

Desarrollo de órtesis para mano impresas en 3D: los casos de un abductor del pulgar y un inmovilizador de dedo

Pablo Marcel de Arruda Torres ⁽¹⁾ y Nyanne Silva Furtado ⁽²⁾

Resumen: La manufactura aditiva (AM) es un proceso de fabricación que permite la creación de piezas con geometrías complejas, aplicado en diversas áreas, incluso en la salud. El presente trabajo tiene como objetivo demostrar el desarrollo de órtesis de mano con diseño inclusivo, mediante la manufactura aditiva. El método utilizado fue el *Double Diamond*, una representación visual de las etapas de cualquier proyecto de diseño e innovación, el modelo se divide en cuatro fases distintas: Descubrir, Definir, Desarrollar y Entregar. Los casos aquí descritos son proyectos de dos órtesis de mano, un abductor de pulgar y un inmovilizador de dedo. El abductor de pulgar tiene la función de mantener el dedo en cuestión posicionado en abducción y oposición. Las órtesis inmovilizadoras de dedos están indicadas para el tratamiento de fracturas, luxaciones, esguinces de dedos y artritis reumatoide. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios. El abductor de pulgar se puede imprimir de forma planificada y modelarse directamente en la mano del usuario, adaptándose a su forma y dimensiones. En el caso del inmovilizador de dedo, el modelo elegido es paramétrico (puede cambiar según los parámetros programados en la computadora), utilizando medidas extraídas del usuario para la confección del modelo virtual. Aspectos como la parametrización y la diversidad de colores de los filamentos también permiten explorar la estética y personalización de soluciones para los usuarios finales, lo que también aumenta la facilidad de adopción de órtesis.

Palabras claves: Manufactura Aditiva - Órtesis - Diseño inclusivo - Abductor de pulgar - Inmovilizador de dedo

[Resúmenes en inglés y en portugués en las páginas 193-194]

⁽¹⁾ **Pablo Marcel de Arruda Torres** es Doctorado en Diseño e Innovación por la Università degli Studi della Campania (Italia). Profesor Asociado del Curso de Diseño de la Universidad Federal de Campina Grande. Coordinador del Grupo de Investigación en Diseño e Innovación y del Laboratorio de Fabricación Aditiva para Tecnologías Asistivas del Programa de Postgrado en Diseño (PPGDesign/UFCG). Sus temas de interés son: Diseño de Servicios; Modelado y Fabricación Digital; Manufactura Aditiva; Diseño Paramétrico y Generativo; Diseño Participativo e Innovación Social. Unidade Acadêmica de Design, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG (Brasil), pablo@design.ufcg.edu.br

(2) **Nayanne Silva Furtado** Unidade Acadêmica de Design, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG (Brasil), nayannefurtado16@gmail.com

1. Introducción

Las nuevas tecnologías digitales han permitido el surgimiento de otras maneras de construir el mundo físico, siendo la principal de ellas la Manufactura Aditiva (*Additive Manufacturing-AM*). Se trata de un método que produce piezas a partir del depósito de material en capas sucesivas, lo que permite el desarrollo de estructuras complejas, sin el uso de moldes u otras estructuras adicionales de confección. Por ese motivo, ella ha estado siendo utilizada en diversos sectores como el aeroespacial, automovilístico, construcción civil, ingeniería eléctrica, deportes y salud (Kunkel 2020).

En el ámbito de la salud, el uso de esta tecnología trae una serie de beneficios, ya que permite la personalización de elementos, lo que aumenta su efectividad en comparación con los métodos tradicionales de fabricación (*Ibidem*). Una de las formas de aplicación de la AM en este escenario es en la fabricación de órtesis.

Las órtesis son dispositivos posicionados en la parte externa de un segmento del cuerpo, con el objetivo de realizar la complementación o corregir algún miembro, proporcionando la mejoría funcional de la región afectada, logrando así una recuperación más eficaz, rápida y segura para las personas que hayan comprometido su sistema músculo esquelético de manera permanente o temporal (Carvalho 2006; Ministerio de Salud, 2019).

Con el uso de la Manufactura Aditiva en la creación de órtesis, se vuelve posible su personalización a partir de un modelo virtual, de modo que se ajuste al formato y tamaño del paciente, además de poder ser impreso en diferentes materiales y colores. De esta manera, podemos considerar un proceso inclusivo, donde la órtesis puede adaptarse a las características físicas del individuo que la utilizará, independientemente de la edad (niño, adulto o anciano), biotipo, fisiología y necesidades que pueda presentar.

Esta investigación fue realizada a través de una colaboración entre el Laboratorio de Manufactura Aditiva para Tecnologías de Asistencia (D4H Lab) de la Universidad Federal de Campina Grande (Brasil) y el Centro Especializado en Rehabilitación (CER-IV CG), organización pública municipal que atiende a pacientes de la ciudad de Campina Grande y de otros 19 municipios de la región metropolitana.

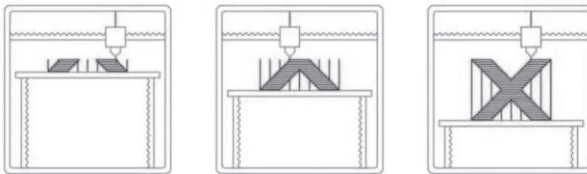
El objetivo del presente trabajo es presentar el desarrollo de dos órtesis para las manos, un abductor de pulgar y un anillo inmovilizador, que pudieran ser fabricados mediante la tecnología de Manufactura Aditiva, considerando el aspecto inclusivo del design, con el propósito de mejorar las habilidades funcionales cotidianas de los usuarios.

2. Manufactura aditiva

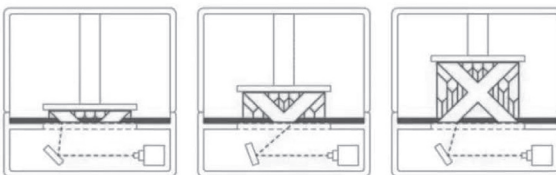
La Manufactura Aditiva (*Additive Manufacturing-AM*), también conocida como impresión 3D, es un proceso de fabricación que permite la generación de elementos con geometrías complejas sin la necesidad de moldes u otros medios de producción. Su funcionamiento consiste en el depósito del material en forma de capas sucesivas que siguen la geometría del modelo tridimensional creado a partir de softwares de modelado digital. Actualmente existen algunos tipos de impresión AM, pero en este trabajo se utilizaron los procesos de Modelación por Fusión y Depósito (*Fused Deposition Modeling-FDM*) y Estereolitografía (*Stereolithography-SLA*).

El modelo de impresión FDM (*Ver Figura 1*) es el método más utilizado, y su funcionamiento consiste en el calentamiento de un filamento (hilo) hecho de materiales termoplásticos como el PLA (*Polylactic Acid*), ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) y PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*), que pasa a través de un extrusor cuyo movimiento es controlado por comandos computarizados, depositando el material en una base de impresión calentada, capa por capa, hasta completar la impresión del objeto.

La estereolitografía, por otro lado, es un proceso que utiliza resinas fotosensibles como materia prima (*Ver Figura 2*), las cuales, al entrar en contacto con la luz UVA (ultravioleta) emitida por un láser reflejada por espejos, se solidifican formando una capa, la cual se adhiere a la superficie de impresión o a otra capa, repitiendo este proceso hasta la confección de toda la pieza (Reis, 2021: 4).



1



2

Figura 1.
Modelado de fusión
y depósito (¹Fuente:
3D Lab).

Figura 2.
Proceso de impresión
por estereolitografía
(²Fuente: 3D Lab).

3. Diseño inclusivo

El diseño inclusivo es un enfoque que aspira crear productos, servicios y entornos accesibles y utilizables por una amplia gama de personas, incluyendo aquellas con diferentes habilidades, edades, orígenes culturales y contextos de vida.

En lugar de centrarse en adaptar soluciones para grupos específicos de usuarios con necesidades especiales, el Design Inclusivo busca integrar la diversidad humana desde el inicio del proceso de design, contribuyendo a la “no discriminación e inclusión social de todas las personas” (Simões y Bispo, 2006: 8). Los productos y entornos deben ser proyectados para acomodar diferentes preferencias y habilidades, permitiendo la personalización siempre que sea posible.

Una referencia de líneas directrices en el área fue desarrollada por el *The Center for Universal Design* (CUD) de la Universidad de Carolina del Norte, en Estados Unidos, que definió siete principios del Design Universal e Inclusivo, a saber: uso equitativo; flexibilidad; uso simple e intuitivo; información perceptible; tolerancia a los errores; bajo esfuerzo físico; tamaño y espacio para aproximación (*The Center for Universal Design*, 1997).

Es importante señalar la diferencia entre estos dos términos: mientras que el Diseño Inclusivo tiene un alcance más amplio, abarcando todas las formas de diversidad y necesidades de los usuarios, el Design Universal es una estrategia específica dentro de este campo, enfatizando la creación de soluciones que sean accesibles y utilizables para todos, independientemente de sus características individuales.

El diseño inclusivo no solo beneficia directamente a las personas con necesidades especiales, sino que también crea productos y servicios mejores para todos los usuarios, lo que resulta en una sociedad más inclusiva y equitativa. De esta forma, la impresión 3D aplicada en la producción de órtesis permite establecer una conexión con el beneficiario que va más allá de su funcionalidad principal.

Según Gomes y Quaresma (2018: 62), “podemos comprender que explorar los sentidos es un camino para obtener un producto o servicio inclusivo”. Además del aspecto funcional, la estética puede auxiliar a una mejor percepción, aceptación y uso del objeto, y un producto inclusivo no se presenta de manera diferente. “Un proyecto inclusivo considera a los posibles usuarios y como puede ser utilizado el producto” (Gomes y Quaresma, 2018: 57), incluyendo aspectos funcionales, estéticos y simbólicos.

4. Metodología

La definición de los proyectos abordados en este artículo se realizó a partir del análisis de las demandas reportadas por los profesionales del Centro Especializado en Rehabilitación (CER-IV), ubicado en la ciudad de Campina Grande (Brasil).

Para el desarrollo de este trabajo se aplicó la metodología Double Diamond, utilizada en proyectos de design e innovación (Ver Figura 3). Este modelo de desarrollo tiene como objetivo describir visualmente las etapas del proyecto de forma clara y objetiva (Ball, 2019), separadas en cuatro fases, las cuales son:

- Descubrir (*Discover*) - Siendo la primera fase del proyecto, en esta se realizarán las preguntas iniciales acerca de qué problema se abordará y las investigaciones al respecto del tema en cuestión.
- Definir (*Define*) - En la segunda etapa se realiza el análisis de la investigación previamente realizada, identificando los desafíos de design y generando un briefing del proyecto.
- Desarrollar (*Develop*) - En esta etapa se realiza la generación de alternativas para resolver el problema, pruebas y refinamiento de las mejores opciones.
- Entregar (*Deliver*) - La etapa final del método destinada a la selección de la mejor alternativa y su refinamiento.

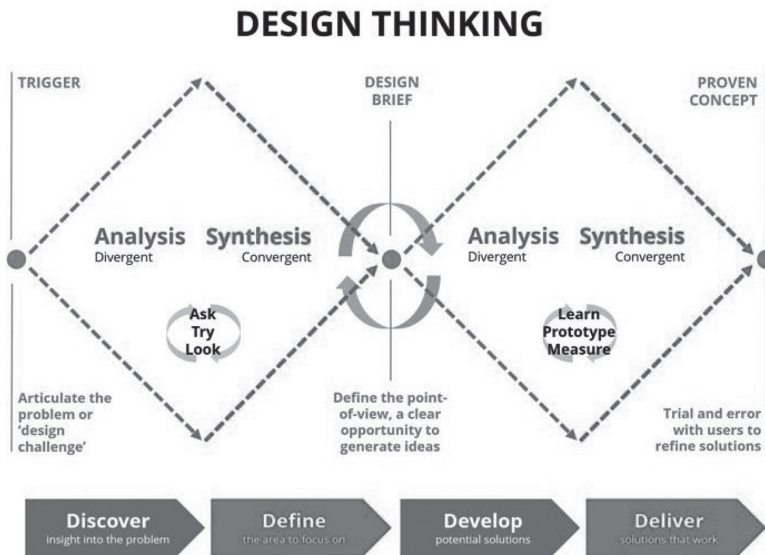


Figura 3. Representación visual de la metodología *Double Diamond* (Fuente: Acumen.sg.¹).

En el transcurso de los proyectos el método se dividió en dos partes que correspondían a cada diamante. La primera fase se refiere a las etapas de Descubrir y Definir, destinadas a la realización de investigaciones, análisis, desarrollo de habilidades y pruebas con las tecnologías utilizadas (Modelado e impresión 3D) y el objeto de estudio (Órtesis abductoras de pulgar e inmovilizadora de las Interfalángicas Distal y Proximal del dedo).

El segundo diamante comenzó con la etapa de Desarrollar, en la que se ha realizado el proceso de generación de alternativas mediante dibujos y modelos de estudio (*Mockups*) en materiales como papel, alambre y cartón. Se realizó una selección de las mejores soluciones creadas para la fabricación de los prototipos impresos en 3D. Ellos fueron entonces modelados e impresos, seguidos de pruebas y refinamiento, lo que llevó a nuevas impresiones. Ese ciclo se repitió hasta que los productos desarrollados fueran adecuados para su uso y cumplieran su función principal. La última etapa, Entregar, correspondió a la validación de los proyectos, entrega de las órtesis finalizadas y la presentación de los resultados alcanzados.

Para el desarrollo de estos proyectos, la estructura utilizada forma parte del D4H Lab-Laboratorio de Manufactura Aditiva para Tecnologías de Asistencias, asociado al Curso de Design y al Programa de Posgrado en Design de la Universidad Federal de Campina Grande (Brasil). El laboratorio cuenta con computadoras y notebooks con configuraciones compatibles para la utilización de los softwares de escaneo 3D, modelado digital y corte electrónico de las piezas. En relación a su maquinaria, el espacio cuenta con dos impresoras del tipo SLA (*Stereolithography*) y cuatro del tipo FDM (*Fused Deposition Modeling*).

5. Desarrollo de productos

5.1. Abductor de Pulgar

En la primera etapa titulada Descubrir se realizaron investigaciones sobre las órtesis abductoras de pulgar, con el objetivo de comprender su funcionalidad, los modelos existentes y los materiales utilizados en su composición. Según Wagner (2023), el abductor de pulgar tiene como función posicionar e inmovilizar el dedo en abducción y oposición, mejorando la funcionalidad de la mano y de los dedos.

El músculo abductor corto (*Ver Figura 4*) es responsable del movimiento de abducción del pulgar, situado en la parte más superficial de la palma de la mano, permitiendo que el ser humano tome y manipule objetos. Sin embargo, existen casos en los que este movimiento del pulgar se ve comprometido por condiciones neurológicas, lo que provoca una flexión (encogimiento) del dedo hacia la palma de la mano, impidiendo que la persona pueda agarrar y manipular objetos.

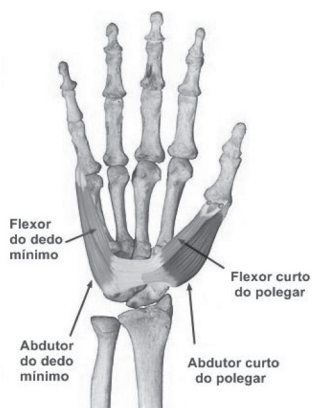
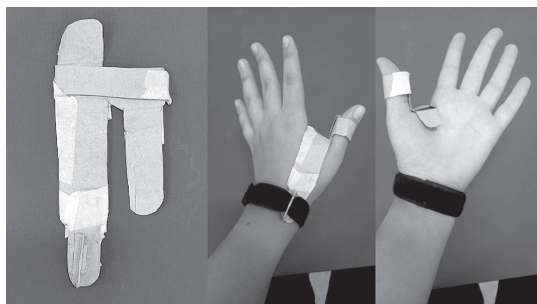


Figura 4.
Músculo corto
abductor del pulgar
(Fuente: Gustavo
Augusto⁴).

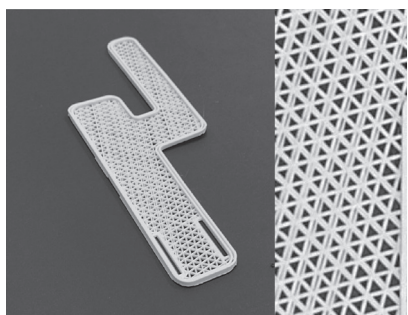
En la fase de Definir, fue realizado un análisis comparativo de los modelos de abductores disponibles en el mercado, con el objetivo de encontrar posibles puntos de mejora que pudieran aplicarse al nuevo modelo. Al final de este análisis se verificó que los modelos descritos utilizaban materiales que no pueden entrar en contacto con el agua y que en su mayoría se centran puramente en la función práctica del producto. Además, el nuevo abductor debería ser lo más universal posible (cada tamaño de mano tiene su modelo, queríamos hacer uno que se moldeara a la mano de cada usuario), posibilitar la respiración de la piel (superficie ventilada), ser compatible con la producción en impresión 3D y presentar variaciones de color.

A partir de esas directrices, se generaron alternativas de nuevos modelos para la órtesis abductora de pulgar. La creación de los conceptos se inició con una investigación visual en busca de referencias e insights. Las dimensiones de un abductor de pulgar son pequeñas, lo que permitió la creación de conceptos mediante dibujos y modelos volumétricos (*Mockups*) en escala real. En total se generaron nueve conceptos, de los cuales uno fue seleccionado para ser modelado digitalmente (*Ver Figura 5*) e impreso en 3D, porque era el que mejor correspondía a los requisitos del proyecto.

Un principio guía del abductor fue que fuera proyectado para imprimirse en una pieza plana, siendo posteriormente calentado y moldeado directamente en la mano del usuario, siguiendo su anatomía y eliminando puntos de tensión. El primer modelo ha presentado dos aberturas en los laterales para el pasaje del velcro, con el fin de fijar el abductor en la mano del usuario (*Ver Figura 6*). La textura presente en el modelo de abductor fue realizada mediante la modificación de algunos atributos en el propio software de corte, como la retirada de las capas superior e inferior, y la aplicación de un tipo de relleno triangular con una densidad del 30%. Con los cambios realizados, la primera pieza fue impresa en PLA utilizando una impresora del tipo FDM.



5



6

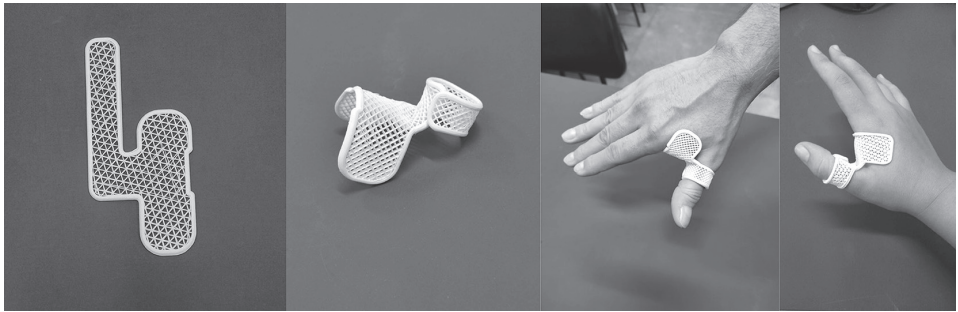
Figura 5.
Alternativa
seleccionada y
su modelado 3D
(Fuente: Autores).

Figura 6.
Abductor de base
impreso hueco
(Fuente: Autores).

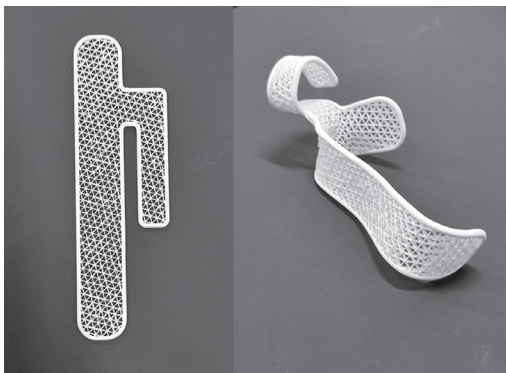
Durante las pruebas realizadas con el modelo, se identificó que una varilla más larga en la palma de la mano mejoró la estabilidad y fijación de la órtesis, aunque al posicionar la varilla en este lugar, no sería necesario utilizar el velcro como método de fijación del pulso. Así, se desarrollaron otras dos versiones del abductor, siendo modelos más compactos.

La primera versión (*Ver Figura 7*) tiene una forma similar a un anillo con dos lengüetas, que fijan e inmovilizan el pulgar en abducción. Aunque tenga dimensiones más pequeñas este modelo consigue adaptarse a diferentes tamaños de dedos.

En la segunda versión, el velcro fue sustituido por una varilla más larga que rodea la región de la palma de la mano y se fija en la parte superior, con dimensiones que se adaptan a la anatomía de la mano del usuario (*Ver Figura 8*). Es importante señalar que la textura ventilada con patrón triangular en todos los modelos, además del aspecto más moderno del diseño, busca una mayor transpiración de la piel y el uso de la órtesis incluso para actividades cotidianas que involucren agua, como bañarse, lavar platos, enjuagar la ropa, etc.



7



8

Figura 7.
Modelo compacto del
abductor utilizado
en manos diferentes
(Fuente: autores).

Figura 8.
Modelo alargado del
abductor (Fuente:
autores).

5.2. Órtesis inmovilizadora de dedo

Las órtesis que inmovilizan las interfalángicas distal (IFD) y proximal (IFP) del dedo (Ver Figura 9) son indicadas en el tratamiento de fracturas, luxaciones, esguinces en los dedos y artritis reumatoides. Estas órtesis normalmente se elaboran utilizando materiales como yeso, gasa y velcros, aplicados de manera que cubren una gran área de la piel, impidiendo la ventilación y causando incomodidad en el paciente. Con en auxilio de la tecnología de impresión 3D siendo utilizada en ortopedia, se hace posible la fabricación de artefactos personalizados conforme cada paciente, mejorando el proceso de tratamiento, de manera rápida, económica y confortable.

Teniendo eso en mente, trabajamos en la elaboración de una órtesis que, además de los aspectos clínicos y funcionales de la inmovilización del dedo, debería tener una estética que se asemejara a una joya, potenciando la aceptación del producto para que el tratamiento pudiera tener mejores resultados. La idea es que, en lugar de ocultar la órtesis, ella pudiera ser mostrada como una joya en la mano de los usuarios.

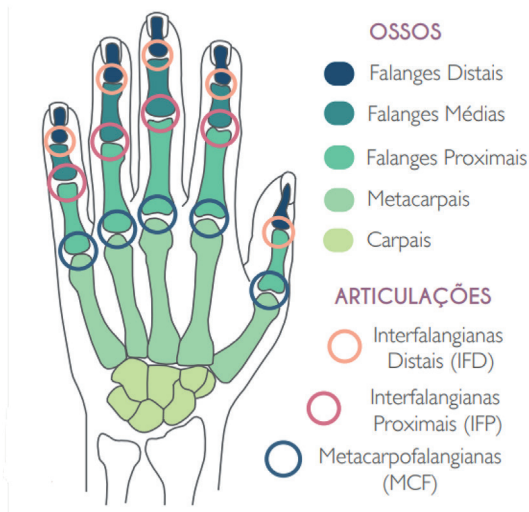


Figura 9. Huesos y articulaciones de la mano, destacando la posición de la Interfalángica Distal (DIF) y la Interfalángica Proximal (PIP), foco de este proyecto (Fuente: Ferrari, adaptado de Cooper, 2016⁵).

Se realizó una investigación para analizar los productos ya existentes en el mercado, destacando sus características, puntos positivos y negativos. A partir de ese análisis, destacamos algunos puntos: la cobertura de una gran área de la piel que impide la ventilación y la conformación de la pieza, lo que puede causar incomodidad en fracturas del dedo del paciente; simplicidad de la estructura; y la posibilidad de personalización para el usuario. Para desarrollar este proyecto, comenzamos por la creación de los conceptos a través de dibujos a mano, lo que nos permitió evaluar la estética de la órtesis. Entre los esbozos, se seleccionaron 3 modelos, los cuales pasaron a la etapa de confección de *mockups*. Realizando pruebas de uso, se han identificado aspectos como la funcionalidad y posibles puntos de tensión de la estructura.

Luego se pasó a la etapa de modelado digital. Para que esta órtese inmovilice la IFD e la IFP del dedo, es fundamental que su estructura esté cerca de la piel, lo que trae la necesidad de ajustar las dimensiones de la pieza de acuerdo el dedo de cada persona. Para eso, optamos por utilizar el plugin paramétrico Grasshopper, que modela a través de parámetros estructurados en manera de diagrama de flujo. Por lo tanto, solo se necesitan 3 medidas del usuario: la circunferencia de la punta del dedo, la longitud del dedo y la circunferencia de la interfalángica proximal (IFP).

Los primeros modelos presentaron limitaciones que dificultaron el proceso de ajuste de las dimensiones de la órtesis en el modelo paramétrico. El modelo final fue nombrado Voronoi (Ver Figura 10), debido a su estructura en patrón Voronoi, lo que facilitó el ajuste de las dimensiones del modelo final.

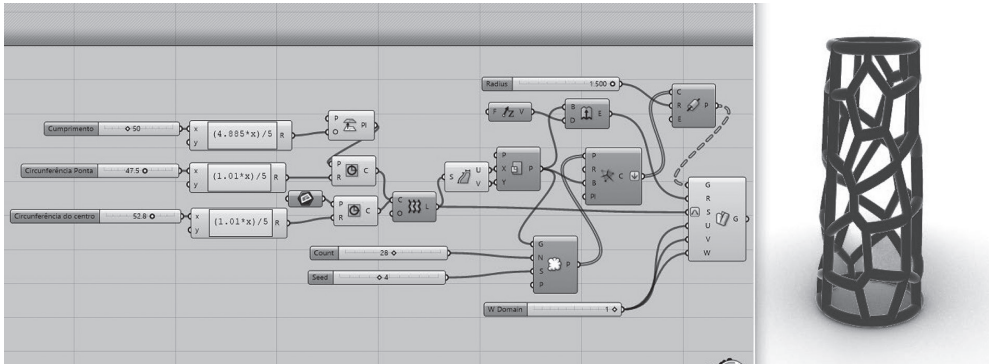


Figura 10. Modelado en Rhinoceros/Grasshopper y renderizado (Fuente: Autores).

Después de la conclusión de los virtuales, avanzamos a la fase de impresión 3D; la versión Voronoi fue producida con impresión en resina. El modelo (Ver Figura 11) se mostró muy resistente y fijo, con una estructura óptima; siendo necesario prestar atención solo a fallas en su estructura, que necesitan cambios en los parámetros para ser resuelto.

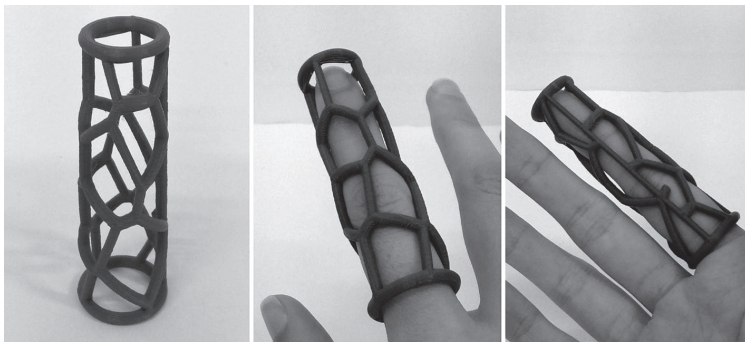


Figura 11. Modelos Voronoi impreso em filamento polimérico (Fuente: Autores).

Así pues, el modelo cumplió con el objetivo de ser configurado con las dimensiones de cada dedo del usuario, ser funcional en el sentido de permitir la inmovilización del dedo, y tener un aspecto visual que tiende a ser un objeto de adorno, una joya. Además, el patrón Voronoi se puede modificar en cada aplicación, lo que resalta aún más las posibilidades de personalización de la órtesis.

7. Conclusiones

Con respecto al objetivo principal de esta investigación, que es desarrollar modelos de órtesis para manos a través de la manufactura aditiva, teniendo en cuenta el concepto de design inclusivo, podemos considerar que se ha logrado. Los modelos generados de órtesis abductoras de pulgar e inmovilizadoras de dedo resultantes de la investigación presentan atributos estéticos, formales y funcionales que permiten la inclusión y adhesión de sus usuarios en actividades sociales y cotidianas.

La utilización de la fabricación aditiva en el área de la salud permite la personalización de elementos, haciendo que las soluciones sean adaptativas para cada usuario; es importante contar con modelos de órtesis que consideren no sólo su función práctica, sino también los aspectos estéticos y simbólicos, creando así una conexión más fuerte con su usuario.

En relación al abductor de pulgar, algunos cambios fueron significativos en su forma, observados principalmente en el modelo compacto, porque cuando se asemeja a un anillo, hace que su forma de uso y utilización sea comprendida por la mayoría de sus usuarios.

Para el proyecto de la órtesis inmovilizadora de dedo, de los tres modelos creados, el Voronoi fue el que mejor cumplió con los requisitos del proyecto. Sin embargo, es necesario que se produzca un perfeccionamiento de la programación paramétrica, de manera que los cambios en las dimensiones de las órtesis sean más fluidos y eficientes.

Reconocimiento

Este trabajo fue realizado con el apoyo del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq-Brasil), la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Paraíba (FAPESQ).

Notas

1. Disponible en: <https://www.magazineluiza.com.br/impressora-3d-anycubic-photon-mono/p/dfjhj3edc6/in/ipmf/>
2. Disponible en: <https://www.magazineluiza.com.br/impressora-3d-anycubic-photon-mono/p/dfjhj3edc6/in/ipmf/>
3. Disponible en: <https://acumen.sg/double-diamond-design-thinking/>.
4. Disponible en: <https://ifanatomia.wordpress.com/2012/06/20/musculo-abductor-curto-do-polegar/>.
5. Disponible em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/5648aa68-d9d6-4c19-95f1-b82df1eea45b/content>

Referencias bibliográficas

- Carvalho, J.A. (2006). Órteses: um recurso terapêutico complementar. In *Órteses: um recurso terapêutico complementar* (pp. ix-170).
- Gomes, D., & Quaresma, M. (2018). *Introdução ao design inclusivo*. Appris.
- Kunkel, M. E., Cano, A. P. D., Ganga, T. A. F., Artioli, B. O., & Juvenal, E. A. O. (2020). Manufatura aditiva do tipo FDM na Engenharia Biomédica. *Fundamentos e Tendências em Inovação Tecnológica*, 1, 50-69.
- Reis, R. F. L. (2021). *Fabrico aditivo* [Master's thesis INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DE ABRANTES]. Repositório Comum. <http://hdl.handle.net/10400.26/39177>.
- Ministério da Saúde. (2019). *Guia para Prescrição, Concessão, Adaptação e Manutenção de Órteses, Próteses e Meios Auxiliares de Locomoção* (1ª Edição). Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção Especializada à Saúde, Departamento de Atenção Especializada e Temática. Brasília, DF: Ministério da Saúde.
- Wagner, C. (2022, 26 de agosto). *Abductor de Polegar: o que é e como usar?* Mercur. <https://mercur.com.br/blog/abductor-de-polegar-o-que-e-e-como-usar/>.

Abstract: Additive manufacturing (AM) is a manufacturing process that allows the creation of parts with complex geometries, applied in various areas, including health. The objective of this work is to demonstrate the development of hand orthoses with inclusive design, through additive manufacturing. The method used was the Double Diamond, a visual representation of the stages of any design and innovation project, the model is divided into four different phases: Discover, Define, Unwrap and Deliver. The cases described here are projects of two hand orthoses, a thumb abductor and a finger immobilizer. The abductor pollicis has the function of keeping the finger in question positioned in abduction and opposition. Immobilizing finger orthoses are indicated for the treatment of fractures, dislocations, finger sprains and rheumatoid arthritis. The results obtained were satisfactory. The thumb abductor can be printed in a planned manner and modeled directly on the user's hand, adapting to its shape and dimensions. In the case of the finger immobilizer, the chosen model is parametric (it can change according to the parameters programmed in the computer), using measurements taken from the user to create the virtual model. Aspects such as the parameterization and the diversity of colors of the filaments also allow exploring the aesthetics and customization of solutions for end users, which also increases the ease of adoption of orthoses.

Keywords: Additive Manufacturing - Orthotics - Inclusive Design - Thumb abductor - Finger immobilizer

Resumo: A manufatura aditiva (AM) é um processo de fabricação que permite a criação de peças com geometrias complexas, aplicadas em diversas áreas, inclusive na saúde. Este

artigo tem como objetivo demonstrar o desenvolvimento de órteses de mão com design inclusivo, utilizando manufatura aditiva. O método utilizado foi o Double Diamond, uma representação visual das etapas de qualquer projeto de design e inovação, o modelo é dividido em quatro fases distintas: Descobrir, Definir, Desenvolver e Entregar. Os casos descritos aqui são projetos para duas órteses de mão, um abductor de polegar e um imobilizador de dedos. O abductor de polegar tem a função de manter o dedo em questão posicionado em abdução e oposição. As órteses imobilizadoras de dedos são indicadas para o tratamento de fraturas, luxações, entorses de dedos e artrite reumatoide. Os resultados obtidos foram satisfatórios. O abductor de polegar pode ser impresso de forma planejada e modelado diretamente na mão do usuário, adaptando-se ao seu formato e às suas dimensões. No caso do imobilizador de dedos, o modelo escolhido é paramétrico (pode mudar de acordo com os parâmetros programados no computador), utilizando medidas tomadas do usuário para fazer o modelo virtual. Aspectos como a parametrização e a diversidade de cores dos filamentos também permitem explorar a estética e a personalização das soluções para os usuários finais, o que também aumenta a facilidade de adoção das órteses.

Palavras-chave: Manufatura aditiva - Design inclusivo - Abductor de polegar - Imobilizador de dedos - Órteses
