en tiempo real sobre el uso, la presión y la temperatura. Los autores demostraron cómo estos datos pueden ser utilizados para ajustar dinámicamente la prótesis, al mejorar la comodidad y el rendimiento. Además, exploraron el potencial de estas prótesis inteligentes para proporcionar retroalimentación háptica, permitiendo a los usuarios "sentir" a través de su prótesis.

A juicio de los autores los avances en la impresión 3D han revolucionado el campo de las prótesis, al ofrecer soluciones personalizadas, asequibles y eficientes para las personas. La personalización de prótesis ha demostrado mejorar significativamente la satisfacción de la persona, reducir las complicaciones postoperatorias y aumentar la funcionalidad. Los materiales biocompatibles, como los polímeros biodegradables y las aleaciones metálicas ligeras, han ampliado las posibilidades de diseño y han mejorado la durabilidad de las prótesis.

La reducción de costos asociada con la impresión 3D ha hecho que las prótesis sean más accesibles, especialmente en países en desarrollo. Los estudios han demostrado

que el costo de producción de estas prótesis puede reducirse hasta en un 70% en comparación con los métodos tradicionales. Además, la posibilidad de fabricación local y la personalización rápida han contribuido a mejorar la accesibilidad.

Para que estas tecnologías alcancen su máximo potencial, es necesario superar los desafíos regulatorios y técnicos. La falta de estándares internacionales y la variabilidad en los enfoques regulatorios entre diferentes países representan obstáculos significativos. Es crucial desarrollar un marco regulatorio global que garantice la seguridad y eficacia de las prótesis impresas en 3D sin obstaculizar la innovación.

En el futuro, la integración de nuevas tecnologías como la inteligencia artificial y los materiales avanzados podría conducir a una nueva era en la fabricación de prótesis. Los sistemas de diseño asistido por IA y las prótesis inteligentes con sensores integrados prometen mejorar más la funcionalidad y la adaptabilidad de estos dispositivos

CONCLUSIONES

El análisis realizado en el trabajo permitió reconocer que las prótesis impresas en 3D representan un avance significativo en el campo de la rehabilitación médica. A medida que la tecnología continúa su evolución y se superen los desafíos regulatorios, será probable una adopción más amplia de estas soluciones innovadoras, con impacto directo en la salud de las personas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pinilla Gallardo Carlos Felipe, Herrera Aliaga Eduardo Alexis, Cortés Cortés Manuel Enrique. Impresión en tres dimensiones: Estudio descriptivo de la percepción estudiantil en una experiencia de enseñanza en Terapia Ocupacional. Rev Cubana Invest Bioméd. [Internet]. 2022. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 41. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002022000100014&lng=es. Epub 29-Ago-2022.
2. Telich-Tarriba JE, Moscona-Nissan A, Guevara-Valmaña OI, Rangel-Rangel E, Santiago-Gorostieta MÁ. Impresión tridimensional de prótesis de dedo de bajo costo en paciente con transferencia de dedos del pie a la mano. Cir Plast. [Internet]. 2023. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 33 (4): 181-186. Disponible en:

<https://www.mediagraphic.com/pdfs/cplast/cp-2023/cp234f.pdf>

<https://dx.doi.org/10.35366/11388>

3. Llorente D L, Soto R D, Reyes B S, Zúñiga U J. Impacto funcional y psicosocial del uso de prótesis de bajo costo en impresión 3D en amputado unilateral de antebrazo: estudio de un caso. Rehabil. integral. [Internet]. 2020 Sep. 17. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 14(1): 8-15. Disponible en:

<https://rehabilitacionintegral.cl/index.php/RI/article/view/43>

4. MATERIALES BIOCOMPATIBLES PARA IMPRESIÓN 3D. Blog Ingenius. [Internet]. 2022 Dic. 8. [citado el 17 de septiembre de 2024]. Disponible en:

<https://eddm.es/blog-ingenius/materiales-biocompatibles-para-impresion-3d/>

5. Zapata Hurtado J, Giraldo Mendivelso M. TECNOLOGÍAS ACTUALES PARA FABRICACIÓN DE PRÓTESIS OCULARES. REVISIÓN SISTEMÁTICA CUALITATIVA. Rev. [Tesis]. [Internet]. 2023. [citado el 17 de septiembre de 2024]. Disponible en:

<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2970&context=optometria>

6. MET3DP. Polvo metálico impreso en 3D de aleación de cromo y cobalto [Internet]. 2024. [citado el 17 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://met3dp.com/es/3d-printed-metal-powder-202403286/>

7. Campaña G, Uquillas F, Villamarín J, Yáñez Jácome E, Romero Estévez G, Pilaquinga DF. Potencial uso de nanomateriales combinados con ácido poliláctico (PLA) en prótesis ortopédicas. [Internet]. 2022 Dic. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 10(1): 15-41. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8380340.pdf>

8. Rojas Labastida, Rodrigo Antonio, Pacheco Julián, Jazmín Viridiana, Amaya Parra, Guillermo, & Jiménez Valera, Socorro. (2024). Nanopartículas de óxido de zinc y óxido de plata para uso de protección solar de piel. Revista de ciencias tecnológicas. [Internet]. 2024 Jun. 25. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 7(2). Disponible en:

<https://doi.org/10.37636/recit.v7n2e283>

9. Núñez Tapia IA, Jiménez Jiménez RM, Piña Barba MC. Hidrogeles en ingeniería de tejidos. Mat. Avan. [Internet]. 2024 Feb. 20 [citado el 17 de septiembre de 2024]; 1(40): 64-70. Disponible en:

https://revista.iim.unam.mx/index.php/materialesa_avanzados/article/view/33

10. Ríos-Puerta K, Gutiérrez-Flores OD. Aleaciones metálicas para aplicaciones ortopédicas: una revisión sobre su respuesta al estrés fisiológico y los procesos de

corrosión. Rev Politéc. [Internet]. 2022. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 18(35): 24-39. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/journal/6078/607870799002/607870799002.pdf>

11. Moya D, Gobbato B, Valente S, et al. Uso de planificación preoperatoria e impresión 3D en ortopedia y traumatología: ingresando en una nueva era. Acta Ortop Mex. [Internet]. 2022 Ene-Feb. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 36(1): 39-47. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2022/or221h.pdf> doi:10.35366/106758.

12. Valenzuela Villela K. S, García Casillas P. E, Chapa González C. Progreso de la Impresión 3D de Dispositivos Médicos. Revista mexicana de ingeniería biomédica. 2020 Oct. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 41(1): 151-166. Disponible en: <https://doi.org/10.17488/rmib.41.1.12>

13. Garchitorena María Inés. Vidrios bioactivos en odontología restauradora. Odontoestomatología. [Internet]. 2019 Dic. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 21(34): 33-43. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392019000200033&lng=es. Epub 01-Dic2019. <https://doi.org/10.22592/ode2019n34a5>.

14. Hernández-Escalona Margarita, Veranes-Pantoja Yaymarilis, Morejón-Alonso Loreley, Llópiz-Yurell Julio César, Díaz-Águila Carlos. Biomateriales compuestos para restauración ósea obtenidos mediante tecnologías basadas en el uso del campo electromagnético. Rev Cubana Invest Bioméd. [Internet]. 2021 Jun. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 40(2). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002021000300013&lng=es. Epub 01-Jun-2021.

15. Lucía C. Las prótesis impresas en 3D, ayudar gracias a las nuevas tecnologías. 3D natives. [Internet]. 2022 Abr 7. [citado el 17 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/protesis-impresas-en-3d-100420182/>

16. Bitfab. Los 15 proyectos top de prótesis hechas con impresión 3D. Bitfab. [Internet]. 2021. [citado el 17 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://bitfab.io/es/blog/protesis-impresion-3d/>

17. Maneus Salvador, Marina. Desarrollo de una mano biónica mediante medios de producción de bajo coste. [Tesis]. [Internet]. 2023 Sep 21. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 20(2): 133-149. Disponible en:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/196855/Maneus%20-%20Desarrollo%20de%20una%20mano%20bionica%20mediante%20medios%20de%20produccion%20de%20bajo%20coste.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

18. Abdi S, Kitsara I, Hawley MS, Witte LP de. Las tecnologías emergentes y su potencial para generar nuevas tecnologías de asistencia, Tecnología de Asistencia. [Internet]. 2021. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 33(1): 17-26. Disponible en: <http://18.188.26.221:8082/repositorio/bitstream/handle/123456789/1030/tecnolog%ca%20emergentes%20y%20su%20potencial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DOI:10.1080/10400435.2021.1945704

19. Vanegas Mejía F. Propuesta formal estética de diseño de prótesis para niños con amputaciones. Institución Universitaria Pascual Bravo. [Internet]. 2023. Disponible en: https://abcd.pascualbravo.edu.co/bitstream/pascualbravo/2038/1/Rep_IUPB_Tec_Ges_Dis_Gra_Dise%C3%B1o_Pr%C3%B3tesis.pdf

20. Mehdi B. Oportunidades de la fabricación aditiva en la producción de órtesis. Tesis. [Internet]. 2023 Sep14. [citado el 17 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/395143/tfm-final.pdf?sequence=2>

21. González Bastidas, Sara Maria S. El uso de la inteligencia artificial y el big data en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas con amputaciones de sus extremidades. [Internet]. 2021. [citado el 17 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/f15bde8b-b985-416f-963f-1fc1c68ee515/content>

22. Jiménez Caicedo DR, et al. Revolución tecnológica en ortopedia, fisioterapia y medicina del deporte más que una necesidad. S&EMJ. [Internet]. 2022. [citado el 17 de septiembre de 2024]; 5: 160-189. Disponible en: <https://www.medicaljournal.com.co/index.php/mj/article/download/93/190>

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: Regla Palacios Cuellar, Juan Manuel Arena Griñan.

Curación de datos: Regla Palacios Cuellar, Nelson A. Ramírez Aparicio, Juan Manuel Arena Griñan.

Investigación: Regla Palacios Cuellar, Regla de la Caridad Delgado Fis.

Metodología: Nelson A. Ramírez Aparicio, Juan Manuel Arena Griñan.

Administración del proyecto: Regla de la Caridad Delgado Fis, María Julia Ramos.

Suri, María Julia Ramos Suri.

Recursos: Juan Manuel Arena Griñan, Nelson A. Ramírez Aparicio.

Software: Nelson A. Ramírez Aparicio, Regla de la Caridad Delgado Fis.

Supervisión: Regla Palacios Cuellar, María Julia Ramos Suri.

Validación: Juan Manuel Arena Griñan, Alina Piloto Rodríguez.

Visualización: Alina Piloto Rodríguez, Nelson A. Ramírez Aparicio.

Redacción: Regla de la Caridad Delgado Fis, Alina Piloto Rodríguez, Nelson A. Ramírez Aparicio.