



**Universidad
Indoamérica**

CARRERA DE DISEÑO GRÁFICO

DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO

**PARA EL DESARROLLO DE PROTOTIPOS 3D COMO SOLU-
CIÓN A PROBLEMAS ORTOPÉDICOS**

León Martínez Anahí Alejandra

Proyecto de Investigación

Autor

Leon Martinez Anahi Alejandra
alejandra_21_O3@hotmail.com

Equipo de Soporte:

Docente Tutor

Aguayza Mendieta Carlos Hernán
carlosaguayza@indoamerica.edu.ec

Docente Unidad de Integración Curricular

Amaluisa Rendón Paulina Magally
paulinaamaluisa@indoamerica.edu.ec

Agradecemos la apertura de las siguiente
institución por su aporte en este documento:
Unidad Educativa Indoamérica



FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE DISEÑO GRÁFICO

TEMA

**DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO PARA
EL DESARROLLO DE PROTOTIPOS 3D
COMO SOLUCIÓN A PROBLEMAS ORTOPÉDICOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Licenciada en
Diseño gráfico

Autora:

Anahí Alejandra León Martínez

Tutor:

Ing. Carlos Hernán Aguayza Mendieta.Msc.

AMBATO - ECUADOR
2024

AUTORIZACIÓN

del autor

Yo, Anahi Alejandra Leon Martinez, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre "DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO PARA EL DESARROLLO DE PROTOTIPOS 3D COMO SOLUCIÓN A PROBLEMAS ORTOPÉDICOS", como requisito para optar al grado de Diseño Gráfico y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI- UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.



ANAHI ALEJANDRA LEON MARTINEZ
CI 1803957966

DECLARACIÓN

de autenticidad

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente proyecto de integración curricular , como requerimiento previo para la obtención del Título de Licenciada en diseño gráfico , son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato 31 de Julio del 2024

A handwritten signature in blue ink that reads "Anahi Leon". The signature is fluid and cursive, with the first name "Anahi" and the last name "Leon" clearly distinguishable.

ANAHI ALEJANDRA LEON MARTINEZ
CI 1805376751

APROBACIÓN

de tutor

En mi calidad de Tutor del trabajo de integración curricular " DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO PARA EL DESARROLLO DE PROTOTIPOS 3D COMO SOLUCIÓN A PROBLEMAS ORTOPÉDICOS" presentado por Anahi Alejandra Leon Martinez para optar por el Título de Licenciada en Diseño Gráfico .

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato 31 de Julio del 2024

ING. CARLOS HERNÁN AGUAYZA MENDIETA MSC.
1803667227

CERTIFICACIÓN

de lectura

El Trabajo de integración curricular con el Tema: "DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO PARA EL DESARROLLO DE PROTOTIPOS 3D COMO SOLUCIÓN A PROBLEMAS ORTOPÉDICOS", se ha recibido y leído, lo cual se certifica para dar continuidad al proceso de Integración curricular.

Ambato , 31 de Julio del 2024

ING.WILLIAM ORTIZ CHIMBORAZO MSC.
1803526183

ARQ. CABRERA GOMEZ JUAN DANIEL
1803684438

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me han brindado su amor incondicional y apoyo constante en cada paso de mi vida. A mis hermanos, por estar siempre a mi lado, compartiendo alegrías y desafíos. Y, especialmente, a mi abuelita Mami Bacha, cuyo pilar firme y amoroso ha sido la base más sólida de mi existencia. Sin su sabiduría, cariño y fortaleza, este logro no habría sido posible. Con todo mi amor y gratitud.



AGRADECIMIENTO

A mis profesores, quienes han sido faros de conocimiento y sabiduría a lo largo de mi trayectoria universitaria. Su paciencia, dedicación y pasión por la enseñanza han sido fundamentales para mi desarrollo académico y personal.

A mis compañeros de la universidad, por su amistad, colaboración y el apoyo mutuo en cada desafío que hemos enfrentado juntos. Las experiencias compartidas y el trabajo en equipo han enriquecido enormemente mi experiencia universitaria.

A mi compañero de lágrimas, por tu apoyo incondicional y por ser mi motivación en cada paso de este camino.

RESUMEN

ejecutivo

Esta tesis investiga la aplicación de la impresión 3D en el diseño y fabricación de calzado ortopédico personalizado para pacientes con pie diabético, una condición que afecta la calidad de vida y la movilidad. El estudio comienza con una revisión de la literatura sobre el pie diabético, incluyendo sus causas, complicaciones y el impacto en la salud del paciente. Se exploran los beneficios de la tecnología de impresión 3D para crear calzado adaptado a las necesidades individuales, destacando cómo el escaneo y modelado 3D permiten diseñar prototipos precisos que se ajustan perfectamente a la morfología del pie.

En el desarrollo de la tesis sobre el diseño de calzado ortopédico personalizado para pacientes con pie diabético, se llevaron a cabo entrevistas con expertos en medicina ortopédica y tecnología de modelado 3D para obtener información detallada sobre las necesidades específicas del público objetivo y las mejores prácticas para el diseño de soluciones efectivas. Estas entrevistas proporcionaron una visión valiosa sobre los requisitos clínicos para el calzado ortopédico, incluyendo la necesidad de materiales que reduzcan la presión y el riesgo de lesiones en los pies diabéticos.

La tesis concluye que la impresión 3D ofrece una alternativa innovadora y efectiva para la fabricación de calzado ortopédico, mejorando la adaptación y el confort del calzado para pacientes con pie diabético.

PALABRAS CLAVE: Pie Diabético, Calzado Ortopedico, Modelado 3D.

ABSTRACT

This thesis investigates the application of 3D printing in the design and manufacture of customized orthopedic footwear for people with diabetic foot, a condition that affects patients' quality of life and mobility. The study begins with a review of the literature on diabetic foot, including its causes, complications and impact on patient health. It explores the benefits of 3D printing technology to create footwear tailored to individual needs, highlighting how 3D scanning and modeling allow the design of precise prototypes that perfectly fit the foot morphology.

In developing the thesis on the design of customized orthopedic footwear for people with diabetic foot, interviews were conducted with experts in orthopedic medicine and 3D modeling technology to obtain detailed information on the specific needs of the target audience and best practices for designing effective solutions. These interviews provided valuable insight into the clinical requirements for orthopedic footwear, including the need for materials that reduce pressure and risk of injury in diabetic feet.

The thesis concludes that 3D printing offers an innovative and effective alternative for the manufacture of orthopedic footwear, improving the fit and comfort of footwear for diabetic foot patients and, consequently, their quality of life.



KEYWORDS: Diabetic Foot, Orthopedic Footwear, 3D Modeling.

INDICE

de contenidos

AUTORIZACIÓN.....	2	CONCLUSIONES.....	48
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	3	CAPITULO IV 5O.....	55
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	4	PROPUESTA / PROYECTO DE DISEÑO.....	55
APROBACIÓN DE LECTORES.....	5	ANÁLISIS DEL CASO.....	55
DEDICATORIA.....	6	CONTEXTO CLÍNICO.....	56
AGRADECIMIENTO.....	7	PROPUESTA DE CALZADO ORTOPÉDICO PERSONALIZADO.....	56
RESUMEN.....	13	CARACTERÍSTICAS DEL CALZADO.....	57
ABSTRACT.....	15	BENEFICIOS ESPERADOS.....	57
CAPITULO I.....	21	METODOLOGÍA DE PRODUCTO.....	58
CONTEXTUALIZACION.....	22	IDEA.....	58
PROBLEMATICA.....	12	INVESTIGACIÓN.....	58
JUSTIFICACIÓN.....	23	DISEÑO.....	56
OBJETIVOS.....	26	RECURSOS PROTOTIPO.....	57
CAPITULO II.....	27	CONSTRUCCION DEL ESCANEADO.....	58
MARCO TEORICO.....	28	BIBLIOGRAFÍA.....	61
USABILIDAD.....	29	ANEXOS.....	61
INTERACCIÓN HUMANO-COMPUTADORA.....	31		
DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO.....	33		
MODELADO 3D.....	27		
IMPRESION 3D.....	30		
SALUD.....	32		
3O.....	34		
CUIDADO Y PREVENCIÓN.....	32		
TIPOS.....	32		
GRADOS DE RIESGO EN UN PIE DIABÉTICO.....	39		
ZAPATO TERAPÉUTICO CLASE A.....	39		
ZAPATO TERAPÉUTICO CLASE B.....	39		
ACTIVIDADES DE PREVENCIÓN SOBRE EL CALZADO.....	41		
ESTADO DEL ARTE.....	41		
CAPITULO III.....	42		
MARCO METODOLOGICO.....	42		
DISEÑO METODOLOGICO.....	43		
ENFOQUE CUALITATIVO.....	43		
MODALIDAD DE LA INVESTIGACION.....	43		
ENTREVISTAS.....	43		
CONCLUSIONES.....	48		

INDICE

de figuras

FIGURA 1 DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO.....	29
FIGURA 2 DÉFICIT DE IMPLEMENTACION DE LA TECNOLOGIA 3D EN LA PRODUCCION DE CALZADO.....	29
FIGURA 3 ZAPATOS CON SUELAS PARA DISMINUIR PRESIÓN EN ANTEPIÉ.....	30
FIGURA 4 HUELLA PLANTEAR.....	30
FIGURA 5 IMPRESORA 3D.....	32
FIGURA 6 TIPOS DE MATERIALES PARA IMPRESIONES EN 3D.....	33
FIGURA 7 ILUSTRACION PIE DIABETICO.....	34
FIGURA 8 FISIOPATOLOGÍA DEL MAL PERFORANTE PLANTAR NEUROPÁTICO CON EVOLUCIÓN HACIA UNA INFECCIÓN.....	35
FIGURA 9 PIE DIABETICO EN GRADO DE RIESGO 1.....	36
FIGURA 10 PIE DIABETICO EN GRADO DE RIESGO 2.....	36
FIGURA 11 PIE DIABETICO EN GRADO DE RIESGO 3.....	37
FIGURA 12 PREVENCIÓN PARA PIE DIABETICO.....	38
FIGURA 13 ZAPATOS ORTOPEDICOS.....	38
FIGURA 14 ZAPATOS CON SUELAS PARA DISMINUIR PRESIÓN EN ANTEPIÉ.....	41
FIGURA 15 CATEGORIZACIÓN DE VARIABLES.....	42
FIGURA 16 GEOMETRIZACIÓN.....	52
FIGURA 17 PALETA DE COLORES.....	52
FIGURA 18 TIPOGRAFÍA TITULAR.....	53
FIGURA 19 RETICULÁ.....	53
FIGURA 20 PREGUNTAS AL EXPERTO EN MODELADO 3D.....	53
FIGURA 21 FOTOS DEL PIE.....	54
FIGURA 22 FOTO DEL PIE CARA FRONTAL.....	54
FIGURA 23 FOTO DEL PIE LATERAL.....	54
FIGURA 24 FOTO DEL PIE CARA INTERNA.....	54
FIGURA 25 ESCANEADO COMPONENTES DE CONECTIVIDAD.....	55
FIGURA 26 ESCANEADO PUNTOS DE PASO.....	55
FIGURA 27 ESCANEADO MODELO 3D.....	55
FIGURA 28 ZONAS AFECTADAS.....	55
FIGURA 29 DEFORMACIONES.....	56
FIGURA 30 MALLA.....	56
FIGURA 31 TALLADO MANUAL.....	56
FIGURA 32 CINEMA 3D.....	56
FIGURA 33 MODELADO 3D PIE.....	56
FIGURA 34 BLOQUE DE PELIPTENO.....	56
FIGURA 35 TALLADO HORMA.....	56
FIGURA 36 HORMA PULIDA.....	56
FIGURA 37 PRESUPUESTO.....	57

INDICE

de tablas

TABLA 1	
Grados de riesgo del pie diabético.....	36
TABLA 2	
Criterios en los que se basa la elaboración de una ortesis mediante zapato ortopédico.....	38
TABLA 3	
Ficha con datos del paciente.....	50
TABLA 4	
Definición de Usuario	51
TABLA 5	
Análisis de tiempos para Metashape	54

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El diseño centrado en el usuario (DCU) es un enfoque esencial en el desarrollo de productos y servicios, especialmente en el ámbito de la salud. Este enfoque se basa en comprender las necesidades, limitaciones y preferencias de los usuarios finales para crear soluciones que sean efectivas y fáciles de usar (Garrett, 2011). En el contexto de la tecnología ortopédica, el DCU permite desarrollar dispositivos que no solo mejoran la calidad de vida de los pacientes, sino que también aumentan la adherencia al tratamiento. Preece, Rogers, & Sharp (2015) mencionan que al integrar principios de interacción humano-computadora (IHC) y usabilidad, los diseñadores pueden asegurar que los productos sean intuitivos y accesibles para todos los usuarios, incluidas las personas mayores con condiciones como el pie diabético.

La combinación de tecnologías avanzadas como el escaneado y modelado 3D con un enfoque centrado en el usuario y principios de IHC representa un avance significativo en el diseño de dispositivos ortopédicos. Al poner énfasis en la usabilidad y personalización, los desarrolladores pueden crear productos que realmente satisfagan las necesidades de los usuarios, mejorando

tanto su eficacia como su aceptación. Este enfoque no solo beneficia a los pacientes con pie diabético, sino que también puede aplicarse a una amplia gama de problemas ortopédicos, demostrando el potencial transformador de estas tecnologías en el cuidado de la salud (Marcus & Gould, 2000).

La tecnología de modelado y escaneado 3D ha revolucionado la forma en que se diseñan y fabrican dispositivos ortopédicos. Al utilizar escáneres 3D para capturar con precisión la morfología del pie de cada paciente, es posible crear modelos digitales detallados que pueden ser modificados para satisfacer necesidades específicas (Gibson, Rosen, & Stucker, 2015). Estos modelos se pueden utilizar para fabricar prototipos de calzado ortopédico personalizados mediante impresoras 3D, lo que permite una producción rápida y rentable. La capacidad de ajustar y probar estos prototipos antes de la fabricación final asegura un nivel de precisión y comodidad que no es posible con métodos tradicionales de fabricación.

El uso de calzado ortopédico personalizado es una medida preventiva eficaz para personas con pie

ofrecer datos en tiempo real sobre la salud del pie, alertando a los pacientes y profesionales de la salud sobre problemas potenciales antes de que se conviertan en serios. Este enfoque proactivo no solo mejora la salud del pie, sino que también reduce los costos de atención médica a largo plazo.

CONTEXTUALIZACIÓN

Los biomodelos o réplicas 3D son reproducciones físicas de órganos o áreas anatómicas específicas de un paciente. Según Haleem & Javaid (2018) gracias a la impresión 3D, es posible crear cualquier parte anatómica capturada en una prueba de imagen médica, a escala real, utilizando distintos materiales y logrando una precisión milimétrica, dependiendo de la calidad de la imagen y la tecnología empleada. Aunque se pueden obtener los datos de casi cualquier tipo de imagen médica convencional, las más comunes son la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética e incluso la ecografía.

La Biblioteca Nacional de Medicina de EE. UU. utiliza el prototipado rápido para generar modelos impresos a partir de datos clínicos, como escáneres de tomografía axial computarizada (TAC), que son de gran ayuda en cirugías y otros procedimientos médicos. En el campo de las prótesis, la impresión 3D ha revolucionado el acceso a dispositivos personalizados y económicos, ajustados a las necesidades específicas de cada usuario. Además, la bioimpresión 3D ha permitido avances significativos, como la creación de células hepáticas que sobreviven más de 40 días, inicialmente usadas para probar medicamentos, pero que abren la puerta a la impresión de órganos en un futuro cercano. Investigadores también han impreso tejidos cardíacos y células madre que podrían regenerar distintos tipos de tejidos humanos, y ya existen prototipos de cartilago que sugieren que en poco tiempo podremos reemplazar partes del cuerpo, desde una oreja hasta un corazón. Instituciones como el Instituto Wake Forest de Medicina Regenerativa ya están imprimiendo

estructuras de oreja, nariz y hueso, que luego pueden ser cubiertas con células para crear tejidos funcionales (Ortiz, 2019).

La diabetes es una enfermedad en constante aumento, según Paiva (2016), la cantidad de muertes por esta enfermedad, que era menor a un millón en el año 2000, alcanzó los 1,6 millones en 2016 a nivel mundial. Esto la convierte en una de las enfermedades con una tendencia de crecimiento global. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la diabetes conlleva síntomas y consecuencias, una de ellas es el pie diabético. Según la OMS, alrededor del 15% de los pacientes diabéticos desarrollará úlceras en las extremidades inferiores durante el curso de su enfermedad, y la mitad de estos pacientes con úlceras puede enfrentar la amputación de la extremidad.

En América Latina se llevó a cabo un estudio descriptivo y transversal que consistió en analizar la información de 11,357 pacientes hospitalizados en 135 centros de salud de diferentes niveles en 9 países latinoamericanos. El objetivo era determinar la prevalencia de diabetes mellitus, la tasa de pie diabético y parámetros relacionados. Se encontró que la prevalencia de diabetes mellitus durante la hospitalización fue del 18.6%, la tasa de pie diabético fue del 14.8% y la de pie diabético con lesiones clasificadas como Wagner ≥ 1 fue del 5.2%. El pie diabético fue la razón de hospitalización en el 3.7% de todos los pacientes internados y en el 20% de aquellos con diabetes mellitus. (Carro, Saurral, Salvador, & Witman, 2018).

En Ecuador, la prevalencia de Pie Diabético recogida en la encuesta nacional realizada por la UNICEF en el 2013, revela que la población de 10 a 59 años es de 2,7% destacándose un incremento a partir del tercer decenio de la vida, hasta alcanzar un valor de 10,3% en el quinto decenio. Sin embargo, a pesar de que se cuenta con una amplia gama de preparación y equipos de avanzada, se siguen reportando casos con pie diabético y de amputaciones que implican un alto costo económico, psicológico y social. Por otra parte, en Ecuador no existen antecedentes sobre investigaciones de pie Diabético

Según el SRI, en el Ecuador hay 3190 empresas de fabricación de calzado en actividad. La Superintendencia de Compañías indica que el sector manufacturero representó un 11% del PIB en 2022. La industria del calzado en específico no llega al 0,15% del PIB nacional. Al menos el 60% de esa producción está en Tungurahua, capital de la fabricación de calzado nacional.

PROBLEMÁTICA

En la actualidad existen varios problemas al momento de recetar zapatos ortopédicos ya que no solo se hace para tratar problemas físicos, sino también para mejorar la forma en que caminamos o para ayudar con problemas de apariencia. Según Frel (2016), los constantes avances en los tratamientos médicos y en las técnicas quirúrgicas han llevado a una disminución en la necesidad de ciertos tratamientos, como los requeridos para la poliomielitis o para el calzado infantil especializado. Al mismo tiempo, se han identificado nuevas necesidades, como es el caso del tratamiento del pie diabético.

Debido al incremento de esta patología, se ha tenido en cuenta la necesidad de los pacientes de adquirir un calzado adecuado, pero dicha necesidad muchas veces no es cubierta del todo por los pacientes, ya que las empresas que ofrecen este tipo de calzado son escasas. Su importancia es vital para la estratificación del riesgo de ulceración del pie y por tanto poder efectuar acciones de prevención específicas sobre estos pacientes, como pueden ser el uso de calzado ortopédico individualizado modificando puntos de presión o mediante corrección quirúrgica de algunas deformidades. Además, teniendo en cuenta que la población más afectada es de la tercera edad, la estratificación y seguimiento del PR, implica el estudio y prevención de otras enfermedades vasculares de la persona con diabetes, como las enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares. (Martínez, 2017).

JUSTIFICACIÓN

Mi investigación es necesaria porque aborda la creación de calzado ortopédico personalizado utilizando tecnología 3D, lo que permite responder de manera más precisa a las necesidades y preferencias de los pacientes con pie diabético. Al identificar y entender estas necesidades a través de entrevistas, podemos diseñar prototipos que no solo sean más efectivos, sino que también aseguren la aceptación de los pacientes. La capacidad de prototipado rápido facilita la incorporación de retroalimentación continua, mejorando la eficacia de los tratamientos ortopédicos.

El enfoque centrado en el usuario en el desarrollo de prototipos 3D para abordar problemas ortopédicos se basa en la necesidad de ofrecer tratamientos más personalizados y efectivos a los pacientes. Las prácticas convencionales en ortopedia a menudo no tienen en cuenta adecuadamente las diferencias individuales en la anatomía y las necesidades específicas de cada paciente, lo que puede resultar en una eficacia limitada y una menor satisfacción del paciente.

Al integrar tecnologías avanzadas de impresión 3D y un enfoque centrado en el usuario, es factible crear dispositivos ortopédicos que se ajusten con precisión a las características únicas de cada persona. Este proceso no solo mejora la comodidad y funcionalidad de los dispositivos, sino que también optimiza los resultados clínicos al abordar directamente las necesidades particulares de cada paciente.

La relevancia de este proyecto radica en su capacidad para ofrecer soluciones innovadoras a una condición que afecta a millones de personas en todo el mundo: el pie diabético. Al integrar la tecnología de modelado 3D con el diseño de calzado ortopédico, se abre la posibilidad de crear productos altamente personalizados que no solo mejoran la comodidad, sino que también previenen complicaciones graves como úlceras o infecciones. Este enfoque combina lo mejor de la tecnología y el cuidado médico, ofreciendo un

diseño, lo que se traduce en una mayor efectividad y confort, haciendo del calzado ortopédico una herramienta preventiva y de tratamiento.

Este proyecto es pertinente porque aborda una necesidad creciente en el ámbito de la salud y la tecnología, enfocándose en una población vulnerable como las personas mayores con pie diabético. Al integrar el modelado 3D en el diseño de calzado ortopédico personalizado, se ofrece una solución efectiva y ajustada a las características individuales de cada paciente, mejorando su calidad de vida y previniendo complicaciones graves. Además, este enfoque contribuye al avance tecnológico en el sector de la salud, optimizando recursos y tiempos sin sacrificar la calidad, lo que resulta en un impacto positivo tanto en la atención médica como en el bienestar de los usuarios.

Este trabajo está dirigido principalmente a personas mayores que padecen pie diabético, brindándoles un calzado ortopédico personalizado que se adapta a sus necesidades específicas, ayudando a prevenir complicaciones graves como úlceras o infecciones. También tiene un impacto positivo en los profesionales de la salud, como podólogos y ortopedistas, al proporcionarles una herramienta más precisa para el cuidado de sus pacientes. A su vez, favorece a la industria del calzado ortopédico, al introducir un enfoque innovador que optimiza procesos mediante el uso de tecnologías avanzadas como el escaneo y modelado 3D.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Analizar el diseño centrado en el usuario para el desarrollo de prototipos 3D como solución a problemas ortopédicos

Objetivos específicos:

- Investigar las necesidades y preferencias de los pacientes con problemas ortopédicos, asegurando que el diseño de los prototipos 3D se ajuste a sus requerimientos específicos.
- Identificar múltiples tecnologías 3D, que aporten a soluciones con problemas ortopédicos.
- Realizar levantamiento de información sobre las necesidades de las personas con problemas ortopédicos como entrevistas

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Usabilidad

En español, el término “usabilidad” significa que los objetos están diseñados para ser utilizados de manera efectiva, pero en inglés abarca tanto la facilidad de uso como la funcionalidad. La usabilidad se centra en cómo el diseño de un objeto facilita o dificulta su manipulación, tomando en cuenta las necesidades y habilidades del usuario final. Implica diseñar sistemas o herramientas pensando en su audiencia potencial, estructurando el diseño y el contenido para cumplir con los objetivos para los que fueron creados. Esto asegura que el producto sea intuitivo, eficiente y satisfactorio, permitiendo que los usuarios logren sus objetivos de manera efectiva y positiva (Moracho, 2007).

Interacción Humano-Computadora

El diseño de sistemas computarizados interactivos enfrenta el desafío de adaptarse a la amplia variedad de habilidades, edades, conocimientos, necesidades, preferencias, prioridades, motivaciones, personalidades, niveles de participación y estilos de trabajo de los usuarios. En la Interacción Humano-Computadora (IHC), es esencial comprender las características físicas, intelectuales y las personalidades de los usuarios para crear sistemas que sean accesibles, intuitivos y efectivos para todos (Narciso & Rodriguez, n.d).

Diseño Centrado en el Usuario

El diseño centrado en el usuario es un enfoque de diseño que prioriza las necesidades, deseos y limitaciones de los usuarios finales en cada etapa del proceso de desarrollo de un sistema interactivo. Gea & Gutiérrez (n.d.) mencionan que este enfoque se basa en un profundo conocimiento del usuario, lo que incluye su contexto, habilidades, y objetivos, para crear interfaces que sean intuitivas y efectivas. El diseño centrado en el usuario implica la participación activa de los usuarios en el proceso de diseño, utilizando técnicas como la etnografía, el modelado de usuarios y el análisis de tareas. El

objetivo es facilitar la interacción entre el usuario y el producto, asegurando que las soluciones diseñadas sean accesibles, usables y satisfactorias para el usuario final.

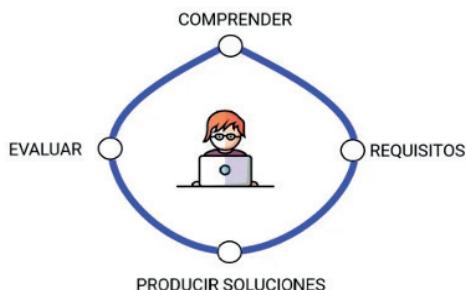
El concepto de diseño centrado en el usuario se originó en el laboratorio de investigación de Donald A. Norman en la Universidad de California, San Diego (UCSD) mencionan que su difusión masiva comenzó con la publicación del libro “User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction” y se consolidó posteriormente con la obra de Norman “The Design of Everyday Things”, cuyo título original era “The Psychology of Everyday Things”. Este libro se ha establecido como un pilar fundamental en el ámbito del diseño centrado en el usuario (DCU) y en disciplinas relacionadas, como la interacción persona-ordenador, el diseño y la experiencia de usuario (Norman, 2002).

El diseño centrado en el usuario (**DCU**) es una metodología que, como su nombre sugiere, coloca al usuario en el centro del proceso de diseño de productos y aplicaciones. Esta aproximación se fundamenta en la filosofía de que, para asegurar el éxito de un producto, es esencial considerar al usuario en todas las etapas del diseño. El DCU no solo se entiende como una filosofía, sino también como una metodología de desarrollo que organiza la planificación de proyectos e incluye una variedad de métodos aplicables en cada una de las fases clave. Además de ser una filosofía y metodología, el DCU implica una serie de prácticas específicas como la investigación de usuarios, que busca comprender las necesidades y comportamientos de los usuarios finales. Esto incluye la creación de personas, o perfiles representativos de usuarios, que ayudan a los diseñadores a mantener un enfoque claro en el usuario durante todo el proceso. También se emplea el diseño de experiencias de usuario (UX), que se centra en mejorar la satisfacción del usuario mediante la mejora de la usabilidad, la accesibilidad y la interacción general con el producto (Domingo & Pera, 2010).

Entre las **técnicas** más reconocidas y empleadas se encuentran las evaluaciones heurísticas, las pruebas con usuarios utilizando el método “thinking aloud”, el

agrupamiento de tarjetas y diversas formas de prototipado. Lo que todas estas técnicas comparten es su enfoque, no en la tecnología o en las características del producto, sino en los usuarios que lo utilizarán. En este tipo de experiencias participan diversos actores que influyen en la usabilidad del producto final y son impactados por ella. Los principales actores incluyen las empresas de desarrollo, los usuarios de las aplicaciones y los expertos en usabilidad. (Sánchez Sánchez, Gil Iranzo, & Oliva Solé, 2010).

Figura 1.
Diseño Centrado en el Usuario



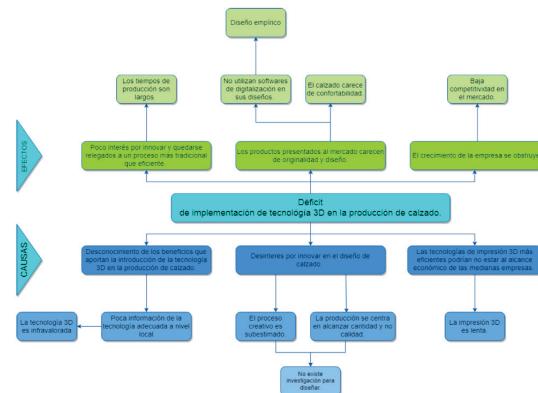
El Diseño Centrado en el Usuario (DCU) promueve la **iteración** constante y el uso de pruebas de usabilidad para obtener retroalimentación directa de los usuarios. Aksentijev (2024) nos plantea que lo que permite perfeccionar y mejorar continuamente el producto se basa en esta metodología la cual asegura que cada fase del diseño, desde la concepción hasta el lanzamiento, esté alineada con las expectativas y necesidades del usuario, resultando en productos que no solo cumplen con los objetivos funcionales, sino que también proporcionan una experiencia de usuario óptima. La interacción persona-producto es crucial, ya que la interfaz permite la comunicación mutua de información, datos e intuiciones, facilitando nuevas maneras de entender y utilizar el producto.

Muchos de los **métodos** del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) tienen sus raíces en diversas disciplinas,

tales como la antropología, la psicología, el marketing y los estudios de mercado, aunque son aplicados de manera específica dentro del marco del DCU. Estos métodos tienen como objetivo recopilar información detallada sobre los usuarios de un producto, incluyendo sus características demográficas, contextos de uso, percepciones sobre el producto y sus funcionalidades, así como sus patrones de uso actuales o potenciales del producto diseñado.

Las características específicas de cada proyecto son las que determinan qué métodos se implementarán, así como los objetivos y el orden en el que se aplicarán. El DCU se suele presentar como un conjunto de herramientas, donde cada herramienta representa una técnica distinta. Según la información que se necesita obtener, y considerando el tiempo y los recursos disponibles, se seleccionará la técnica más adecuada para recabar los datos pertinentes (Domingo & Pera, 2010).

Figura 2.
Déficit de implementación de la tecnología 3D en la producción de calzado

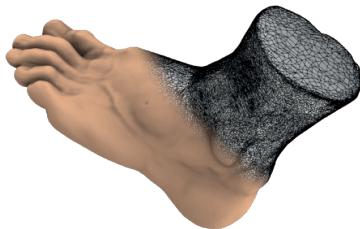


La visualización tridimensional facilita la comprensión de las imágenes y datos obtenidos mediante instrumentos de medición y observación, así como en simulaciones numéricas de fenómenos físicos. El ámbito de las prótesis es probablemente uno de los que más impacto tiene en

la población general, ya que la impresión 3D permite crear prótesis mucho más económicas y adaptadas perfectamente a las necesidades y características del usuario (Ortiz Gil, 2019).

Figura 3.

Prototipo escaner pie



la población general, ya que la impresión 3D permite crear prótesis mucho más económicas y adaptadas perfectamente a las necesidades y características del usuario (Ortiz Gil, 2019).

Las herramientas especializadas para el **diseño 3D** ofrecen un control avanzado sobre la geometría a través del modelado paramétrico, permitiendo la creación de curvas de enlace para definir el volumen y disponiendo de módulos específicos para el escalado 3D. En cuanto a las herramientas CAM, estas incluyen funcionalidades para definir trayectorias de mecanizado como desbaste, afinado, afinado por niveles, radial, espiral y acabados. Además, cuentan con un gestor que permite configurar máquinas, controles, herramientas, ejes de giro y el modo de trabajo deseado, facilitando al usuario la realización de todas las operaciones necesarias para la correcta fabricación del prototipo o molde (Fundación OPTIVT sector calzado, 2010).

Los datos tridimensionales y las mediciones del pie se utilizan para analizar su forma y estructura con diversos objetivos: realizar investigaciones, diseñar hormas o seleccionar el calzado que mejor se ajuste a cada persona (Tipan Guaman, 2017).

Figura 4.

Huella Plantear



Según Sebastián (2005) El **escáner** Láser utilizado alcanza una precisión máxima de 8 micras, lo cual representa un nivel de precisión significativamente superior al del dibujo manual tradicional, e incluso superior al que pueden ofrecer trazadores (plotters) e impresoras convencionales. Por lo tanto, se esperaba obtener información de alta calidad al utilizar un escáner 3D. Además, el dispositivo utilizado permite capturar fotografías a color para generar un modelo virtual con la coloración real de la pieza. De este modo, los detalles en la variación de color se registran con precisión en su ubicación exacta.

Modelado 3D

En la actualidad, la tecnología de modelado 3D ha transformado numerosos campos, incluida la medicina y el diseño de dispositivos ortopédicos. Esta tecnología permite la creación de modelos tridimensionales precisos a partir de escaneos digitales, facilitando la personalización de productos médicos como el calzado ortopédico. En el contexto del pie diabético, el modelado 3D ofrece la ventaja de diseñar calzado a medida que se ajusta perfectamente a la morfología del pie del paciente, optimizando el confort y reduciendo el riesgo de lesiones. El uso de impresoras 3D para fabricar estos diseños permite la producción rápida y económica de prototipos y dispositivos personalizados, que pueden adaptarse a las necesidades específicas de cada individuo. Este enfoque no solo mejora la eficacia del tratamiento, sino que también contribuye a una mejor calidad de vida para las personas con condiciones como el pie diabético. Impresión 3D (Gao, Zhang, & Sun, 2020).

En el mundo del modelado 3D, manejamos diferentes tipos de mallas que nos ayudan a construir y trabajar con objetos tridimensionales.

- La **malla poligonal** es una de las más comunes y está formada por polígonos, como triángulos o cuadrados, que se unen para formar la superficie del modelo. Su simplicidad y flexibilidad la hacen muy popular en la creación de modelos 3D (Zwolf, 2020).
- Las **mallas de alta resolución** (high poly) contienen una gran cantidad de polígonos, permitiendo detalles extremadamente finos y precisos, ideales para animaciones y efectos visuales en películas. Sin embargo, su complejidad puede requerir más recursos para procesar y renderizar (Petry, 2016).
- Las **mallas de baja resolución** (low poly) tienen menos polígonos y son más ligeras, lo que las hace perfectas para videojuegos y aplicaciones que necesitan eficiencia en tiempo real, aunque con menos detalle visual (Brown, 2018).
- Las **mallas subdivididas** comienzan como mallas de baja resolución que se dividen en polígonos más pequeños para mejorar el detalle y la suavidad sin necesidad de usar una malla de alta resolución desde el principio (Weaver, 2015).

En el ámbito del escaneo y modelado 3D, existen diversos formatos de exportación que facilitan la transferencia y el uso de modelos en diferentes aplicaciones. Estos formatos varían en función de sus capacidades y compatibilidad con diversos software y hardware.

- **STL** (Stereolithography): Este formato es uno de los más comunes en el modelado 3D y la impresión 3D. Los archivos STL almacenan la información de la geometría del modelo en forma de una serie de triángulos, lo que lo hace ideal para la impresión 3D y la prototipación rápida. Su simplicidad lo convierte en un estándar ampliamente aceptado, aunque no incluye información sobre colores o texturas (Sculpteo, 2022)

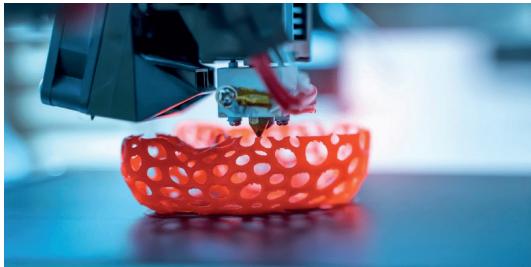
- **OBJ** (Wavefront Object): El formato OBJ es muy popular debido a su capacidad para almacenar tanto la geometría como las texturas y colores de un modelo 3D. Esto lo hace adecuado para aplicaciones que requieren un alto nivel de detalle visual, como en la creación de gráficos para videojuegos y películas. OBJ es compatible con muchos programas de modelado 3D y renderizado (Autodesk, Autodesk FBX [Software], 2020).
- **FBX** (Filmbox): Desarrollado por Autodesk, el formato FBX es conocido por su capacidad para manejar datos complejos, incluyendo animaciones, materiales y texturas. Esto lo hace muy útil en la industria de la animación y los videojuegos, donde se necesita un formato que soporte no solo la geometría, sino también las características dinámicas del modelo (Autodesk, Autodesk FBX [Software], 2021)
- **PLY** (Polygon File Format): El formato PLY es utilizado principalmente para almacenar datos de nubes de puntos y mallas poligonales, y es especialmente útil en aplicaciones de escaneo 3D. Este formato puede incluir información adicional como colores y propiedades de superficie, lo que lo hace versátil para la investigación y análisis (Johnson, 2019).
- **3DS** (3D Studio): Este formato, creado por Autodesk para su software 3D Studio, es conocido por su capacidad para almacenar modelos 3D junto con información sobre texturas, luces y animaciones. Aunque ha sido en parte reemplazado por formatos más modernos, todavía se usa en aplicaciones que requieren compatibilidad con software más antiguo (Autodesk, Autodesk FBX [Software], 2020).

La impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva, consiste en crear objetos capa por capa utilizando materiales como filamentos de plástico, resinas o polvos metálicos. Para esto, se usa una fuente de energía como un láser o una extrusora a temperatura. Las capas se solidifican, transformando el material de casi

líquido a sólido para formar la pieza final. Las ventajas de la impresión 3D incluyen la libertad de diseño, aplicaciones en muchos sectores, precisión, velocidad y la capacidad de reducir costos y peso en las piezas. Sin embargo, es importante saber que no se puede imprimir un calzado con diferentes materiales usando esta tecnología. No se puede imprimir cuero ni suelas. El resultado será un producto hecho de un solo material. Si se necesita una muestra que combine todos los materiales originales, hay que usar el método tradicional de fabricación. La impresión 3D puede servir para verificar formas y diseños, pero para un calzado de cuero, se debe hacer una muestra con técnicas tradicionales (Medina Matteazzi, 2021).

Figura 5.

Impresora 3D



La impresión 3D es una **tecnología** que permite crear objetos tridimensionales añadiendo capas de material una sobre otra. Estas impresoras suelen ser más rápidas, económicas y sencillas de usar en comparación con otras tecnologías similares. Sin embargo, como en cualquier proceso industrial, hay que balancear el costo de la impresora y la precisión de los objetos que produce. Las impresoras 3D permiten a los desarrolladores fabricar piezas y ensamblajes con distintos materiales y propiedades, a menudo con un ensamblaje muy simple. Las tecnologías avanzadas de impresión 3D incluso pueden crear modelos que sirven como prototipos de productos, facilitando el desarrollo y la innovación en múltiples campos (Alborés, 2013).

Desde 2003, la venta de impresoras 3D ha crecido significativamente, mientras que sus costos han

disminuido. Estas impresoras no pueden usar cualquier material, pero hay una **amplia variedad** disponible, como materiales transparentes, de colores, opacos, flexibles, rígidos, y aquellos que resisten altas temperaturas. Estos materiales no solo cumplen con las necesidades visuales y táctiles, sino que también son lo suficientemente resistentes para los prototipos. El diseño de nuestro producto determinará qué material debemos utilizar. En el caso de una suela para calzado, se requiere un material flexible que pueda simular el caucho (Sherman, 2004).

El **filamento** flexible es un tipo de plástico al que se le agrega un agente químico llamado plastificante. Esto aumenta su flexibilidad, reduce la temperatura de fusión y disminuye la viscosidad, permitiendo que las impresoras 3D lo fundan y le den la forma deseada. El resultado final es una pieza consistente cuya característica principal es su flexibilidad, una cualidad que no tienen otros materiales como el PLA o el plástico ABS en su forma pura (Quecartucho, 2013).

Los materiales compatibles con las impresoras 3D son variados. Mejía Flores (2016) menciona que se clasifican en los siguientes grupos:

· **ABS** Este material termoplástico está compuesto de acrilonitrilo, butadieno y estireno. El acrilonitrilo le da dureza a altas temperaturas, el butadieno proporciona firmeza a bajas temperaturas y protección contra impactos. Es soluble en acetona y tiene una densidad de 1.05 g/cm³. El cabezal de impresión debe estar entre 230 y 245°C, y la bandeja necesita una temperatura de 110°C.

· **PLA** Un termoplástico biodegradable de origen natural, compuesto de ácido poliláctico derivado del almidón de maíz, raíces de tapioca y caña de azúcar. Las piezas son más duras que las de ABS y vienen en una mayor gama de colores. Se imprime a temperaturas bajas, entre 190 y 200°C, con una densidad de 1.3 g/cm³.

· **NinjaFlex** Este elastómero termoplástico permite imprimir piezas con gran flexibilidad, consistencia y dureza. El cabezal de impresión trabaja a 215°C.

Nylon Es un material muy pegajoso que absorbe mucha humedad y necesita ser secado en un horno antes de usarse. Tiende a encogerse y no se adhiere bien a materiales como aluminio y vidrio. Sin embargo, ofrece un buen acabado, baja viscosidad y es resistente a altas temperaturas.

Laywood-D3 Una mezcla de polímero y polvo de madera, que se asemeja a la madera real. Se imprime a temperaturas entre 190 y 200°C, similar al PLA. Al variar la temperatura, cambia el color y el tono del objeto impreso.

HIPS Poliestireno usado generalmente en combinación con ABS para crear piezas con huecos, utilizando HIPS como material de soporte. Es soluble en D-Limonene y no se ve afectado por la acetona. Su densidad es de 1.04 g/cm³.

PET Conocido por su gran capacidad de cristalización, dureza y resistencia a impactos, tiene una densidad de 1.45 g/cm³ y es comúnmente utilizado en la industria de embotellado.

PVA Este plástico biodegradable es usado en impresoras con múltiples cabezales y se procesa a aproximadamente 180°C. Su desventaja principal es su alta absorción de agua y humedad.

Laybrick Una mezcla de yeso y plástico que permite imprimir piezas con texturas lisas o rugosas, similares a la piedra.

Flexible PLA Un filamento gomoso para imprimir objetos flexibles. Requiere una velocidad de impresión más baja para evitar fallas y es resistente a solventes orgánicos como la acetona. Se usa comúnmente para imprimir calzado y ruedas.

HDPE Un tipo de polietileno resistente a pegamentos y solventes, no biodegradable y compacto. Se imprime a una temperatura de 225°C.

Figura 6.
Tipos de materiales para impresiones en 3D



SALUD

La salud es un concepto integral que abarca el bienestar físico, mental y social de una persona, no solo la ausencia de enfermedades. Según la Organización Mundial de la Salud OMS (1948), la salud se define como un estado completo de bienestar físico, mental y social, y no solo la ausencia de afecciones o enfermedades. Este enfoque holístico implica mantener un equilibrio en varias dimensiones: la salud física se refiere al buen funcionamiento del cuerpo, la salud mental al bienestar emocional y psicológico, y la salud social a la capacidad de interactuar positivamente con los demás. Además, incluye la salud preventiva y ambiental, que se relacionan con prácticas para evitar enfermedades y el impacto del entorno en la salud, respectivamente.

Cuidado y prevención

Entre las enfermedades más comunes en los adultos mayores se encuentran la hipertensión, la diabetes y la artritis, que pueden afectar significativamente su calidad de vida. En particular, el pie diabético es una complicación seria de la diabetes mellitus, que afecta a un porcentaje significativo de personas mayores. Esta condición se caracteriza por infecciones, úlceras y otras lesiones en los pies, resultantes de una combinación de

neuropatía diabética, que reduce la sensibilidad en los pies, y problemas circulatorios. La falta de sensibilidad puede llevar a que pequeñas heridas pasen desapercibidas, aumentando el riesgo de infecciones graves y amputaciones. Según la American Diabetes Association, el manejo adecuado del pie diabético incluye un control riguroso de los niveles de glucosa, inspecciones diarias de los pies, y el uso de calzado especializado para prevenir y tratar estas complicaciones (Association, 2021).

El pie diabético es una complicación grave de la diabetes que puede llevar a úlceras, infecciones e incluso amputaciones si no se maneja adecuadamente. Se produce debido a daños en los nervios y vasos sanguíneos como resultado de niveles elevados de azúcar en la sangre durante períodos prolongados. El cuidado adecuado de los pies, que incluye el uso de calzado adecuado, la inspección regular de los pies, el control de la glucosa en sangre y el seguimiento médico regular, es fundamental para prevenir complicaciones en personas con diabetes. La educación sobre el cuidado de los pies y la conciencia de los signos de alerta también son importantes para reducir el riesgo de desarrollar problemas en los pies (Paiva, 2016).

El seguimiento regular por parte de un equipo médico capacitado, el uso de calzado adecuado y la educación intensiva pueden ayudar a reducir las complicaciones y la mortalidad asociadas con el pie diabético. De hecho Neyra-Arisméndiz (2012), ha informado que más del 80% de los pacientes diabéticos con lesiones en los pies también presentan neuropatía. Una forma sencilla de evaluar la neuropatía es mediante la prueba del reflejo del tendón de Aquiles, que se ha identificado como un factor de riesgo independiente para úlceras en los pies. La lesión más común en el pie diabético se produce debido a una presión excesiva y repetitiva que no se percibe, y las deformidades como los dedos en martillo y la articulación de Charcot aumentan la presión en áreas locales.

El **pie diabético**, según el International Working Group on the Diabetic Foot, se define como la presencia de ulceraciones, infecciones y/o gangrena en el pie, relacionadas con alteraciones neurológicas y niveles elevados de glucosa en la sangre. Esta condición afecta al 7,5% de la población mundial, disminuye la calidad de vida del paciente y representa un importante costo económico en su tratamiento. Para prevenirlo, es crucial considerar la teoría de enfermería de Dorothea Elizabeth Orem, que destaca la capacidad del paciente para el autocuidado. (Lucero, 2024).

Figura 7.
Ilustración Pie diabético

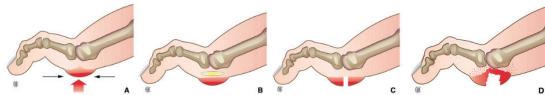


El pie diabético constituye un significativo **problema de salud pública**. Las tasas de amputaciones de extremidades inferiores siguen siendo elevadas, incluso en países con altos niveles socioeconómicos. Las complicaciones podológicas de la diabetes están principalmente relacionadas con la neuropatía diabética, la arteriopatía diabética y la infección de ulceraciones en el pie. El tratamiento del pie diabético requiere un equipo multidisciplinario, integrado en una unidad especializada dentro de los servicios de diabetología. Este equipo se encarga de abordar los diversos problemas que presentan las heridas, incluyendo el diagnóstico precoz de la gravedad con hospitalización si es necesario, la evaluación etiológica, la optimización de la descarga, la posible revascularización, el tratamiento médico o quirúrgico adecuado para infecciones de tejidos blandos

o huesos, la optimización del control de la diabetes, los cuidados locales, la prevención de recidivas y el seguimiento a largo plazo. (G. Ha Van, 2019).

Figura 8.

Fisiopatología del mal perforante plantar neuropático con evolución hacia una infección.



El **análisis** baropodométrico, la observación detallada y la orientación sobre el uso de calzado adecuado son cruciales para el cuidado continuo de los pies del paciente. El mantenimiento regular, las plantillas ortopédicas personalizadas y reevaluadas periódicamente, junto con otros dispositivos ortopédicos, son herramientas fundamentales para el podólogo en la prevención y tratamiento de heridas. La confianza entre los profesionales de la salud es vital para que el paciente acepte las complicaciones de una enfermedad crónica. Con una buena coordinación del equipo médico, la amputación no tiene por qué ser el destino inevitable para estos pacientes. (Gonggryp, 2022).

Grados de Riesgo en un Pie Diabético

Grado 0: Riesgo Bajo

En esta etapa inicial, el paciente es atendido principalmente por su médico de cabecera y no necesita intervención de un endocrinólogo. Las indicaciones incluyen:

- Integración en un programa de educación y prevención tras la confirmación de diabetes por niveles de glucosa en sangre
- Vigilancia constante de extremidades para detectar complicaciones tempranas
- Comprensión profunda de la enfermedad y sus riesgos

- Protocolo dietético para reducir el exceso de azúcar
- Promover hábitos saludables
- Fomentar cambios en el estilo de vida para prevenir el avance de la enfermedad.

Grado 1: Riesgo Moderado

El Grado 1 implica la aparición de neuropatía y un riesgo moderado para el paciente, que puede necesitar atención de un podólogo, médico de cabecera y especialista. El podólogo valida la neuropatía, mide el avance y posibles lesiones, y desarrolla planes de tratamiento el cual llevara a un seguimiento que incluye:

- Evaluaciones de sensibilidad y circulación
- Recomendaciones de calzado y consejos de cuidado diario.
- La coordinación entre los profesionales de salud y la educación del paciente son cruciales para una atención efectiva.

Figura 9.

Pie diabético en grado de riesgo 1.



Grado 2: Riesgo Alto y Derivación

Los pacientes con alto riesgo de ulceraciones en los pies, debido a neuropatía, arteriopatía y deformidades, necesitan atención de un equipo multidisciplinar. La educación sobre el autocuidado y la prevención de complicaciones es crucial.

- La vigilancia médica se intensifica, con evaluaciones regulares para detectar complicaciones tempranas como cambios en la coloración de la piel, pérdida de sensibilidad y problemas circulatorios.
- El equipo desarrolla un plan de tratamiento personalizado que puede incluir calzado ortopédico especial, plantillas personalizadas, terapias para mejorar la circulación y cuidados específicos para prevenir lesiones.

La educación del paciente es fundamental, enfocándose en:

- El autocuidado diario
- La inspección regular de los pies
- El reconocimiento temprano de signos de deterioro.

También se implementan medidas preventivas adicionales, como:

- Modificar actividades diarias para reducir la presión en los pies
- Adaptar el entorno doméstico para minimizar riesgos
- Seguir una dieta saludable para controlar los niveles de azúcar en la sangre.

Figura 10.

Pie diabético en grado de riesgo 2.



Grado 3: Riesgo Muy Alto

Los pacientes de Grado 3, con alto riesgo de úlceras graves y antecedentes de amputaciones, son atendidos por un equipo multidisciplinar en hospitales. Este equipo brinda cuidados intensivos de heridas, tratamientos para la circulación, control de infecciones, dispositivos ortopédicos personalizados y educación sobre el cuidado de extremidades.

Figura 11.

Pie diabético en grado de riesgo 3.



En su investigación Ha Van (2019) realiza una tabla que explica una clasificación de la infección en cuatro etapas, la primera de las cuales es la ausencia de infección

Tabla 1.

Grados de riesgo del pie diabético.

GRADO 0	Sin presencia de síntomas ni signos de infección.
GRADO 1	Daño limitado a la piel (sin afectar el tejido subcutáneo ni causar efectos sistémicos) con al menos dos de los siguientes signos: <ul style="list-style-type: none">· Eritema perilesional de 0.5-2 cm· Calor local

	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilidad o dolor en la zona afectada Hinchazón local o induración Secreción purulenta (espesa, de color opaco a blanquecino o sanguinolento) <p>Es importante descartar otras causas de reacción inflamatoria en la piel, como traumatismo, gota, pie de Charcot agudo, fractura, trombosis o estasis venosa.</p>
GRADO 2	<p>Eritema de más de 2 cm acompañado de al menos uno de los elementos mencionados anteriormente, o infección que afecta estructuras más profundas que la piel y el tejido subcutáneo (como absceso profundo, linfangitis, osteítis, artritis séptica o fascitis), sin presentar signos sistémicos.</p>
GRADO 3	<p>Independientemente de la infección local, si se presentan signos sistémicos que incluyen al menos dos de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura corporal > 38 °C o < 36 °C Frecuencia cardíaca > 90 latidos por minuto Ritmo respiratorio > 20 respiraciones por minuto PaCO₂ < 32 mmHg (presión parcial arterial de dióxido de carbono) Recuento de leucocitos > 12,000 o < 4,000 por milímetro cúbico Presencia del 10% de formas leucocíticas inmaduras

Existen cinco elementos clave para prevenir las úlceras en el pie diabético: identificar el pie en riesgo; realizar inspecciones y exámenes regulares de estos pies; educar al paciente, su familia y los proveedores de atención médica; usar calzado adecuado; y tratar los signos preulcerativos (Bus SA, 2016).

Figura 12.
Prevención para Pie Diabético .



Examen físico

El examen físico del pie incluye evaluación dermatológica, músculo-esquelética, neurológica, vascular y del calzado. Posteriormente, se debe categorizar a cada paciente según su riesgo para guiar el manejo preventivo adecuado.

Educación al paciente

Si importar la categoría de riesgo del paciente, existen recomendaciones básicas que deben ser proporcionadas a todos los pacientes diabéticos para el cuidado de sus pies.

Intervención con fines preventivos

Para prevenir lesiones en pies sin úlceras, además de las recomendaciones generales para el cuidado de los pies, es importante sugerir calzado o plantillas específicas según el riesgo de ulceración y las alteraciones estructurales presentes. Estos se denominan dispositivos terapéuticos. (Ministerio de Salud, Chile, 2013).

El uso de zapatos ortopédicos se recomienda para pacientes cuyos pies muestran deficiencias anatómicas o funcionales debido a problemas óseos, articulares, musculares o neurológicos que no pueden ser corregidos con calzado convencional. Estos zapatos son prescritos frecuentemente por médicos rehabilitadores y pueden ser necesarios para pacientes de diversas especialidades médicas, como reumatología, ortopedia, neurología, diabetología, hematología, pediatría, entre otras. (Brunon, 2004).

“El zapato terapéutico a medida y realizado a partir de un molde es un dispositivo que realiza un podo-ortésista. Este dispositivo ortopédico debe permitir proteger, corregir y/o restablecer la estática del pie para devolver la autonomía de marcha al futuro paciente después de una patología que afecte al sistema locomotor (hemiplejía después de un accidente cerebrovascular [ACV], diabético de grado 3, etc.)”

(Frel, 2016, p.).

Figura 13.

Zapatos Ortopedicos



Tabla 2.

Criterios en los que se basa la elaboración de una ortesis mediante zapato ortopédico

DEFICIENCIA	Tratamiento de una afección: deformación, rigidez, etc.
INCAPACIDAD	Mantenimiento o restauración: equilibrio, marcha, etc.
MINUSVALÍA	Integración: acceso al calzado, estética.

Los zapatos terapéuticos personalizados juegan un papel crucial en la mejora de la calidad de vida de personas con diversas afecciones ortopédicas. Nomenclature chaussures orthopédiques (2016) menciona que la elaboración de estos zapatos a partir de moldes de clase A y B está estrictamente regulada por la Lista de Productos y Prestaciones Reembolsables (LPPR). Esta normativa garantiza que el coste de estos dispositivos sea cubierto en una variedad de situaciones clínicas, desde desorganizaciones metatarsofalángicas hasta colapsos de la columna medial.

A continuación, se detallan las condiciones específicas bajo las cuales estos dispositivos son reembolsables, así como la importancia de sus características técnicas.

Zapato terapéutico Clase A

Los zapatos terapéuticos personalizados de clase A, están cubiertos en casos de desorganización metatarsofalángica rígida, trastornos volumétricos, amputaciones transmetatarsianas o superiores, y desigualdades significativas en la longitud de los miembros inferiores.

Zapato terapéutico Clase B

Los zapatos terapéuticos personalizados de clase B, están cubiertos en casos de desalineaciones complejas, colapsos irreductibles de la columna medial, equino fijo, varo-equino, talo, parálisis, pie caído, inestabilidad del tarso y tobillo, y trastornos tróficos relacionados con neuropatías, arteriopatías o enfermedades inflamatorias.

Actividades de prevención sobre el calzado.

Educación: base fundamental de la prevención

Las recomendaciones generales incluyen dejar de fumar, mantener una dieta saludable, hacer ejercicio regularmente y seguir el tratamiento médico prescrito. Las recomendaciones específicas se centran en la inspección diaria de los pies, mantener una buena higiene y usar calzado protector con medias adecuadas. Los autores Pinilla, Barrera, Sánchez, & Mejía (2013) plantean que se debe enseñar a los pacientes o personas que estén a cargo con las siguientes prevenciones:

- No usar sandalias u otro calzado que deje los dedos al descubierto, tampoco calzado con costuras internas.
- Siempre usar zapatos con medias.
- Evitar zapatos con tacón mayor de 3 cm y terminados en punta.
- No usar calzado incómodo o ajustado que roce o lesione los pies. Si ha tenido problemas con algún par de zapatos, debe ser desechado.
- Comprar el calzado nuevo al final del día, cuando los pies están edematizados.
- Ablandar los zapatos nuevos, poco a poco; usarlos no más de una hora por día durante varios días.
- Cambiar el calzado y las medias todos los días.

- Revisar el interior y exterior del calzado todos los días para controlar que no haya elementos lesivos o cuerpos extraños.
- Caminar siempre con calzado, nunca caminar descalzo ni siquiera en la alcoba o el baño.

Zapato Protector para Pie Diabético

El diseño de las medidas del zapato, como la amplitud y profundidad, se adapta a las deformidades específicas del pie. Al igual que las plantillas y otras ortesis, el calzado protector ideal debería contar con cordones o velcro para un ajuste óptimo, permitiendo adaptarse al grosor de las medias o a la presencia de edema según la hora del día. Es importante que no tenga costuras internas, y que el tacón sea de 2-3 cm para evitar sobrecarga en el antepié. Además, debe tener una puntera ancha y alta para permitir la movilidad de los dedos y contar con plantillas moldeadas para un soporte y confort adicionales (Ayala, 2003).

Para que un zapato cumpla su función de protección y soporte, es fundamental que nos quede correctamente. Esto implica que la parte que rodea el talón debe ajustarse de manera cómoda para mantener el pie, especialmente el talón, en la posición correcta al estar parados o caminando. De acuerdo a Heijnen (2008), la parte delantera del zapato, que rodea los dedos y la parte delantera del pie, debe tener suficiente espacio en longitud, anchura y altura. El empeine del zapato debe cerrarse, preferiblemente con cordones o velcro, para evitar que el pie se deslice hacia adelante. Dado que los pies varían en forma entre las personas, es importante medir tanto el largo como el ancho de ambos pies para seleccionar el calzado con el ajuste adecuado. Todos los zapatos se fabrican sobre una horma que representa el molde de un pie. Como los pies no son idénticos, generalmente los pies europeos son más estrechos que los americanos, lo que origina una diferencia entre las hormas europeas y americanas.

La International Consensus on the Diabetic Foot & Practical Guidelines on the Management and Prevention of the Diabetic Foot (2011) sugiere que, este tipo de calzado debe usarse en todo momento, tanto dentro como fuera de casa. Es fundamental aconsejar al paciente que evite caminar descalzo. Además, es importante saber si el paciente ha recibido educación sobre el cuidado del pie y si cuenta con una red de apoyo social y familiar. Se debe enfatizar el uso de calzado protector con medias de fibras naturales, la limpieza e inspección diaria de los pies y evitar caminar descalzo para mantener una buena salud del pie.

Figura 14.
Zapatos con suelas para disminuir presión en antepié.

TIPO ROLLER



TIPO ROCKER



ESTADO DEL ARTE

La investigación de Paola Medina Matteazzi sobre “Tecnología 3D, Artesanato y tradición” señala que estamos en medio de una revolución 3D, donde todo se digitaliza. Esta tecnología ofrece múltiples beneficios para el desarrollo del calzado, desde representaciones gráficas en 3D de los diseños hasta la creación de moldes. Así, ha surgido un nuevo tipo de diseñador que combina tecnología y diseño, necesitando formación técnica en materiales, software 3D y programación para imprimir muestras o producciones de aspecto monomaterial, principalmente en el calzado deportivo. Para otros tipos de calzado, la impresión 3D se usa para crear componentes como plantillas y hormas, o para desarrollar modelos exclusivos. Aunque una muestra completamente impresa en 3D proporciona una morfología perfecta, pierde la calidad artesanal (Medina Matteazzi, 2021).

Como resultado de la investigación “La antropometría y la baropodometría como técnicas de caracterización del pie y herramientas que proporcionan criterios de ergonomía y confort en el diseño y fabricación de calzado: una revisión sistemática” Shuh, Yi, & Chun (2009) nos afirman que el escáner 3D, equipado con láseres y cámaras, captura la forma del pie y envía la información a un software que la convierte en mallas poligonales o triangulares, modelos matemáticos de curvas y superficies NURBS, o modelos CAD. Sin embargo, cuando el pie soporta cargas, se ha desarrollado un escáner especializado para la zona posterior del pie, que permite un modelado y diseño precisos de plantillas ortopédicas, asegurando un ajuste perfecto y un soporte adecuado.

Este tipo de escaneo es crucial para crear plantillas personalizadas que no solo se ajustan cómodamente, sino que también corrigen y soportan la biomecánica del pie, mejorando la postura y aliviando el dolor. Con estos avances, la tecnología de escaneo 3D está revolucionando el campo de la ortopedia, proporcionando soluciones más efectivas y personalizadas para las necesidades de los pacientes.

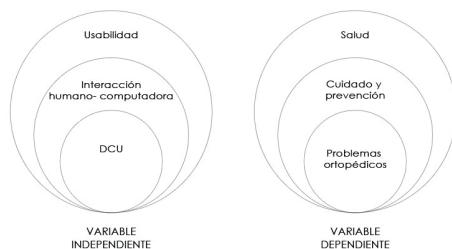
CAPÍTULO 3

CAPÍTULO



DISEÑO METODOLÓGICO

Figura 15.
Categorización de Variables.



Diseño Metodológico

El diseñador debe disponer de un método, un modo de proceder que le permita sistematizar las etapas de cualquier proyecto de diseño utilizando los recursos adecuados. Algunos teóricos del campo del diseño, distinguen cuatro constantes metodológicas: investigación, análisis, síntesis y evaluación que planteadas con las técnicas precisas y la forma correspondiente a su función se deben dar resultados efectivos que cumplan con las expectativas de los clientes y cubra las necesidades de la sociedad; así como lo hacen otras disciplinas. (Vichis, 2002).

Enfoque Cualitativo

El estudio adoptó un enfoque cualitativo basado en análisis estadísticos para examinar de manera imparcial un problema específico. Se plantearon interrogantes precisas que condujeron a la formulación de una hipótesis, la cual fue validada mediante la recopilación de datos y un análisis detallado de las relaciones causa-efecto. Al concluir la investigación, se logró generalizar los hallazgos obtenidos, abriendo la puerta a la replicación del estudio en otros ámbitos. Esta metodología no solo fortaleció la comprensión del fenómeno estudiado, sino que también destacó la posibilidad de aplicar estos resultados en diferentes contextos y escenarios.

Modalidad de la Investigación

La investigación implica la recopilación de datos que ofrecen información sobre programas y avances tecnológicos utilizados en el diseño 3D y prototipado de calzado ortopédico. Por lo tanto, el estudio bibliográfico permitirá "identificar, revisar y obtener referencias y otros materiales útiles para los propósitos de la investigación, de los cuales se extraerá y recopilará la información pertinente y necesaria." (Sampier, 2014) Los datos recogidos proporcionarán información cuantitativa crucial para el análisis y la selección de software 3D adecuado para el prototipo de calzado.

El diseñador debe contar con un enfoque estructurado que le permita organizar las fases de cualquier proyecto de diseño, utilizando los recursos apropiados. Algunos expertos en el campo del diseño identifican cuatro etapas metodológicas constantes: investigación, análisis, síntesis y evaluación. Según Vichis (2002) estas etapas, cuando se aplican con las técnicas adecuadas y de la manera correspondiente a su propósito, deben producir resultados efectivos que satisfagan las expectativas de los clientes y respondan a las necesidades de la sociedad, al igual que ocurre en otras disciplinas (p. 42).

La metodología del Doble Diamante se considera una de las metodologías ágiles de diseño centrado en el usuario (DCU). Su objetivo es lograr una comprensión profunda entre el diseñador y el usuario final para satisfacer sus necesidades a través del diseño. Esta herramienta facilita la preparación, organización, estructuración y ejecución efectiva de los proyectos de diseño (Nessler, 2016).

Interpretación de las entrevistas

Las entrevistas fueron realizadas a personas que aportaron de manera significativa a esta investigación ya que cada uno es experto en su profesión y con la unión de las tres entrevistas se llegó a un análisis más concreto de lo que se desea plantear y llegar.



Ing. William Ortiz

Docente Universidad
Indoamerica
Ingeniero en diseño digital y
multimedia, título de cuarto nivel
magister creación de videojuegos
en el área de producción y
diseño multimedia y parte de
modelado en 3D

Objetivos de la entrevista

1. Obtener una comprensión detallada de las herramientas y procesos utilizados en el modelado 3D para aplicaciones ortopédicas.
2. Identificar los desafíos técnicos y soluciones aplicadas en el desarrollo de dispositivos ortopédicos en 3D.
3. Explorar las tendencias futuras y oportunidades de innovación en el uso del modelado 3D para ortopedia.

¿Qué software y herramientas se utilizan para el modelado 3D?

En el ámbito de modelado ocupamos Softwares como:

1. Cinema 4D
2. Zbrush
3. 3D max
4. Blender

Hoy en día, Blender se destaca como un software libre que ofrece una amplia gama de herramientas para escultura y modelado orgánico, siendo uno de los más completos en el mercado. Permite realizar desde la creación de mallas hasta la texturización y la animación con gran versatilidad. En el ámbito de la animación, Blender se enfoca especialmente en el rigging, es decir, la creación de esqueletos y estructuras dinámicas para animaciones.

Para el modelado orgánico, destacan herramientas especializadas como ZBrush y 3D Max, ideales para modelados anatómicos detallados. También se utiliza Cinema 4D, tanto para motion graphics como para modelado de objetos.

¿Cuales son las ventajas y desventajas de estas herramientas?

Una de las principales desventajas de estas herramientas es su alto costo, lo cual puede ser prohibitivo para pequeñas empresas y usuarios con presupuestos limitados. Software como ZBrush y 3D Max son especialmente costosos, lo que limita su accesibilidad económica.

Por otro lado, Blender y Cinema 4D son opciones más asequibles y populares, accesibles para una amplia gama de usuarios que necesitan herramientas robustas pero no pueden invertir grandes sumas de dinero.

Todas estas herramientas comparten una estructura similar y ofrecen funcionalidades básicas como la texturización, variando principalmente en su interfaz. Sin embargo, su usabilidad es equivalente. En el ámbito artístico, proporcionan una gran libertad en el modelado, especialmente útil para modelos mayormente inorgánicos que no requieren medidas específicas o estructuras definidas.

¿Qué ventajas crees que ofrece el modelado 3D para el desarrollo de dispositivos ortopédicos en comparación con los métodos tradicionales?

Estas herramientas de modelado 3D nos facilitan avanzar en procesos más rápidos, efectivos y escalables, especialmente en la implementación de impresiones en 3D a gran escala. Permiten una producción más eficiente y ágil, acelerando significativamente los tiempos de desarrollo. Además, ofrecen funcionalidades avanzadas que optimizan el diseño y la preparación para la fabricación, asegurando resultados precisos y de alta calidad.

¿Qué factores consideras más importantes a la hora de diseñar prototipos ortopédicos en 3D?

Uno de los factores más importantes a considerar es la estructura de la malla, incluyendo el número y la distribución de los polígonos. Es crucial que el polígono sea adecuado y no excesivo para las necesidades del proyecto, evitando polígonos innecesariamente elevados. Una malla bien estructurada y diseñada asegura un modelado preciso y facilita el proceso de impresión, minimizando errores y optimizando los resultados finales.

¿Cómo se puede asegurar que los modelos 3D sean lo suficientemente personalizados para satisfacer las necesidades específicas de cada paciente?

En cuanto a las medidas, podemos controlarlas utilizando un escáner 3D, lo cual facilita la implementación precisa de lo que estamos observando en software y herramientas de modelado en tres dimensiones. Es crucial asegurarse de que las medidas sean adecuadas para el tipo de modelado que vamos a realizar.

¿Cómo crees que estas innovaciones impactarán en el desarrollo de dispositivos ortopédicos?

Estos avances ya se están realizando y su impacto ha sido muy valorado, especialmente en el ámbito médico y profesional. Con el uso creciente de las impresiones en tres dimensiones, se están logrando avances significativos para personas con discapacidades o amputaciones debido a enfermedades. Los prototipos desarrollados están diseñados específicamente para encajar perfectamente con la anatomía, tamaños y medidas individuales de cada persona. Esta tecnología, combinada con el modelado 3D y las impresoras 3D, está desempeñando un papel crucial en la creación y utilización de estos prototipos personalizados.

¿Cómo ves la integración del modelado 3D con otras tecnologías emergentes, como la impresión 3D o la inteligencia artificial, en el campo ortopédico?

Hoy en día, cuando buscamos un buen manejo de la malla y un control preciso de los polígonos para lograr una anatomía correcta, la inteligencia artificial aún no está completamente desarrollada para este tipo de aplicaciones en el modelado 3D. Existen ciertas limitaciones y posibles errores debido a la falta de especificidad en estos factores.

En cambio, la implementación de escáneres 3D y impresoras tridimensionales está teniendo un impacto mucho más significativo. Estas tecnologías están permitiendo avances reales y precisos en la creación de modelos anatómicos y prototipos personalizados.

¿Cuáles son los mayores desafíos técnicos que has enfrentado al modelar dispositivos en 3D?

Uno de los mayores desafíos técnicos es el tiempo de ejecución, ya que perfeccionar detalles como la malla y la topología es crucial. Aunque visualmente todo pueda parecer correcto y bien estructurado, es fundamental que la estructura permita la animación y la impresión. Estos aspectos deben ser cuidadosamente considerados, al igual que la economía asociada a software costosos. En este sentido, existen alternativas viables como Blender, que es un software gratuito.

Es crucial tener en cuenta varios aspectos al preparar modelos para impresión. Primero, la calidad de la malla y la estructura de las piezas son fundamentales para asegurar una impresión exitosa. Es útil comenzar con un boceto en dos dimensiones para definir claramente la idea principal y el diseño general. Durante este proceso, es importante realizar pruebas de impresión para verificar la viabilidad y ajustar según sea necesario.

Además, es esencial cuidar meticulosamente las medidas para garantizar un encaje perfecto y funcionalidad anatómica, especialmente en prototipos como los diseñados para pies. La estructura del prototipo debe estar bien diseñada para cumplir con estos requisitos técnicos y ergonómicos.



Dr. Carlos Castillo
Medico Traumatólogo
Ortopedista
Profesor en la Universidad Central del Ecuador, ayudo a la investigación de manera profesional y excelente dandonos informacion mas precisa y concisa de las enfermedades ortopedicas

Objetivos de la entrevista

1. Recopilar la opinion del médico traumatólogo sobre el uso de la impresión 3D en el tratamiento de problemas ortopédicos
2. Identificar los beneficios y desafíos en el desarrollo y uso de dispositivos

¿Qué opinión tiene sobre el uso de la impresión 3D en el campo de la ortopedia?

Considero que la impresión 3D es una herramienta técnica de gran relevancia en el campo de la ortopedia. No solo permite clasificar el pie en patrones de lesiones generales, sino que también facilita una personalización más precisa. La tecnología 3D nos brinda la oportunidad de crear soluciones ortopédicas personalizadas, adaptadas a la morfología y a las posiciones normales, subnormales y anormales del pie. Esto es especialmente beneficioso para mejorar las características y la funcionalidad de los zapatos ortopédicos, que son un soporte esencial.

¿Ha tenido alguna experiencia previa con prototipos 3D en su práctica?

No, no he tenido experiencia directa con prototipos 3D en mi práctica, ya que mi especialidad se centra principalmente en la prevención y corrección de problemas de desarrollo del pie. La corrección de alteraciones

morfológicas externas mediante impresión 3D no ha sido parte de mi enfoque clínico hasta ahora.

¿Existen desventajas o limitaciones en el uso de esta tecnología que haya identificado?

La tecnología de impresión 3D aún está en desarrollo. Aunque tengo una amplia experiencia y conocimientos en traumatología, y también soy profesor e investigador, en ninguno de los libros de referencia se aborda extensivamente esta aplicación, excepto para prótesis y órtesis. En estos casos, se puede replicar el modelo de un miembro para que la prótesis tenga características similares al original. Las prótesis modernas, especialmente las electrónicas con sensores dinámicos, no deben ser una carga para el paciente, sino una ayuda, proporcionando movilidad esencial.

¿Qué tan importante es la personalización en los dispositivos ortopédicos para mejorar los resultados de los pacientes?

La personalización en los dispositivos ortopédicos es crucial para mejorar los resultados de los pacientes. Los zapatos ortopédicos estandarizados a menudo no ofrecen los beneficios necesarios. Un zapato ortopédico debe estar diseñado específicamente para abordar el daño y la gravedad del problema del paciente, como en el caso del pie diabético. Personalizar el calzado puede proporcionar un soporte y una funcionalidad mucho más efectivos.

¿Cómo ve la colaboración entre traumatólogos, diseñadores, y otros profesionales de la salud en el desarrollo de prototipos 3D?

La colaboración entre traumatólogos, diseñadores y otros profesionales de la salud es fundamental en el desarrollo de prototipos 3D. Cada profesional aporta una perspectiva única que puede mejorar el diseño y la funcionalidad de los dispositivos ortopédicos. Trabajando juntos, podemos asegurarnos de que los dispositivos sean técnicamente sólidos, anatómicamente precisos y estéticamente aceptables.

¿Ha observado mejoras significativas en la calidad de vida de los pacientes que utilizan dispositivos ortopédicos personalizados mediante impresión 3D? ¿Qué testimonios o evidencias puede compartir al respecto?

Aunque no tengo experiencia directa con el uso de dispositivos ortopédicos personalizados mediante

impresión 3D en mi práctica, la evidencia en la literatura médica sugiere que estos dispositivos pueden mejorar significativamente la calidad de vida de los pacientes. Los testimonios indican una mayor comodidad, mejor ajuste y mayor funcionalidad en comparación con los dispositivos estandarizados.

¿Qué recomendaciones daría a otros profesionales de la salud que están considerando el uso de prototipos 3D?

Recomendaría a los profesionales de la salud que consideren el uso de prototipos 3D que se basen en estudios clínicos rigurosos y en la evidencia científica disponible. Es fundamental que los dispositivos sean personalizados y se ajusten a las necesidades individuales de cada paciente. La implementación de esta tecnología debe estar enfocada en mejorar la corrección y la protección del pie, especialmente en casos donde el soporte ortopédico es crucial.

¿Cuáles son los problemas más comunes que enfrentan los pacientes con pie diabético y que podrían beneficiarse del uso de calzado ortopédico impreso en 3D?

Los pacientes con pie diabético a menudo enfrentan problemas como úlceras, infecciones, deformidades y una circulación deficiente. El calzado ortopédico impreso en 3D puede proporcionar un ajuste personalizado que ayuda a reducir la presión en áreas vulnerables, mejora la distribución del peso y proporciona un mejor soporte, lo cual es crucial para prevenir complicaciones y mejorar la calidad de vida.

¿Cómo influye la personalización del calzado ortopédico en los resultados del tratamiento para pacientes con pie diabético?

La personalización del calzado ortopédico es vital para los pacientes con pie diabético, ya que permite un ajuste preciso que puede prevenir úlceras y otras complicaciones. Al adaptar el calzado a las necesidades específicas de cada paciente, se puede mejorar significativamente la efectividad del tratamiento, proporcionando mayor comodidad y protección.

¿Qué tan fácil es adaptar los prototipos 3D a las necesidades específicas de cada paciente?

Adaptar los prototipos 3D a las necesidades específicas de cada paciente es relativamente fácil con la

tecnología actual. Los escáneres 3D permiten capturar la morfología exacta del pie del paciente, y el software de diseño facilita la creación de un modelo que se ajuste perfectamente. Esto permite una producción rápida y precisa de dispositivos personalizados que pueden mejorar significativamente los resultados del tratamiento.



Ing. Willian Arias

Gerente Calzado Liwi
Brindo información importante sobre el calzado ortopédico desde su experiencia mayor a 20 años realizando y tratando estas afecciones

Objetivos de la entrevista

1. Evaluar el Conocimiento y la Experiencia del Experto en el Uso de Tecnologías Avanzadas en el Diseño de Calzado Ortopédico
2. Identificar los Procesos y Metodologías Clave en el Diseño y Fabricación de Calzado Ortopédico Personalizado
3. Explorar el Impacto del Calzado Ortopédico en la Calidad de Vida de los Pacientes y la Importancia de la Colaboración Multidisciplinaria

¿Cuántos años lleva trabajando en el diseño y desarrollo de calzado ortopédico?

Llevo trabajando en el diseño y desarrollo de calzado ortopédico durante 20 años.

¿Puede describir su especialización y los tipos de calzado ortopédico en los que ha trabajado?

Mi especialización es en ortopodología, una ciencia médica que aborda los problemas de los pies a través de la biomecánica. A lo largo de mi carrera, he trabajado en el desarrollo de calzado ortopédico para más de 1000 patologías diferentes, abarcando una amplia gama de problemas como deformidades, disfunciones biomecánicas, y condiciones específicas como el pie diabético.

¿Cuál es el proceso típico para diseñar y fabricar calzado ortopédico personalizado?

El proceso típico para diseñar y fabricar calzado ortopédico personalizado comienza con una valoración exhaustiva del paciente. Esto incluye la identificación de hallazgos patológicos específicos. Con base en esta evaluación, se desarrollan soluciones personalizadas. Este enfoque garantiza que el calzado se adapte perfectamente a las necesidades y características individuales del paciente.

¿Qué materiales son más comúnmente utilizados en la fabricación de calzado ortopédico y por qué?

Los materiales tienen que ser materiales de pieles porque son transpirable porque son materiales que se trabaja con la comodidad y el confort y como se menciona anteriormente aquí se emplea una trilogía que es la tecnología el conocimiento médico y la artesanía lo cual es lo contrario de los zapatos comerciales aquí no se ve normas estandarizadas aquí existen más bien alteraciones morfológicas en las normas porque se hacen los zapatos personalizados de acuerdo a la problemática de los pies

¿Qué tecnologías utiliza en el diseño y fabricación de calzado ortopédico?

Se utiliza Capcom también un diseño por computadora pero específicamente hay que puntualizar que no zapatos ortopédicos son diseños prácticamente en el cual interviene el conocimiento pleno de la idiosincracia de la persona pero si hay un software también se puede diseñar este tipo de zapatos

¿Ha utilizado la impresión 3D en sus proyectos? Si es así, ¿puede compartir su experiencia y los beneficios observados?

Nosotros tenemos un sistema que es antiguo pero es un sistema muy específico nosotros trabajamos con la

obtención de moldes de los pies el sistema de el sistema de impresión 3D hemos hecho pruebas más bien para la fuente misma de algunas plantitas y de muchas patologías en común entonces hemos hecho unas pruebas para de ahí sacar a través de 500 moldes de pies hemos escaneado esos 500 moldes de pies y hemos sacado en este sistema de impresión el patrón Y de ahí hemos escalado para tener plantillas comunes y plantillas estandarizadas

¿Cómo se realiza el escaneo y modelado del pie para garantizar un ajuste preciso del calzado ortopédico?

Nosotros nos basamos en la anatomía de los pies hacemos mediciones de perímetros mediciones de largos mediciones de ángulos y es necesario conocer la Ortopodología como ciencia para poder identificar los historiadores antiguos con Valerie Ebre Kapandji quite estos historiadores de los pies antiguos que prácticamente con dibujos explicaban cómo son las mediciones de los ángulos de los pies

¿Qué métodos utiliza para evaluar y ajustar el calzado ortopédico para asegurarse de que cumpla con las necesidades específicas del paciente?

Existen métodos para que el paciente tenga un confort en el calzado hay que personalizar y al momento de personalizar hay que obtener medidas de perímetro y más cosas

¿Cuáles son los problemas más comunes que enfrenta en el diseño de calzado ortopédico y cómo los soluciona?

Tiene muchos problemas ya que se basa en la morfología de piel cuál es la forma y pues tenemos que tener el Expertis de saber qué patología tiene supongamos si es una patología por un problema neurológico si es un problema por un proceso hereditario un proceso genético hay patologías por diferentes situaciones los problemas de parálisis del cuerpo esto es un Expertis ya que tenemos que definir exactamente la patología buscando y hallando todos estos problemas a través de las anatomía del cuerpo

¿Cómo ve la colaboración entre diseñadores de calzado, médicos ortopedistas y otros profesionales de la salud en el desarrollo de calzado ortopédico?

Muy pocas personas pueden desarrollar de una manera de diseño el calzado ortopédico porque por lo

general la mayoría de zapatos no tienen diseño es por su morfología la morfología de un pie que es completamente grande como un elefantiasis o un pie polidactilia que tiene seis dedos no puede ser un estilo de diseño bonito sino que va a ser un zapato extremadamente ancho adaptado a la necesidad del problema.

¿Qué recomendaciones daría a los profesionales que están considerando utilizar nuevas tecnologías como la impresión 3D en este campo?

Profundizar en los estudios excelente a mí me fascina el que haya nuevas tecnologías me fascina pero como ya existe software preparados para hacer este tipo de productos en base a procedimientos tecnológicos todavía acá en el Ecuador estamos haciendo de acuerdo a lo que conocemos de acuerdo a nuestra labor que tenemos artesanal pero con conocimientos avanzados en Ortopodología y conocimientos tecnológicos porque la tecnología se mete en todos los campos no es que sólo hay una máquina que meto el problema qué meta la foto y el programa y ya está todos aquellos software que tienen terminales para hacer, la misma impresora matricial tiene que ser la clínica con el paciente porque con el paciente se puede ser más consciente.

¿Qué innovaciones o avances espera ver en el futuro del diseño y fabricación de calzado ortopédico?

Espero ver avances significativos en la integración de tecnologías de escaneo 3D y modelado digital para la personalización aún más precisa del calzado ortopédico. También preveo un mayor uso de materiales inteligentes que puedan adaptarse dinámicamente a las necesidades del paciente, proporcionando un soporte y comodidad óptimos. La incorporación de sensores y tecnología de retroalimentación en tiempo real en el calzado ortopédico podría ofrecer nuevas formas de monitorear y ajustar el tratamiento de los pacientes, mejorando significativamente sus resultados.

CONCLUSIONES DE LAS ENTREVISTAS

La incorporación de tecnologías avanzadas como el escaneo 3D y la impresión 3D permite un ajuste más preciso y personalizado en el desarrollo de calzado ortopédico para pacientes con pie diabético. Los médicos traumatólogos y ortopedistas resaltaron cómo estos avances facilitan la creación de plantillas y zapatos que se adaptan perfectamente a las necesidades anatómicas y funcionales de cada paciente, mejorando significativamente su comodidad y movilidad.

Necesidad de una Evaluación Multidisciplinaria: La colaboración entre diversos especialistas, incluidos traumatólogos, ortopedistas, podólogos y expertos en calzado ortopédico, es esencial para un tratamiento efectivo del pie diabético. Las entrevistas revelaron que un enfoque multidisciplinario no solo mejora la evaluación y el diseño de soluciones ortopédicas, sino que también asegura un seguimiento continuo y adaptado a las necesidades cambiantes del paciente, lo que reduce el riesgo de complicaciones como ulceraciones y amputaciones.

Educación y Cuidado Preventivo: Los expertos enfatizaron la importancia de educar a los pacientes sobre el autocuidado y la prevención de lesiones. A través de las entrevistas, se destacó que los pacientes deben recibir información detallada sobre la elección y el uso adecuado del calzado ortopédico, la importancia de no caminar descalzos, y la necesidad de inspeccionar sus pies y zapatos regularmente. Esta educación, combinada con un calzado adecuadamente diseñado, puede prevenir complicaciones graves y mejorar la calidad de vida de los pacientes con pie diabético.

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE DISEÑO

Luego de la recolección de información, llevada a cabo a través de entrevistas a especialistas en el área de traumatología, ortopedia y modelado se determinó plantear un análisis de caso ya que existe la necesidad de crear un prototipo de calzado ortopédico que apoye al paciente con pie diabético en grado I.

Se recurrió a las técnicas de escaneado en 3D y prototipado rápido debido a que, primeramente, se acomodaban y servían para lograr las aspiraciones iniciales deseadas, a saber:

- Fiabilidad de los datos obtenidos con rigor metodológico cuyo resultado fuese un formato digital de alta potencialidad de difusión.
- Experimentación sobre nuevos soportes (en este caso poliméricos) que permitan la representación formal con un elevado grado de precisión (de unas pocas micras) y que simultáneamente puedan servir como copia física de fácil transmisión e intercambio

Tabla 3.
Ficha con datos del paciente.

Apellidos	Sanches Freire
Nombres	María Esther
Edad	82 años
Pie en el que sufre la deformación	Pie Izquierdo
Tipo de deformación	Pie Diabético con ulceraciones y callosidades
Tiempo de la deformación	15 años
Observaciones	Tuvo un riesgo de amputación del dedo medio hace un año por mal uso del calzado y problemas relacionados con pie diabético.

Contexto Clínico

María Esther Sanchez, una mujer de 82 años, ha estado lidiando con diabetes tipo 1 durante los últimos 15 años. Recientemente, ha desarrollado complicaciones en los pies, comúnmente conocidas como pie diabético, una condición que se caracteriza por la presencia de úlceras, infecciones y riesgo de gangrena debido a la neuropatía y la mala circulación sanguínea.

Desafíos Identificados

- Riesgo de úlceras y heridas: La neuropatía periférica ha reducido la sensibilidad en los pies de la paciente, haciéndola más propensa a sufrir lesiones que pueden pasar desapercibidas y convertirse en úlceras.

- Deformidades y cambios estructurales: La diabetes ha provocado deformidades en sus pies, dificultando el uso de calzado convencional.

- Mala circulación: La arteriopatía asociada a la diabetes aumenta el riesgo de infecciones y retrasa la cicatrización de las heridas.

Propuesta de Calzado Ortopédico Personalizado

El diseño de zapatos para pie diabético debe enfocarse en proporcionar un ajuste adecuado que sea cómodo pero firme, utilizando materiales transpirables y suaves para reducir la fricción y prevenir lesiones. Es crucial contar con una suela y amortiguación que absorban impactos y reduzcan la presión en áreas sensibles, así como una puntera amplia y un empeine ajustable para evitar lesiones por compresión. El uso de plantillas ortopédicas personalizadas también es fundamental para corregir la pisada y reducir la presión en áreas específicas, mientras que un cierre seguro, preferiblemente ajustable, garantiza un ajuste adecuado y seguro. (Bus, 2008)

Tecnología Utilizada:

- Modelado 3D: Crear un modelo digital de sus pies para diseñar un calzado que se ajuste perfectamente a sus necesidades.

Características del Calzado

- Materiales: Utilizar materiales flexibles y transpirables como el Cuero para la parte superior y una suela de material similar al caucho para proporcionar amortiguación y soporte.

- Plantillas ortopédicas: Incorporar plantillas moldeadas específicamente para sus pies, con soporte adicional en áreas donde se han identificado puntos de presión.

- Sin costuras internas: Para evitar rozaduras y heridas, el interior del calzado debe estar libre de costuras.

- Tacón: Un tacón bajo de 2-3 cm para evitar sobrecargar el antepié y distribuir mejor el peso.

Beneficios Esperados

- Mejor ajuste y comodidad: Al estar hecho a medida, el calzado proporcionará un ajuste perfecto, reduciendo el riesgo de rozaduras y heridas.

- Mejora en la movilidad: El soporte adecuado y la amortiguación mejorarán la capacidad de Ana para caminar, disminuyendo el dolor y la incomodidad.

- Prevención de complicaciones: Un calzado bien ajustado y sin costuras internas ayudará a prevenir nuevas úlceras y heridas, protegiendo sus pies de futuros daños.

METODOLOGÍA DE PRODUCTO

Idea

La propuesta que se plantea es un calzado ortopédico de cuero diseñado para personas mayores de 50 años con pie diabético. Utilizando tecnología avanzada de escaneado y modelado 3D, se captura detalladamente la forma de los pies del usuario, permitiendo una personalización total del calzado. Esta metodología asegura un ajuste perfecto, acomodando deformidades y características específicas del pie, proporcionando máxima comodidad y protección. El cuero de alta calidad utilizado en la fabricación combina estilo y funcionalidad, ofreciendo un calzado duradero y elegante que se adapta a las necesidades únicas de cada usuario.

Investigación

Gracias a la información obtenida en los apartados anteriores, como el marco teórico, estado del arte y metodología de la investigación, se logró recopilar datos científicos y testimonios de profesionales del sector, así como de los usuarios finales, para comprender las necesidades específicas de las personas mayores con pie diabético. Esto permitió diseñar un calzado ortopédico personalizado, utilizando tecnología de escaneado y modelado 3D, y seleccionar materiales adecuados como el cuero, asegurando así un producto que cumple con los requerimientos médicos y proporciona el máximo confort y protección.

Definición de Usuario

Tabla 4.

Definición de Usuario

Sexo	Hombres y Mujeres
Edad	30 en Adelante
Nivel Socioeconómico	Medio alto/alto
Localidad	Provincia de Tungurahua
Enfermedad	Personas con Pie Diabético en Grado 1 para prevención de Grados Mayores

Diseño

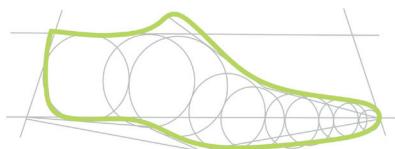
Identidad Visual

• Construcción de la Marca

Para la construcción de la marca "Pasos Perfectos", se comenzó con una fase de bocetaje para explorar y definir la identidad visual, enfocándose en la creación de un isologo que integra un logo y un ícono que deben usarse juntos para asegurar coherencia visual.

Figura 16.

Bocetos



• Justificación

El nombre "Pasos Perfectos" transmite la idea de caminar con comodidad y seguridad, aspectos clave para nuestros clientes. El diseño del isologo incluye un ícono de una horma de calzado, que simboliza el cuidado personalizado y la tecnología avanzada en la fabricación del calzado. Este enfoque refleja la misión de la marca de ofrecer soluciones ortopédicas efectivas y a medida, mientras se mantiene un firme compromiso con la innovación y el bienestar del usuario.

• Geometrización

La geometrización se realizó en una cuadrícula basada en el valor x, garantizando la simetría y armonía de todos los elementos, logrando así una composición ordenada y limpia.

Figura 17.

Geometrización

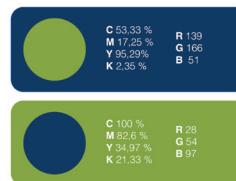


• Paleta de Colores

La paleta de colores de Pasos Perfectos se compone del Azul Profundo (1c3661) y el Verde Oliva (8ba633). El Azul Profundo, con su tonalidad intensa y profesional, transmite confianza y modernidad, ideal para reflejar la tecnología avanzada y la innovación de la marca. El Verde Oliva aporta frescura y equilibrio, sugiriendo confort y bienestar, y complementa el azul al añadir vitalidad y un toque natural. Juntos, estos colores crean una imagen de sofisticación y comodidad, alineándose con la misión de proporcionar soluciones ortopédicas personalizadas y efectivas.

Figura 18.

Paleta de Colores



• Tipografía

En el diseño del identificador de Pasos Perfectos, se emplean dos tipografías complementarias para lograr una presentación visual equilibrada. Para la palabra principal "Pasos Perfectos", se utiliza la tipografía Mont en negrita, destacando por su modernidad y profesionalismo. Además, Helvetica se empleará en toda la línea gráfica, proporcionando coherencia y legibilidad en todos los materiales de la marca. Esta combinación de tipografías asegura un diseño armonioso y estéticamente atractivo, alineado con los valores de innovación y confort.

Figura 19.

Tipografías



Reticula

La retícula para el logotipo de Pasos Perfectos se construye para garantizar un diseño equilibrado y coherente que refleje la modernidad y el confort asociados con la marca. La retícula se basa en un sistema de columnas y módulos que facilita la alineación precisa de los elementos del logotipo: el texto "Pasos Perfectos" y el icono.

Figura 20.
Reticula



Recursos Prototipo

Objetivo General

Desarrollar un prototipo de calzado ortopédico personalizado mediante modelado 3D para mejorar el ajuste y la comodidad en personas con necesidades ortopédicas específicas, utilizando tecnología avanzada para optimizar la funcionalidad y el confort del diseño.

Objetivos Específicos

- Utilizar herramientas de modelado 3D y escaneado para diseñar un prototipo preciso que refleje las especificaciones ortopédicas y las necesidades individuales de los usuarios.
- Aplicar técnicas de modelado avanzadas para ajustar la malla poligonal, asegurando que el diseño final de la horma ofrezca un ajuste adecuado y soporte ergonómico.
- Incorporar información obtenida del escaneado del pie del usuario para personalizar el prototipo, garantizando que la horma se adapte perfectamente a la morfología del pie.

Idea

En el escaneado 3D se busca una precisión más grande de la parte afectada, es por eso que ayudaría a una personalización del prototipo.

Figura 21.

Preguntas al experto en modelado 3D

¿Qué software y herramientas se utilizan para el modelado 3D?

En el ámbito de modelado ocupamos Softwares como:

1. Cinema 4D
2. Zbrush
3. 3D max
4. Blender

Hoy en día, Blender se destaca como un software libre que ofrece una amplia gama de herramientas para escultura y modelado orgánico, siendo uno de los más completos en el mercado. Permite realizar desde la creación de mallas hasta la texturización y la animación con gran versatilidad. En el ámbito de la animación, Blender se destaca especialmente en el rigging, es decir, la creación de esqueletos y estructuras dinámicas para animaciones.

Para el modelado orgánico, destacamos herramientas especializadas como ZBrush y 3D Max, ideales para modelados anatómicos detallados. También se utiliza Cinema 4D, tanto para motion graphics como para modelado de objetos.

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de estas herramientas?

Una de las principales desventajas de estas herramientas es su alto costo, lo cual puede ser prohibitivo para pequeñas empresas y usuarios con presupuestos limitados. Software como ZBrush y 3D Max son especialmente costosos, lo que limita su accesibilidad económica.

Por otro lado, Blender y Cinema 4D son opciones más asequibles y populares, accesibles para una amplia gama de usuarios que necesitan herramientas robustas pero no pueden invertir grandes sumas de dinero.

Escaneado

Se tomaron 112 fotografías del pie del paciente para realizar un escaneado tradicional en un fondo negro para poder capturar solo lo que necesitamos subir al software

Figura 22.

Fotos del Pie

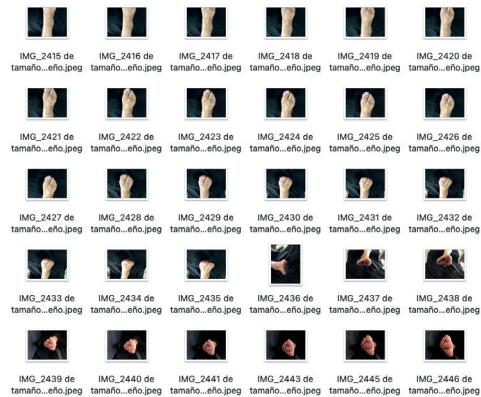


Figura 23.
Foto Pie cara frontal



Figura 24.
Foto pie cara lateral



Figura 25.
Foto pie cara interna



Construcción del Escaneado

Ocupamos un software libre llamado Metashape ya que nos ayuda a realizar un escaneado tradicional a base de las fotografías que se realizaron antes

Tabla 5.

Análisis de tiempos para Metashape

Proceso/Actividad	Tiempo
Fotos del pie	5 horas
Digitalización	15 minutos
Orientar fotos en el Software	45 minutos
Puntos de Paso	4 horas
Crear malla	3 horas
Crear textura	4 horas
Nube de puntos	2 horas
Panorámica	3 horas
Exportar	16 horas

Figura 26.

Escaneado Componentes de Conectividad

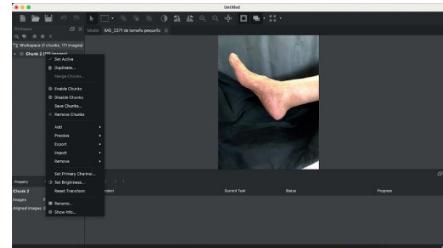


Figura 27.

Escaneado Puntos de Paso

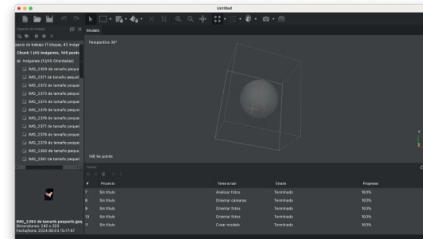
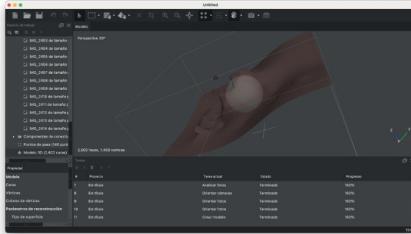


Figura 28.
Escaneado Modelo 3D



Modelado 3D

En Cinema 4D, el modelado por malla poligonal comienza construyendo y ajustando una red de polígonos que define la estructura del objeto 3D. El proceso inicia con la creación de formas primitivas, como cubos o esferas, que luego se modifican y refinan. Los diseñadores pueden agregar, eliminar o ajustar vértices, aristas y caras para darle forma al modelo. Herramientas como "Extrude" permiten extender las superficies de la malla, mientras que "Bev El prototipo de la horma de calzado personalizada se realizó a partir de un escaneo 3D del pie del paciente, capturando con precisión sus dimensiones y particularidades anatómicas. Este escaneo fue procesado en un software especializado para

Figura 29.
Modelo 3D



Figura 30.
Aplicación de Extruido para personalizar el calzado

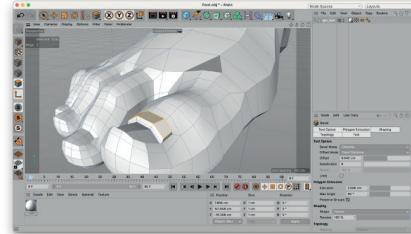


Figura 31.
Zonas Afectadas

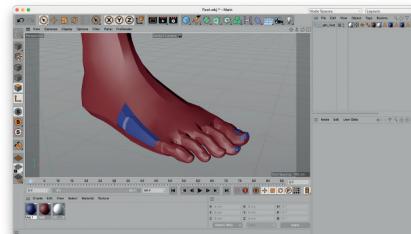
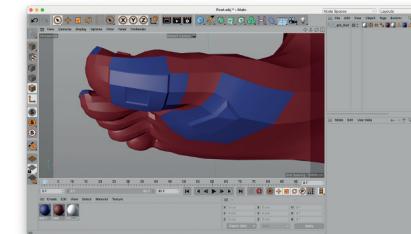


Figura 32.
Zonas internas Afectadas



Prototipo Horma

El prototipo de la horma de calzado personalizada se realizó mediante un proceso manual detallado. A partir de un escaneo 3D del pie del paciente, que capturó sus dimensiones y características anatómicas específicas, se utilizó esta información para crear la horma de manera artesanal. El modelado 3D permitió ajustar con precisión la forma de la horma, asegurando que respondiera a las necesidades particulares del usuario. Este enfoque combinó la tecnología del escaneo con la habilidad manual, garantizando un ajuste exacto y personalizado para el posterior desarrollo del calzado ortopédico.

Figura 33.

Bloque de polietileno en forma de horma



Figura 34.

Tallado de la horma



Figura 35.

Tallado manual según medidas del modelo 3D



Figura 36.

Pulido final



Presupuesto del proyecto

El presupuesto fue elaborado por el autor teniendo en cuenta los costos de las aplicaciones que se ocuparon y el tiempo que conlleva un prototipo

Figura 37.

Tallado manual según medidas del modelo 3D

Valor Hora						
Horas Mes	Semanas	Dias	Horas Dias	Horas Semana	Sueldo Basico	Valor Hora
160	4	5	8	40	\$480,00	\$2,88
Hora que trabaje en el proyecto						320
TOTAL						
Costo por Equipo						
Años duración	Valor Equipo	Por Año	Año-Mes	Por Meses	Equipo	
5	\$650,00	\$130,00	12	\$10,83	Laptop	
5	\$140,00	\$28,00	12	\$2,33	Tripode	
5	\$278,88	\$55,78	12	\$4,65	Estabilizador	
5	\$2.435,88	\$487,18	12	\$40,58	Camara	
5	\$120,00	\$24,00	12	\$2,00	Cuarto Negro	
5	\$45,00	\$9,00	12	\$0,75	Luz Led	
TOTAL						\$81
Costo por Mensualidades						
Servicios	Valor	Dias	Valor Total	MATERIAL	COSTO	
Adobe	\$20	31	\$0,65	Diseño Cinema	\$80	
Cinema 4D	\$93,96	31	\$3,03	Modelado 3D		
Metashape	\$179	31	\$5,77	Impresión (\$2,50 hora a 10 horas)	\$25	
Luz	\$18	31	\$0,58	Herramientas	\$80	
Agua	\$10	31	\$0,32		\$105	
Internet	\$32	31	\$1,03			
TOTAL						\$111
COSTO TOTAL PROYECTO						\$1.099,13

RECOMENDACIONES

Para optimizar el proceso de prototipado en mi proyecto de calzado ortopédico, recomiendo enfocar la atención en la precisión del escaneo 3D y el modelado detallado. Es crucial utilizar un escáner de alta resolución para capturar con exactitud las medidas del pie del paciente y asegurar que los modelos digitales reflejen fielmente las características anatómicas. En el modelado 3D, me aseguraré de trabajar con mallas poligonales de alta calidad, prestando atención a los detalles y realizando subdivisiones cuando sea necesario para lograr una superficie suave y precisa. Utilizaré herramientas como "Extrude" y "Bevel" en Cinema 4D para esculpir la forma deseada y agregar detalles funcionales a la malla, lo cual es vital para la adecuación del calzado.

Además, durante el prototipado, es fundamental realizar múltiples pruebas de ajuste y ajustar los modelos 3D en función de los resultados obtenidos. Recomiendo imprimir prototipos a escala para verificar la funcionalidad y el ajuste del diseño antes de proceder a una impresión completa. La retroalimentación constante del usuario y de expertos en ortopedia será esencial para hacer ajustes precisos. Finalmente, es importante documentar cada fase del prototipado para identificar posibles áreas de mejora y garantizar que el calzado final no solo sea estéticamente agradable, sino también funcional y cómodo para el usuario.

CONCLUSIONES

Es fundamental realizar un escaneo 3D preciso del pie y ajustar el modelo digital en función de las medidas obtenidas. Recomiendo llevar a cabo pruebas de ajuste frecuentes utilizando prototipos a escala para identificar y corregir problemas de ajuste antes de imprimir el calzado a tamaño completo. Esta práctica ayuda a asegurar que el calzado se adapte perfectamente y cumpla con los requisitos ortopédicos necesarios.

Para garantizar la precisión en el modelado, es esencial trabajar con mallas poligonales de alta resolución en el software de modelado 3D. Utilizar herramientas de esculpido permite crear formas detalladas y funcionales, optimizando la superficie del calzado para que sea tanto estéticamente agradable como ergonómicamente adecuado. Realizar subdivisiones para suavizar la superficie también es crucial para evitar imperfecciones en el prototipo final. Es recomendable recopilar retroalimentación constante de usuarios y expertos en ortopedia durante el proceso de prototipado.

Esta retroalimentación ayudará a realizar ajustes precisos en el diseño para mejorar el confort y la funcionalidad del calzado. Además, documentar cada fase del prototipado permitirá identificar áreas de mejora y asegurar que el calzado final cumpla con los estándares de calidad y confort requeridos.

BIBLIOGRAFIA

Bus, S. A. (2008). Good news for the high-risk foot: custom-made footwear reduces foot reulceration. *Diabetes Care*, 31(9), 1700-1701.

Carro, G. S. (2018). Pie diabético en pacientes internados en hospitales de latinoamérica. *Medicina*, 243-251.

Paiva, O. &. (2016). Pie Diabético: ¿podemos prevenirlo? *Revista Medica Clinica Condes*, 227-234.

Martínez, B. (2017). Pie de riesgo y su estratificación en diabéticos. *Qhalikay*, 68-74.

Frel, G. (2016). Zapatos ortopédicos o zapatos terapéuticos a medida y realizados a partir de un molde. *ScienceDirect*, 18(3), 8.

Heijnen, L. H. (2008). Calzado común y calzado ortopédico. *Tratamiento de la Hemofilia*. Federación Mundial de Hemofilia, 8.

Rivera, C. M. (1999). Conceptos actuales acerca del pie plano en los niños. *Revista Mexicana de Pediatría*, 66(6), 257-259.

Neyra-Arisméndiz, L. S.-V.-S.-R. (2012). Pie diabético. *Revista de la sociedad peruana de medicina interna*, 25(2), 76-88.

Domingo, M. G., & Pera, E. M. (2010). Diseño Centrado en el Usuario. *Universitat Oberta de Catalunya*, 9 - 12.

Sánchez Sánchez, J., Gil Iranzo, R. M., & Oliva Solé, M. (2010). Más allá del cuchillo de palo: hacia una herramienta integrada para un verdadero diseño centrado en el usuario. Obtenido de *Jordisan.net*: <https://jordisan.net/proyectos/interaccion2010cuchillopalopdf>

Nancy Laura Hernández Lucero, E. J. (O3 de 2024). Diseño y validación de una herramienta didáctica visual para la prevención del pie diabético, *Atención Primaria*, Science Direct, Volume 56, Issue 3,(102838).

A. Brunon, M. M. (2004). Zapatos ortopédicos. *EMC - Kinesiterapia - Medicina Física*, Volume 25, Issue 4, Pages 1-10.

G. Ha Van, C. A. (2019). Pie diabético. *EMC - Podología*, Volume 21, Issue 1, 1-21.

R. Gonggryp, Z. P. (2022). Tratamiento podológico del pie diabético. *Science Direct*, Volume 24, Issue 3, 1-10.

Nomenclature chaussures orthopédiques. (2016). Elsevier Masson SAS, 1-8.

Transmisibles, D. d., & Ministerio de Salud, C. (2013). Recomendaciones para el cuidado de los pies. *Prevención de úlceras en los pies con diabetes - Orientación técnica*. Red clinica.

Bus SA, A. D. (2016). IW- GDF Guidance on footwear and of oading interventions to prevent and heal foot ulcers in patients with diabetes. *Diabetes Metab Res Rev* , 32 Suppl 1:25-36.

calzado, F. O. (2010). DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PISOS PARA CALZADO. Madrid.

Ortiz Gil, A. (2019). LAS IMPRESORAS 3D COMO HERRAMIENTAS CIENTÍFICAS. *Observatori Astronomic de la Universitat de Valencia*, 1-8.

Sebastián, J. M. (2005). Escaneado en 3D y prototipado de piezas arqueológicas: las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del Patrimonio Arqueológico. *Iberia*. *Revista de la Antigüedad*, 135-158.

Vichis, L. (2002). Metodología del Diseño. Fundamentos teóricos. Mexico: Editorial Claves Latinoamericanas.

Hidalgo Valencia, I. (2021). Metodología "Doble Diamante" aplicada al aprendizaje del Diseño Tridimensional en estudiantes universitarios de Diseño Gráfico. 79-85.

Sampier, R. H. (2014). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill Interamericana.

Nessler, D. (2016). Revamped Double Diamond. Obtenido de United Kingdom: <https://drive.google.com/file/d/OB98AXb3Zclbrd-HBJdHMteXVGdIU/view>

Alborés, M. (26 de O2 de 2013). El Animal Invisible. Obtenido de <http://mafa-elanimalinvisible.blogspot.com/2013/O2/posibilidades-graficas-y-plasticas-en-3d.html>

Sherman, L. M. (2004). 3D Printers Lead Growth of Rapid Prototyping.

Quecartucho, E. (2013). Que es y que se puede hacer con el filamento flexible de impresoras 3D. Quecartucho.ES.

Medina Matteazzi, P. (2021). Tecnología 3D en el calzado. Artesanato y tradición. Scielo, 229-238.

Mejía Flores, H. J. (2016). Ventajas y desventajas de las impresoras 3D. Scielo, Revista Tecnológica, 12, 30.

Tipan Guaman, A. &. (2017). Sistema Escaner de pie con tecnología 3D que permita analizar la horma del zapato para la adaptación ergonomica del deportista. Latacunga.

Norman, D. A. (2002). The Design of Everyday Things. Association for Computing Machinery. Obtenido de <https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/2187809>

Gea, M., & Gutiérrez, L. (n.d.). Diseño de interfaces de usuario. ETSI Ingeniería Informática, Universidad de Granada, 1-16.

Shuh, S., Yi, C., & Chun, S. (2009). Classification and mass production technique for three-quarter shoe insoles using non-weight-bearing plantar shapes. Applied Ergonomics. (40(4)), 630-635.

Ayala, R. (2003). Descargas plantares y biomecánica del pie diabético. Science Direct, Segunda Edición, 375-384.

International Consensus on the Diabetic Foot & Practical Guidelines on the Management and Prevention of the Diabetic Foot. (2011). Obtenido de International Working Group on the diabetic foot.: <http://iwgdf.org/wp-content/uploads/2013/O3/1-dmrr2253-no-1.pdf>

Pinilla, A. E., Barrera, M., Sánchez, A. L., & Mejía, A. (2013). Factores de riesgo en diabetes mellitus y pie diabético: un enfoque hacia la prevención primaria. Revista Colombiana de Cardiología, 20(4), 213-222.

Moracho, J. G. (2007). Pensando en el usuario: la usabilidad. anuario thinkEPI, 172-177.

Narciso, F. E., & Rodriguez, T. J. (n.d). La Interacción Humano-Computadora (MODIHC). 18-27.

OMS, O. M. (1948). Constitución de la Organización Mundial de la Salud. OMS.

Association, A. D. (2021). Standards of medical care in diabetes—2021. Obtenido de <https://doi.org/10.2337/dc21-S001>

Gao, Y., Zhang, Y., & Sun, Y. (2020). Applications of 3D printing technology in orthotics and prosthetics. *Journal of Orthopedic Science*(25(6)), 958-965.

Garrett, J. J. (2011). *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*. New Riders.

Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2015). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. 4.

Marcus, A., & Gould, E. W. (2000). *Cross-currents: Cultural Dimensions and Global Web User-Interface Design*. ACM.

Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. Springer.

Zwolf, P. (2020). Polygons in 3D Modeling: A Comprehensive Guide. *3D Modeling Review*. 15(4), 22-35.

Petry, T. (2016). High-Resolution Modeling for Animation. *Journal of Digital Art*, 38(1), 45-60.

Brown, M. (2018). Introduction to 3D Modeling and Low Poly Techniques. *Computer Graphics Journal*, 112-130.

Weaver, D. (2015). Subdividing Meshes for Better Results. *Graphics Research*, 45-60.

Sculpteo. (2022). STL file format. Obtenido de <https://www.sculpteo.com/en/help/3d-printing/stl-file-format/>

Autodesk. (2020). Autodesk FBX [Software]. Obtenido de <https://www.autodesk.com/products/fbx/overview>

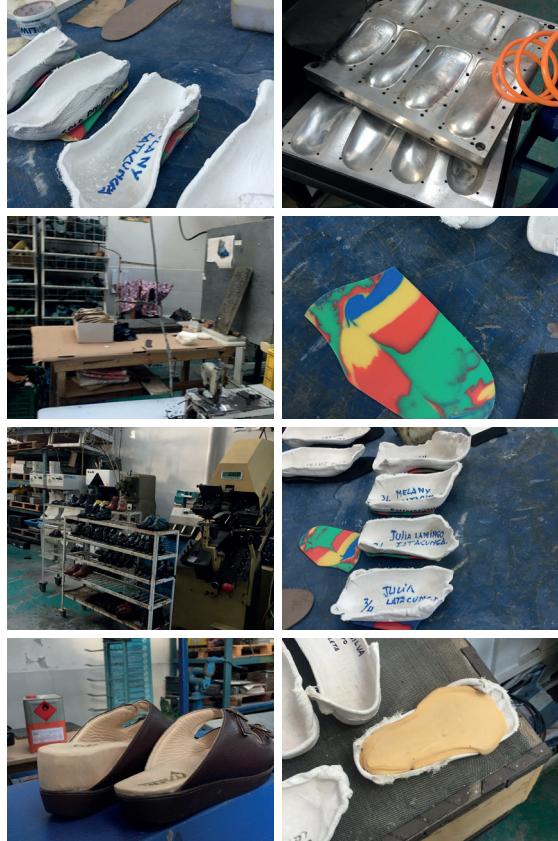
Autodesk. (2021). Autodesk FBX [Software]. Obtenido de <https://www.autodesk.com/products/fbx/overview>

Johnson, A. (2019). Polygon File Format (PLY). In *3D scanning technologies*, 15-29.

Ortiz Gil, A. (2019). LAS IMPRESORAS 3D COMO HERRAMIENTAS CIENTÍFICAS. *Observatori Astronomic de la Universitat de Valencia*, 1-8.

Haleem, A., & Javaid, M. (2018). Role of CT and MRI in the design and development of orthopaedic model using additive manufacturing (Vol. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma* 9). New Delhi, India: ELSEVIER.

ANEXOS





**Universidad
Indoamérica**

Ambato

Calle Bolívar 20-35 y Quito
(03) 2 421713 / 2421452

Quito

Machala y Sabanilla (Sector Cotacollao)
(02) 3998227 / 3998238
www.utl.edu.ec