



Aplicaciones de la fabricación aditiva en el campo de la medicina (2010 -2025)

Impact of additive manufacturing in the field of medicine (2010 -2025)

Fernando Olivert Pantoja Payajo¹ , Joseph Luis Rodriguez Bermudez^{1*} ,
Edinson Andy Terrones Rosas¹ , Ronan Wilfredo Ventura Guanilo¹ 

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

*Autor de correspondencia: jrodriguezbe@unitru.edu.pe (J. Rodriguez).

Fecha de recepción: 12/04/2025

Fecha de aceptación: 26/06/2025

RESUMEN

En este artículo de revisión se analiza el impacto de la fabricación aditiva en el área de la medicina. En un contexto donde la personalización de tratamientos y el avance de tecnologías de impresión 3D están transformando el ámbito clínico, se identifican sus aplicaciones en el área medicinal. El objetivo principal fue explorar cómo esta tecnología está revolucionando el área de la medicina y lo que se quiere lograr a futuro. Para esta investigación se basó mediante el uso de la metodología PRISMA, en una revisión sistemática de estudios recientes sobre la fabricación aditiva o impresión 3D en el campo de la medicina. Entre los principales hallazgos, se evidenció que ésta permite una mayor precisión en los tratamientos, ha facilitado el aprendizaje anatómico, y logra reducir los tiempos de operación. Finalmente, se concluyó que la fabricación aditiva representa una herramienta innovadora y con gran potencial para el desarrollo de la medicina.

Palabras Clave: *fabricación aditiva, medicina, impresión 3D.*

ABSTRACT

This review article analyzes the impact of additive manufacturing in medicine. In a context where personalized treatments and the advancement of 3D printing technologies are transforming the clinical field, its applications in the medical field are identified. The main objective was to explore how this technology is revolutionizing medicine and what is expected to be achieved in the future. This research was based on the use of the PRISMA methodology and a systematic review of recent studies on additive manufacturing or 3D printing in medicine. Among the main findings, it was evident that it allows for greater precision in treatments, has facilitated anatomical learning, and achieves reduced operating times. Finally, it was concluded that additive manufacturing represents an innovative tool with great potential for the development of medicine.

Keyword: *additive manufacturing, medicine, 3D printing.*

1. Introducción

Actualmente, las organizaciones enfrentan desafíos significativos en la adopción plena de la manufactura aditiva, una tecnología disruptiva que promete transformar los procesos de producción industrial. Aunque ofrece ventajas evidentes en términos de flexibilidad

de diseño y eficiencia de material, la optimización de los procesos de impresión 3D sigue siendo un problema clave para asegurar la calidad y precisión de los productos manufacturados (Díaz-Martínez, et al. 2024).

Asimismo, la fabricación aditiva ha sido desarrollada para mejorar la planificación y asignación de órdenes en la producción industrial, con el objetivo de optimizar la eficiencia operativa y reducir tiempos muertos. Estas tecnologías permiten coordinar la ejecución simultánea de distintos pedidos mediante enfoques como subastas combinatorias, lo cual se traduce en un uso más eficaz de la plataforma de impresión y menor desperdicio de recursos. Actualmente, son cada vez más utilizadas en entornos de fabricación avanzada, permitiendo a las empresas no solo racionalizar su flujo productivo, sino también mejorar la toma de decisiones al analizar grandes volúmenes de datos sobre demanda, tipos de piezas y capacidades técnicas. (Anton Heredó, 2024)

La conocida como impresión 3D o fabricación aditiva, según los autores Vivas, M.R. et al. (2024), la define como: La construcción de modelos por medio de la añadidura de material capa a capa, dando lugar a la creación de estructuras complejas, estas no podrían ser elaboradas por sustracción desde una pieza de materia prima. En la actualidad ya existen múltiples opciones en lo que refiere a técnicas y materiales, variando en sus propiedades mecánicas, acceso, tiempos y costos.

En el caso del campo de medicina, la fabricación se realiza, según los autores César-Juárez et al. (2018): “a partir de un archivo cuyo fundamento estructural es un modelo tridimensional virtual viable se necesitan los estudios de imagen de un paciente para elaborar un molde personalizado”. Allí el modelo no es sino la representación digital de lo que se planea imprimir mediante algún programa computarizado para modelar.

Además, la tecnología de la fabricación aditiva en el área de la medicina se ha empleado, según Naranjo, M. y Guevara, B. (2024), en donde con el uso de la tecnología CAD/CADM se ha podido fabricar estructuras tridimensionales con imitación anatomofuncional. Este descubrimiento, se logró gracias a métodos como resonancias, tomografías y otras acciones radiográficas.

Y podemos decir que en la aplicación práctica, ofrece soluciones que impactan positivamente. Según Naranjo, M. y Guevara, B. (2024). Cada año las alternativas de aplicación que ofrece la impresión 3D son variadas. En su investigación documental reportaron avances en ámbitos como: modelos anatómicos para la pre-operación; ingeniería de tejidos; regeneración de tejidos; regeneración de cartílagos y tendón; odontología; materiales antimicrobianos.

Por todo ello consideramos importante revisar, a la actualidad de este artículo, cuales son los impactos de la impresión 3D. Sobretodo entendiendo su implementación en la mejora de la eficiencia para abastecer en los diferentes suministros que necesita el área de la salud

Por ello encontramos múltiples antecedentes que manejan este tema. Con la mira en nuestro objetivo de identificar las diferentes áreas de mejora de la fabricación aditiva en la medicina.

Por ejemplo, como ya hemos mencionado, en el año 2024 Naranjo, M. y Guevara, B. encontraron en su investigación que las tecnologías de fabricación aditiva han permitido que las estrategias médicas sigan innovando, tanto en el entrenamiento quirúrgico como en el ámbito de las prótesis y prototipos.

De la misma manera (Ventola, 2014) explica cómo el uso de la fabricación aditiva ha transformado notablemente el campo de la medicina moderna. Nos menciona que mediante el uso de este proceso se pueden crear prótesis personalizadas, modelo anatómicos para planificaciones quirúrgicas y dispositivos médicos en general, generando una mejora significativa con respecto a la eficiencia en los procedimientos clínicos.

Asimismo, (Advances, 2023) analiza el uso de la impresión 3D para la fabricación de implantes personalizados tanto metálicos como poliméricos con estructuras porosas controladas. Ellos indican que la implementación de esta tecnología permite diseñar diseños anatómicos compatibles con el cuerpo humano, reduciendo desperdicios de materiales y mejorando la biocompatibilidad de los implantes en áreas como ortopedia y odontología.

Siguiendo esta línea de investigación, este análisis sistemático tiene como objetivo identificar los impactos clínicos más significativos. Ventajas técnicas y desafíos de la producción aditiva en el campo de la medicina. Esta revisión se compone de 4 secciones: Metodología, Resultados, Debate y Conclusiones, todo ello con el objetivo de dar respuesta a nuestra interrogante de estudio.

2. Metodología

2.1. Materiales y métodos

En este estudio, realizaremos un repaso bibliográfico utilizando la guía PRISMA 2020. Esta metodología proporciona pasos definidos y reconocidos a nivel mundial para examinar estudios de manera sistémica, con el fin de prevenir perjuicios al seleccionar y sintetizar los trabajos incluidos (Page MJ et al., 2021)

Además, PRISMA 2020 incorpora diagramas de flujo, que facilitan la visualización visual de cómo se escogieron los estudios: la cantidad de artículos encontrados, descartados y aceptados. Estos esquemas incrementa la claridad y la excelencia laboral (Rethlefsen ML et al., 2022)

La implementación de PRISMA garantiza que los resultados logrados posean un respaldo científico robusto y sean más fiables.

PRISMA significa "Items Recomendados para Reporting for Systematic Reviews and Meta-Analyses". En 2020, se realizó una actualización para incrementar su claridad y ajustar la metodología a las revisiones contemporáneas. Incorpora una serie de 27 aspectos que abarcan todas las fases: desde la búsqueda y elección de artículos hasta la elaboración de resultados (Page MJ et al., 2021)

En esta investigación se formuló la siguiente pregunta: ¿Cómo se está aplicando la impresión 3D o fabricación aditiva en el ámbito de la salud?

2.1.1. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión que se tomaron en cuenta en este estudio fueron los siguientes: se consideraron los trabajos que se publicarán entre 2010 y 2025.

Además, se tomó en cuenta las cadenas de búsqueda que se muestran en la Tabla 01. Es importante destacar que también se tomaron en cuenta los artículos en español.

En cuanto a los criterios de exclusión, se tomaron en cuenta únicamente artículos de acceso libre vinculados a la salud, descartando fuentes como diapositivas o formatos parecidos, debido a la incertidumbre en la confiabilidad de la información.

2.1.2. Proceso de recolección de la información

En la Tabla 1 podemos evidenciar nuestra terminología de búsqueda centrándonos en el repositorio de artículos y publicaciones de Scielo y Scopus.

Tabla 1
Terminología para investigación en las bases de datos.

Base de datos	Terminología de búsqueda
SCOPUS	databases, "Impresión 3D en la medicina", year:[2010 TO 2025]
SCIELO	impresión 3d AND la:("es") AND is_citable:("is_true") AND type:("research-article")

3. Resultados y discusión

En principio podemos hacernos una idea de los conceptos que se manejan en este ámbito de estudio con un análisis bibliométrico. Con el software VOSviewer procesamos los resultados preliminares de Scopus.

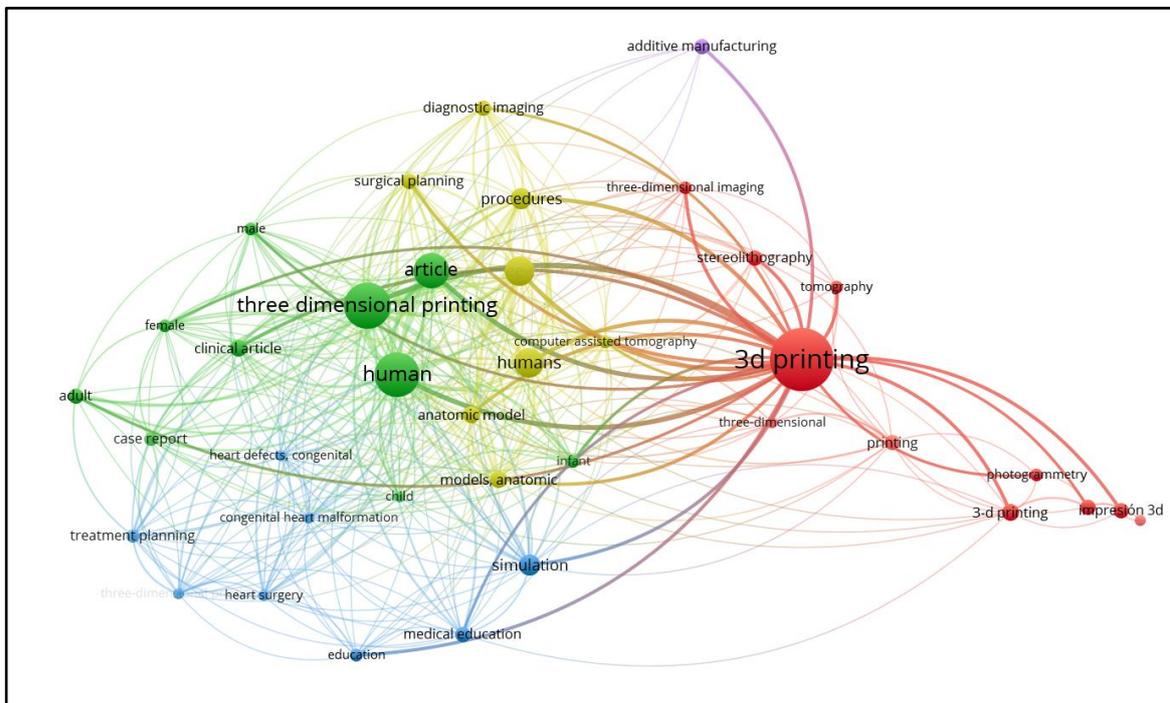


Figura 1. Resultados preliminares de Scopus mediante el software VOSviewer.

Procedemos con la elección de 25 artículos que según criterios de exclusión e inclusión, además de nosotros haberlos considerado los más representativos en el tema de estudio, serán estudiados a más detalle en la Tabla 2. A continuación se muestra el procedimiento, usando la metodología PRISMA.

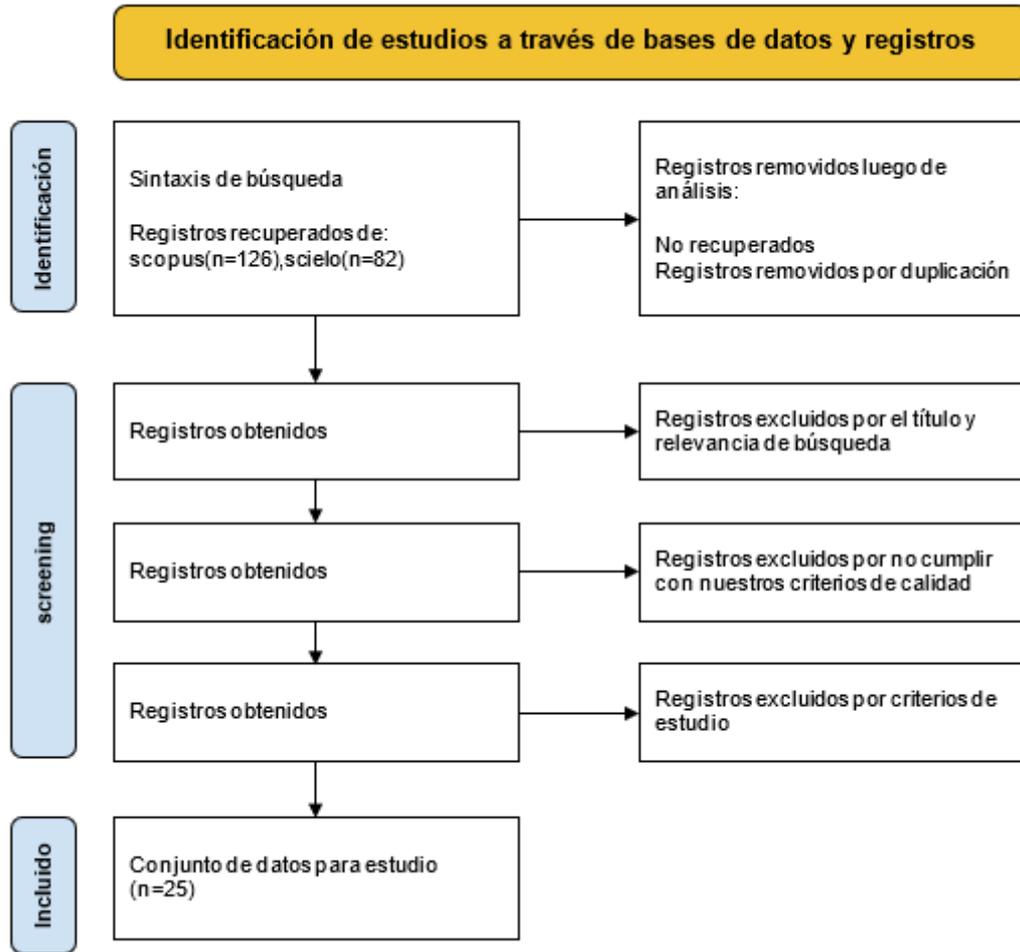


Figura 2. Criterios seguidos de inclusión y exclusión.

Tras una investigación exhaustiva, hemos identificado cuatro áreas generales de aplicación de la fabricación aditiva en el ámbito de la medicina (Figura 3).

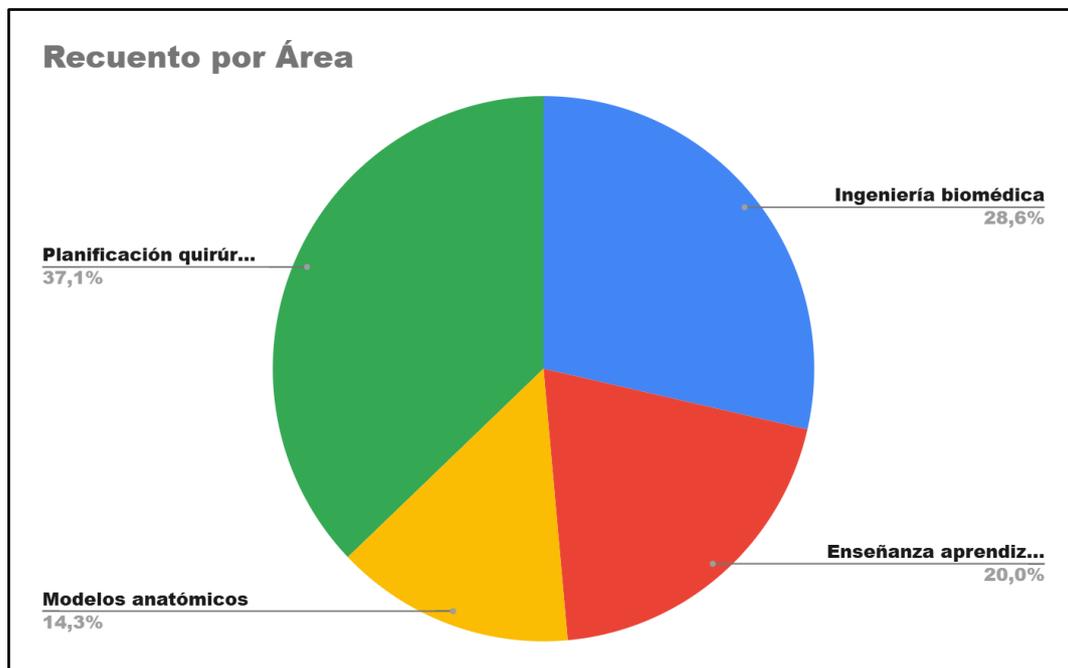


Figura 3. Áreas generales de aplicación de la fabricación aditiva en el ámbito de la medicina.

Tabla 2
Análisis de los artículos académicos

N°	Título del artículo	Aportes	Contexto	Limitaciones	Área
1	“Caracterización de materiales para la fabricación de inmovilizadores personalizados en pacientes de radioterapia con lesiones en extremidades mediante impresión 3D”	Integración de estructura y bolus en una sola pieza.	Mejora posicionamiento durante tratamiento en extremidades.	Modelo simulado, no analiza tiempos o costos.	Ingeniería biomédica
2	“Factibilidad y precisión de la impresión 3D a través de ecocardiografía transtorácica 3D en pacientes pediátricos”	Alta precisión anatómica para planificación clínica.	Aplicado a niños con CIV.	Muestra pequeña y sin evaluación técnica.	Modelos anatomía
3	“Ensayo clínico aleatorizado sobre la utilidad de la impresión 3D en las fracturas intraarticulares de radio distal”	Mejor visualización prequirúrgica con modelos PLA.	Comparación con planificación convencional.	No mejora tiempos o resultados funcionales.	Planificación quirúrgica
4	“Semi-solid extrusion 3D printing of plant-origin rosmarinic acid loaded in aqueous polyethylene oxide gels”	Diseño personalizado de formas farmacéuticas vegetales.	Desarrollo de sistemas de liberación controlada.	Variabilidad y control de viscosidad insuficiente.	Ingeniería biomédica
5	“Uso de impresión 3D en planificación preoperatoria de osteotomía por coalición metatarsiana: reporte de un caso”	Simulación quirúrgica, selección de injerto precisa.	Apoyo en decisiones quirúrgicas complejas.	Requiere imágenes y equipos costosos.	Planificación quirúrgica
6	“Impact of 3D Printing Technologies in Digital Dentistry”	Fabricación rápida y precisa con SLA/DLP.	Aplicación en prótesis y dispositivos dentales.	Costo y complejidad por tipo de impresora.	Planificación quirúrgica
7	Diseño y Fabricación de Modelos Impresos en 3D como Complemento para las Clases Prácticas de Histología Médica	Apoyo didáctico con estructuras 3D impresas.	Facilita comprensión tridimensional en clases prácticas.	Extrapolación de imagen 2D es limitada.	Modelos anatomía
8	“Utilidad de un modelo de reconstrucción e impresión 3D en Cirugía Hepática Compleja”	Modelos 3D personalizados para resecciones complejas.	Comparación pre y post intervención con 19 pacientes.	Variabilidad anatómica y complejidad técnica.	Planificación quirúrgica
9	“De imágenes médicas a modelos anatómicos impresos en 3D: un enfoque de impresión 3D asequible y de bajo costo”	Método accesible desde imágenes DICOM.	Software libre y segmentación optimizada.	Necesidad de correcciones en el modelo STL.	Modelos de anatomía
10	Impresión 3D en cuidado de la salud	Aplicación en cirugía, prótesis, educación médica.	Revisión sistemática en PubMed y Espacenet.	Costo, regulación y estandarización limitan adopción.	Ingeniería biomédica
11	Soluciones basadas en tecnologías tridimensionales para la práctica y la enseñanza de las ciencias biomédicas	Diseño colaborativo de dispositivos médicos funcionales.	Reducción de costos y gestión innovadora.	Adaptación organizacional y técnica es crítica.	Enseñanza aprendizaje
12	Comportamiento bio tribológico de prototipos de implantes de la aleación Ti6Al4V fabricados por EBM y posteriormente anodizados	Comparación de tres tratamientos superficiales.	Estudio tribológico en laboratorio controlado.	Falta validación en entornos clínicos reales.	Ingeniería biomédica

13	Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina	Uso de células madre para órganos impresos.	Preserva anatomía original con imágenes médicas.	Desafíos de viabilidad clínica y funcional.	Planificación quirúrgica
14	Modelos de impresión tridimensional en la planificación preoperatoria y en la enseñanza académica de las fracturas mandibulares	Reducción de tiempo quirúrgico en 20%.	Planificación y formación de residentes.	Solo ocho pacientes, difícil generalización.	Enseñanza aprendizaje
15	Impresión 3D aplicada a la planificación y la resolución quirúrgicas en la cirugía ortopédica. Series de casos	Reduce tiempo, radiación y detecta complicaciones.	Aplicación en múltiples intervenciones quirúrgicas.	Costo alto y diferencias tecnológicas por caso.	Modelos de anatomía
16	Papel de la impresión 3D para la protección de los profesionales del área quirúrgica y críticos en la pandemia de COVID-19	Producción alternativa de EPP durante pandemia.	Proyecto coordinado en Cantabria, España.	Escasez de insumos limitó expansión.	Ingeniería biomédica
17	Ingeniería de diseño en Cirugía. ¿Cómo diseñar, probar y comercializar dispositivos quirúrgicos fabricados con impresión 3D?	Prototipado rápido en cirugía con CAD y 3D.	Ingeniería aplicada al diseño funcional.	Falta espacios para pruebas y fondos.	Ingeniería biomédica
18	Impresión tridimensional de modelos cardíacos: aplicaciones en el campo de la educación médica, la cirugía cardíaca y el intervencionismo estructural	Comprensión de cardiopatías y comunicación clínica.	Basado en imágenes médicas y simulaciones.	Falta estandarización y calidad variable.	Enseñanza aprendizaje
19	Biomateriales y tecnologías de impresión 3D en entrenamiento quirúrgico en otorrinolaringología: una revisión	Modelos quirúrgicos de entrenamiento otorrinolaringológico.	Revisión sistemática de tecnologías aplicadas.	Requiere validación y estandarización.	Planificación quirúrgica
20	Efectos de la impresión 3D en la planificación quirúrgica de las cardiopatías congénitas	Visualización precisa de estructuras cardíacas complejas.	Simulación quirúrgica con modelos impresos.	No se evaluó impacto clínico directo.	Modelos anatómicos
21	Aplicaciones actuales de la impresión cardíaca en 3D	Aplicaciones actuales y futuras en cardiología.	Revisión de literatura en salud cardiovascular.	Bioimpresión aún experimental y sin validación clínica.	Enseñanza aprendizaje
22	Desarrollo y validación del comportamiento mecánico de un implante discal cervical con forma de "S" de Ti-6Al-4V ELI fabricado mediante SLM	Diseño y validación mecánica del implante S.	Ensayos bajo técnica de retroalimentación funcional.	Evaluación limitada a laboratorio controlado.	Ingeniería biomédica
23	Elaboración de un simulador de trauma torácico a partir de un torso cadavérico utilizando tecnología de imágenes digitales e impresión 3D	Uso de torso cadavérico digitalizado.	Creación progresiva con elementos reutilizables.	Desafíos éticos y necesidad de fidelidad alta.	Ingeniería biomédica
24	Impresiones 3D de Cortes Transversales de un Cuerpo Humano: Un Recurso Didáctico para el Estudio de la Anatomía Seccional	Mejora reconocimiento estructural en anatomía seccional.	Evaluación educativa con material impreso.	Falta de cadáveres limita formación tradicional.	Enseñanza aprendizaje
25	Impresiones 3D, Nueva Tecnología que Apoya la Docencia Anatómica	Sistema procedimental para réplicas de alta fidelidad.	Propuesta de sustituto al cadáver en docencia.	Modelos útiles pero no reemplazan objeto real.	Modelos anatómicos

Modelos anatómicos

La fabricación aditiva es útil para llevar a físico los modelos digitales. Así pues, en el campo de la medicina los modelos anatómicos abundan. Estos tienen que cumplir con altos estándares para que representen de la mejor manera la realidad anatómica. Por ello Baeza et. al. (2015) sugirieron un sistema procedimental que puede ayudar a tal fin (Figura 4). Aunque todavía son usados los cuerpos humanos reales en muchas instituciones. Esta tecnología está siendo muy aceptada. Según Hecht-López et al. (2018) el avance de la tecnología impulsó que estos recursos nuevos se desarrollen y sean utilizados en la docencia.

Estos modelos anatómicos pueden variar en complejidad. Pueden ser un solo hueso o incluso sistemas completos. Según Borunda-Escudero et al. (2024) hablamos de implantes, prótesis y modelos personalizados, que son aplicaciones de la extensión de la impresión 3D.

Aunque esto no solo sirve a los profesionales de la salud sino a aquellas personas que han perdido una parte de su cuerpo o se las han fracturado. Sin embargo, no siempre es recomendable su utilización, no porque sean intrínsecamente peligrosos, sino porque a veces los métodos tradicionales son suficientes. Como lo constata Giraldo et al. (2023) quienes concluyen que sus parámetros estudiados no mejoraron con el uso de la impresión 3D.

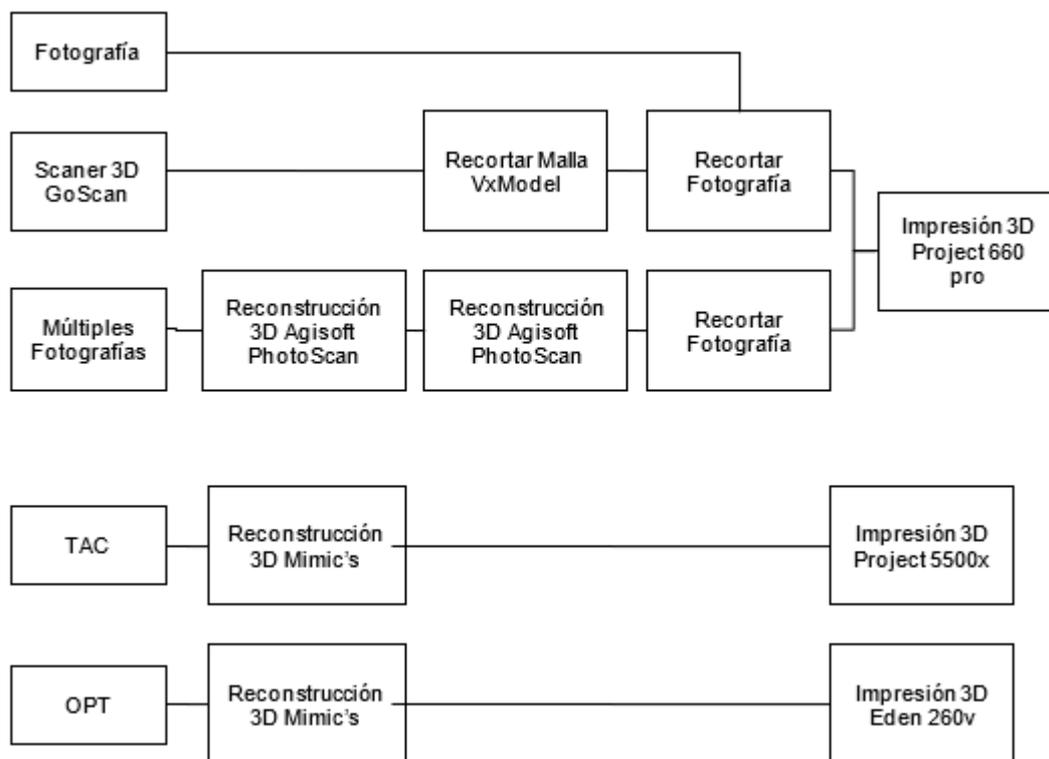


Figura 4. Sistema procedimental en modelos anatómicos (Fuente: Baeza et. al., 2015).

Ingeniería biomédica

Aplicado a la ingeniería también tenemos importantes hallazgos. Por ejemplo, para la realización de herramientas y productos que ayuden a la recuperación de los pacientes. Como Hernandez et al. (2025) señalan, diciendo que el uso de inmovilizadores

personalizados nos permite adaptarnos a cada situación, alcanzando así un mayor grado de precisión. Pero no solo la técnica es importante sino también los insumos, por ello es que en su trabajo Hernandez et al. (2025) registran que en el diseño personalizado del inmovilizador los mejores materiales son PLA para el soporte y Easy925 como material de bolus. Con esto se evidencia que es menester que el ingenio humano haga su parte para idear soluciones, aplicaciones y mejoras en el ámbito de la medicina.



Figura 5. Materiales inmovilizadores (Fuente: Jasińska et al., 2023).

Enseñanza aprendizaje

Lo que los profesionales de la salud saben en su ámbito alguna vez tuvieron que aprenderlo en sus aulas. El tema enseñanza aprendizaje es transversal, porque puede incluir una variedad de tópicos a tratar, pero el enfoque es que ayuda a mejorar la adquisición de conocimientos. En el 2023, Hecht-Lopez et al. afirmará que esta tecnología ha ganado cada vez más espacio en el currículum de la enseñanza de anatomía.

Para Ferreira-Moreno (2024) esta tecnología es garantía de independencia, y entre sus beneficios se encuentra:

- Velocidad de fabricación
- Producción bajo demanda
- Reducción de costos
- Ahorro de energía
- Sostenibilidad

Planificación quirúrgica

Contar con modelos personalizados nos brinda un gran apoyo en los casos donde se necesita una forma de acercarnos a la realidad lo mejor posible, sin el riesgo de afectar a la persona en sí. Por ejemplo, si se quiere explicar el procedimiento que se seguirá en una cirugía o si se quiere realizar una práctica antes de adentrarse al caso en sí. Todo esto también nos permite medir las variables como tiempo, complicaciones, exposición, etc.

dentro de una cirugía; por supuesto salvando las diferencias. Según Vivas (2024) su análisis demuestra que asistirse de impresión 3D para una cirugía mejora la predictibilidad, reduce el tiempo, costos, radiación y sangrado.

Como se ha visto, sus beneficios permiten operar en entornos que no son típicos. Estos escenarios abundan en medicina y en cirugía. Al no depender de la industria según Ferreira-Moreno (2024) esta tecnología es sostenible ya que permite operar en crisis de suministro, como es el caso de la postpandemia. Esta herramienta nos da información para las condiciones quirúrgicas que no son normales, para poder planificar y tratar (Vivas, 2024).

Modelos impresos

Los modelos que se imprimieron o analizaron en los 25 artículos que se analizó extendidamente se resumen en

Tabla 3
Modelos impresos

N°	Tipo de modelo	Artículos que lo usan
1	Inmovilizador	Hernández et al., 2025
2	Corazón	Jiménez et al., 2025; Cano-Zárate et al., 2021; Ulate Retana et al., 2020; Valverde, 2016
3	Muñeca	Giraldo et al., 2025
4	Medicamentos	López et al., 2023
5	Pie	Torrealba et al., 2023
6	Modelo dental	Kiefer, 2023; César-Juárez et al., 2018
7	Tejidos	Concha et al., 2022
8	Hígado	López León et al., 2024
9	Modelos variados	Borunda-Escudero et al., 2024; Pérez-Sanpablo, 2021; Ferreira-Moreno et al., 2024; César-Juárez et al., 2018; Mantrana et al., 2018; Vivas et al., 2024; García et al., 2018; Achurra et al., 2021; Montt et al., 2020; Baeza et al., 2015
10	Prótesis de cadera	Ramírez et al., 2023
11	Equipo médico	Pedraja et al., 2020; García et al., 2018
12	Cabeza y cuello	Meszaros et al., 2023
13	Implante cervical	Álvarez et al., 2021
14	Tórax	Achurra et al., 2021

Luego de haber realizado un análisis minucioso a los proyectos investigativos obtenidos, notamos que la integración de la fabricación aditiva en el ámbito médico contribuye decisivamente en la mejora de la eficiencia operativa mediante la personalización de tratamientos y la producción rápida de soluciones específicas para cada paciente. Permitiendo liberar recursos materiales y humanos al reducir los tiempos de producción, facilitando intervenciones más precisas y eficientes, como lo han propuesto diversos autores en diversos contextos como clínicos y quirúrgicos.

López-León et al. (2024) implementó la impresión 3D para preoperatorios de hígado para planificar cirugías complejas, observando que estos modelos permiten decidir con mayor precisión qué casos realizar y disminuyen las complicaciones postoperatorias. De manera similar, Vivas et al. (2024) reportaron doce casos ortopédicos (defectos acetabulares, resecciones tumorales, etc.) en los que la impresión 3D mejoró la predictibilidad quirúrgica y disminuye el tiempo operatorio, el sangrado y la radiación intraoperatoria. Estos estudios confirman que los modelos tridimensionales contribuyen a ensayar y visualizar la anatomía antes de la operación, optimizando la técnica quirúrgica.

En cirugía maxilofacial, Mantrana et al. (2018) utilizaron impresoras FDM de bajo costo para fabricar modelos de fracturas mandibulares a escala real, obteniendo un ajuste perfecto de placas y tornillos premoldeados y reduciendo en un 20% el tiempo quirúrgico. Por otra parte en cardiología pediátrica, Jiménez et al. (2025) demuestran que es factible

imprimir modelos del corazón a partir de ecocardiografías transtorácicas 3D en pacientes con defectos cardíacos congénitos; estos modelos impresos reflejan con alta precisión la morfología de la comunicación interventricular, apoyando la planeación de intervenciones en casos de cardiopatías complejas.

Hernández-González et al. (2025) estudiaron materiales biocompatibles para imprimir inmovilizadores personalizados en radioterapia de extremidades, identificando que el PLA combinado con un bolus especializado ofrece características dosimétricas óptimas y ergonomía adecuada.

En el campo de los implantes óseos Ramírez et al. (2023) fabricaron prototipos de cadera en aleación Ti6Al4V mediante fusión de haz de electrones (EBM) y posterior anodizado, y constataron que dicho tratamiento superficial reduce drásticamente la tasa de desgaste del material bajo condiciones de fricción simulada. Similarmente, César-Juárez et al. (2018) destacaron el potencial de la bioimpresión 3D: cultivando células propias del paciente en andamiajes impresos se pueden generar tejidos u órganos personalizados, abriendo la puerta a terapias regenerativas innovadoras.

Varios de los estudios reportan aplicaciones prácticas de la impresión 3D en biomedicina. por ejemplo, ferreira-moreno et al. (2024) diseñaron y fabricaron varios prototipos médicos mediante impresión tridimensional (biomodelos para craneosinostosis, moldes de prótesis craneales y mamarias, prótesis de mano, andamios tisulares, etc.), demostrando la amplia versatilidad de estas. Esos autores concluyen que, en prácticamente todas las áreas de aplicación médica (excepto la impresión de fármacos), es factible obtener soluciones 3D, y advierten que directivos y profesionales médicos deben adquirir conocimientos y experiencia en su uso para aprovechar plenamente el potencial del.

Se han descrito también impactos formativos y educativos de la fabricación 3D. César-Juárez et al. (2018) en su revisión sobre impresión y bioimpresión 3D en medicina destacan su uso potencial en la generación de órganos, tejidos e implantes personalizados, subrayando el nuevo paradigma que estas técnicas abren en los sistemas de salud (César-Juárez et al., 2018). De manera concreta, Mantrana et al. (2018) demostraron que con impresoras depositivas FDM se pueden fabricar modelos mandibulares preoperatorios precisos a bajo costo.

No obstante, es importante considerar las advertencias de López-González et al. (2023), quienes advierten que, si bien la implementación de tecnologías tridimensionales en medicina ha demostrado ser eficaz y transformadora, también puede generar brechas en el acceso equitativo a la salud, especialmente en regiones con limitaciones tecnológicas o presupuestarias. Señalan que la adopción apresurada de estas herramientas sin una adecuada formación o regulación podría derivar en una dependencia tecnológica poco crítica y en desigualdades en la calidad del servicio prestado.

4. Conclusiones

En conclusión, la revisión sistemática ha demostrado la relevancia e impacto que puede generar la fabricación aditiva o impresión 3D en las diversas especialidades del área de la medicina como la ingeniería biomédica, la planificación quirúrgica y los modelos de anatomía.

Se mostró que la fabricación aditiva en el área de la medicina, ha logrado traer ventajas significativas como la personalización de dispositivos médicos claves como los modelos anatómicos que han llegado a mejorar la precisión de los tratamientos y la planificación

quirúrgicas. Además, se logra reducir el tiempo de los tratamientos quirúrgicos y favorecer el aprendizaje clínico mediante simulaciones más realistas.

Sin embargo, se puede ver que existen algunos desafíos como la validación clínica generalizada, los costos de producirlos debido a la necesidad de estandarizar los materiales, y que por el momento el acceso no sea muy frecuente, limitando su adopción masiva alrededor del mundo.

Finalmente, se concluye que la impresión 3D promete avanzar hacia un nuevo paradigma en el área médica como la bioimpresión 3D de los tejidos totalmente funcionales en la medicina regenerativa; y que esta tecnología se espera que un futuro sea cada vez más común su uso siendo que pueda consolidarse como una herramienta esencial para la medicina.

5. Referencias Bibliográficas

- Achurra, P., Caro, I., Contreras, C., Garrido, F., Inzunza, Ó., Jarufe, N., Ortiz, C., Ramos, J. P., Riquelme, C., Sporerer, S., Varas, J., & Vela, J. (2021). Elaboración de un simulador de trauma torácico a partir de un torso cadavérico utilizando tecnología de imágenes digitales e impresión 3D. *Revista de Cirugía*, 73(3). <https://doi.org/10.35687/s2452-45492021003906>
- Alvarez, C., Lean, P., Navarro, E., & Noriega, A. (2021). Development and validation of the mechanical behavior of a cervical disc implant with an “S” shape of Ti6Al-4V ELI manufactured by SLM. *Ingeniería y Desarrollo*, 38(1), 197-211. <https://doi.org/10.14482/inde.38.1.620.5>
- Baeza, F., Burdiles, Á., Caro, I., Inzunza, O., Mondragón, G., & Salgado, G. (2015). Impresiones 3D, nueva tecnología que apoya la docencia anatómica. *International Journal Of Morphology*, 33(3), 1176-1182. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022015000300059>
- Borunda-Escudero, G. E., Chávez-Ponce, N. A., Borunda-Escudero, F. S., Velasco-Villaseñor, M. L., & Castillo-Cardiel, M. G. (2024). De imágenes médicas a modelos anatómicos impresos en 3D: un enfoque de impresión 3D asequible y de bajo costo. *Cirugía y Cirujanos*, 92(4). <https://doi.org/10.24875/ciru.22000643>
- Cano-Zárate, R., Hernández-Barajas, E. K., Hernández-Barajas, H. H., Meave-González, A., & Espínola-Zavaleta, N. (2021). Efectos de la impresión 3D en la planificación quirúrgica de las cardiopatías congénitas. *Archivos de Cardiología de México*, 91(1), 1-6. <https://doi.org/10.24875/ACM.20000395>
- Casa-H, M., Brisso, J., González-Quintanilla, D., Mella, E., Pinto, N., Rodríguez, N., & Zamorano, J. P. (2021). Autotrasplante dental utilizando simulación virtual y un prototipo de modelo de impresión 3D. *International Journal Of Odontostomatology*, 15(1), 271-277. <https://doi.org/10.4067/s0718-381x2021000100271>
- César-Juárez, A., Olivos-Meza, A., Landa-Solís, C., Cárdenas-Soria, V., Silva-Bermúdez, P., Ahedo, C., Díaz, B., & León, J. (2018). Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina. *Revista de la Facultad de Medicina, UNAM*, 61(6), 43-51. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422018000600043
- Concha, M., Godoy-Guzmán, C., Oneto, N., Osses, M., Padilla-Meza, J., Sanhueza, S., & Toledo-Ordoñez, I. (2022). Diseño y fabricación de modelos impresos en 3D como complemento para las clases prácticas de histología médica. *International Journal Of Morphology*, 40(2), 355-359. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022022000200355>
- Díaz-Martínez, M. A., Román-Salinas, R. V., Ruíz-Hernández, S., Hernández-Cortés, N. A., & González-Rubín, V. I. (2024). La manufactura aditiva como elemento imprescindible de la industria 4.0 en beneficio de la ingeniería: un análisis bibliométrico. *Ingeniería Industrial*, (47), 209-238. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2024.n47.7153>
- Ferreira-Moreno, V. G., García-Reyes, A. A., Rivas-Santana, M., Quiza-Sardiñas, R., & Acosta-Calvo, S. L. (2024). Solutions based on three-dimensional technologies for the practice and teaching of

- biomedical sciences. *Revista Médica Electrónica*, 46. Recuperado el 11 de junio de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242024000100006&lng=es&tlng=en
- García, J. I. R., Velasco, J. M. S., Suárez, M. V., Pereira, A. C., Sosa, V., & Rodríguez, J. L. C. (2018). Ingeniería de diseño en cirugía. ¿Cómo diseñar, probar y comercializar dispositivos quirúrgicos fabricados con impresión 3D? *Cirugía Española*, 96(4), 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2017.12.007>
- Hecht-López, P., & Larrazábal-Miranda, A. (2018). Uso de nuevos recursos tecnológicos en la docencia de un curso de anatomía con orientación clínica para estudiantes de medicina. *International Journal Of Morphology*, 36(3), 821-828. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022018000300821>
- Hernández González, D., Castro Tejero, P., Roch González, M., Chamorro Serrano, P., Muñoz Torrijos, M. A., & Izquierdo Rodríguez, C. (2025). Caracterización de materiales para la fabricación de inmovilizadores personalizados en pacientes de radioterapia con lesiones en extremidades mediante impresión 3D. *Revista de Física Médica*, 26(1), 27-34. <https://doi.org/10.37004/sefm/2025.26.1.002>
- Jiménez Salinas, L. A., Vázquez Antona, C. A., Sánchez Pérez, T. E., Barrera de la Torre, J. C., & Trujeque Ruiz, A. L. (2025). Factibilidad y precisión de la impresión 3D a través de ecocardiografía transtorácica 3D en pacientes pediátricos. *REC: CardioClinics*, 60(2), 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.rccl.2024.12.002>
- Kiefer, S. (2023). Impact of 3D printing technologies in digital dentistry. *Health Leadership and Quality of Life*, 2, 290. <https://doi.org/10.56294/hl2023290>
- López León, M., Pérez de Villar Vivas, J. M., Alcalá-Mata, L., Paulano-Godino, F., Luna, A., Luque Molina, A., & López-Cillero, P. (2024). Utilidad de un modelo de reconstrucción e impresión 3D en cirugía hepática compleja. *Revista de Cirugía*, 76(1). <https://doi.org/10.35687/s2452-454920240011868>
- López-Saucedo, F., Chávez-Pacheco, J. L., Rojas-Molina, A., Martínez-Hernández, A. L., Morales-Contreras, B. E., & Alvarez-Lorenzo, C. (2023). Semi-solid extrusion 3D printing of plant-origin rosmarinic acid loaded in aqueous polyethylene oxide gels. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 11(5), 799-810. https://doi.org/10.56499/jppres22.1611_11.5.799
- Mantrana, G., Jacobo, O., Hartwing, D., & Giachero, V. (2018). Modelos de impresión tridimensional en la planificación preoperatoria y en la enseñanza académica de las fracturas mandibulares. *Cirugía Plástica Ibero-Latinoamericana*, 44(2), 193-201. <https://doi.org/10.4321/s0376-78922018000200012>
- Meszaros, N., Cortés, I., Zelada, Ú., & Cardemil, F. (2023). Biomateriales y tecnologías de impresión 3D en entrenamiento quirúrgico en otorrinolaringología: una revisión. *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 83(1), 92-99. <https://doi.org/10.4067/s0718-48162023000100092>
- Mobarak, M. H., Islam, M. A., Hossain, N., Al Mahmud, M. Z., Rayhan, M. T., Nishi, N. J., & Chowdhury, M. A. (2023). Avances recientes de la fabricación aditiva en la fabricación de implantes: una revisión. *Applied Surface Science Advances*, 18, 100462. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2023.100462>
- Montt, D., Caro, I., Neyem, A., & Inzunza, O. (2020). Impresiones 3D de cortes transversales de un cuerpo humano: un recurso didáctico para el estudio de la anatomía seccional. *International Journal Of Morphology*, 38(3), 578-584. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022020000300578>
- Naranjo, M., & Guevara, B. (2024). Aplicación de la fabricación aditiva en el campo de la medicina. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi236.11480>
- Pajares Gutiérrez, J., Poza García, D. J., & Acebes Senovilla, F. (2024). Planificación de la producción en fabricación aditiva: contribuciones a la formalización del problema y dinamización del mercado mediante subastas combinatorias [Tesis doctoral, Universidad de Valladolid]. *UVaDoc*. <https://doi.org/10.35376/10324/71599>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). Updating guidance for reporting systematic reviews: Development of the PRISMA 2020 statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 134, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.03.001>
- Pedraja, J., Maestre, J., Rabanal, J., Morales, C., Aparicio, J., & Del Moral, I. (2020). Papel de la impresión 3D para la protección de los profesionales del área quirúrgica y críticos en la pandemia de COVID-19. *Revista Española de Anestesiología y Reanimación*, 67(8), 417-424. <https://doi.org/10.1016/j.redar.2020.07.011>
- Pérez-Sanpablo, A. I. (2021). Three-dimensional printing in healthcare. <https://doi.org/10.17488/rmib.42.2.3>
- Ramírez, A., Zapata, C., Vargas, C., Tamayo, A., Baena, L., Castaño, J. G., ... Gómez, M. (2023). Comportamiento biotribológico de prototipos de implantes de la aleación Ti6Al4V fabricados por EBM y posteriormente anodizados. *TecnoLógicas*, 26(57), e2642. <https://doi.org/10.22430/22565337.2642>
- Rethlefsen, M. L., Page, M. J., Kiefer, L., Steven, A., & Moher, D. (2022). PRISMA 2020 and PRISMA-S: Common questions on tracking records and the flow diagram. *Journal of the Medical Library Association*, 110(3), 330–342. <https://doi.org/10.5195/jmla.2022.1449>
- Saimon, A. I., Yangué, E., Yue, X., Kong, Z. J., & Liu, C. (2024). Advancing additive manufacturing through deep learning: A comprehensive review of current progress and future challenges. *arXiv [cs.LG]*. <http://arxiv.org/abs/2403.00669>
- Sebastián Giraldo, P. Á., Elvira Soler, M., Fernández Kang, A., Martínez Martínez, J., & García López, A. (2025). Ensayo clínico aleatorizado sobre la utilidad de la impresión 3D en las fracturas intraarticulares de radio distal. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 69(3), 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.recot.2023.05.011>
- Torrealba, J., Campos, L., Álvarez, M. F., & Ocaña, W. (2023). Uso de impresión 3D en planificación preoperatoria de osteotomía por coalición metatarsiana: reporte de un caso. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 34(5), 383–388. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2023.08.004>
- Ulate Retana, A., Sanabria Murillo, M. del M., Neily Younes, P., & Mata Jinesta, V. (2020). Aplicaciones actuales de la impresión cardiaca en 3D. *Revista Costarricense de Cardiología*, 22(1), 28-34. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-41422020000100028
- Valverde, I. (2016). Impresión tridimensional de modelos cardiacos: aplicaciones en el campo de la educación médica, la cirugía cardiaca y el intervencionismo estructural. *Revista Española de Cardiología*, 70(4), 282-291. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2016.09.043>
- Ventola, C. L. (2014). Medical applications for 3D printing: current and projected uses. *P & T: A Peer-Reviewed Journal for Formulary Management*, 39(10), 704-711.
- Vivas, M. R., Raiti Sposato, E. N., Bizzarri, P., Román, E. E., & Lías, A. (2024). Impresión 3D aplicada a la planificación y la resolución quirúrgicas en la cirugía ortopédica. Serie de casos. *Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología*, 89(3), 257–265. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2024.89.3.1798>