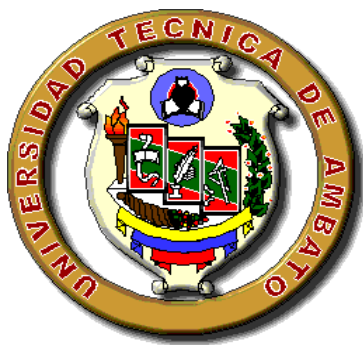




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE DISEÑO Y ARQUITECTURA

CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL

Tema: Diseño de un producto terapéutico para la rehabilitación de las manos en adultos con hipertensión.

Modalidad: Proyecto integrador

Trabajo de Titulación, Proyecto integrador previo a la obtención del Título de Ingeniería en Diseño Industrial, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato.

Autor: Enrique Sebastian Villacis Freire

Tutor: Ing. Mauricio Barreno

Ambato - Ecuador

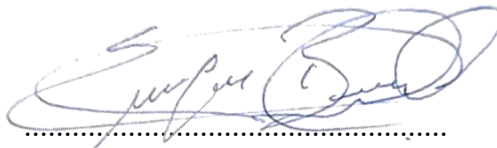
Marzo, 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

“Diseño de un producto terapéutico para la rehabilitación de las manos en adultos con hipertensión”, del alumno Enrique Sebastian Villacis Freire, estudiante de la carrera de Diseño Industrial, considero que dicho Trabajo de Titulación bajo la Modalidad Proyecto Integrador ha sido revisado en su totalidad, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo, ante el organismo pertinente para ser sometido a la evaluación de los profesores calificadores designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Ambato, marzo del 2025.



Ing. Mauricio Barreno

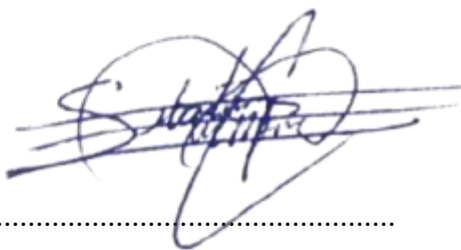
C.C.: 1804203907

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Enrique Sebastian Villacis Freire con cédula de ciudadanía No. 1805277405, declaro que los criterios emitidos en el trabajo de titulación, modalidad Proyecto Integrador bajo el tema: **“Diseño de un producto terapéutico para la rehabilitación de las manos en adultos con hipertensión”**. así como también los contenidos presentados, ideas, análisis, síntesis de datos y conclusiones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor/a de este trabajo de Titulación.

Ambato, marzo del 2025.



Enrique Sebastian Villacis Freire

C.C.: 1805277405

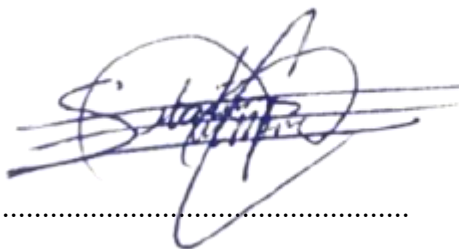
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Enrique Sebastian Villacis Freire con C.C.: 1805277405, en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **TEMA: “Diseño de un producto terapéutico para la rehabilitación de las manos en adultos con hipertensión”**, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible con fines netamente académicos para su lectura consulta y procesos de investigación.

Cedo una licencia gratuita e intransferible, así como los derechos patrimoniales de mi Trabajo de Titulación a favor de la Universidad Técnica de Ambato con fines de difusión pública; y se realice su publicación en el repositorio institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, siempre y cuando no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor/a.

Ambato, marzo del 2025.



Enrique Sebastian Villacis Freire

C.C.: 1805277405

AUTOR

TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado del Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto Integrador, sobre el **TEMA: “Diseño de un producto terapéutico para la rehabilitación de las manos en adultos con hipertensión”**, de Enrique Sebastian Villacis Freire estudiante de la carrera de Diseño Industrial, de la Facultad de Diseño y Arquitectura, de conformidad con el Reglamento para la Titulación de Grado para obtener el título terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato, una vez revisado y calificado.

Ambato, marzo 2025

Para constancia firman:

Título. Nombres y Apellidos

PRESIDENTE

C.C.:

Título. Nombres Apellidos

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

C.C.:

Título. Nombres Apellidos

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

C.C.:

DEDICATORIA

A Dios, por darme fuerza, guía y
esperanza cada día.

A mis abuelos, Andrés y Blanca
por su amor eterno y por
acompañarme desde el cielo.

A Isabel y Gladys por su valentía,
sacrificio y amor incondicional.

A Jade, mi fiel compañera, por
estar siempre a mi lado.

Enrique Sebastián Villacis Freire

AGRADECIMIENTO

A quienes creyeron, acompañaron o
simplemente estuvieron: gracias.

A mis docentes, tutor y revisores,
por su guía constante y compromiso,
que fueron fundamentales en el
desarrollo de este proyecto.

A cada experiencia vivida durante este
camino, por enseñarme, fortalecerme
y contribuir a mi crecimiento
personal y profesional.

Enrique Sebastián Villacís Freire

ÍNDICE DE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Introducción	1
1.1.1 Nombre del proyecto	2
1.1.2 Definición del problema	2
1.1.3 Contextualización	6
1.2 Justificación.....	7
1.3 Objetivos	9
1.3.1 Objetivo general.....	9
1.3.2 Objetivos específicos	9
CAPÍTULO II	10
MARCO REFERENCIAL	10
2.1. Antecedentes investigativos	12
1.2 Estado del arte	15
1.2.1 Investigaciones enfocadas en la rehabilitación de mano y dispositivos tecnológicos.....	15
1.2.2 Métodos de fabricación aplicados a dispositivos de rehabilitación.....	17

1.2.3	Dispositivos terapéuticos para la rehabilitación de la mano	19
1.2.4	Impacto de la tecnología 3D en el desarrollo de productos terapéuticos	20
1.2.5	Costos y accesibilidad de los productos terapéuticos	21
1.2.6	Adaptabilidad y personalización en la fabricación de dispositivos	22
1.2.7	Comparación entre dispositivos tradicionales y fabricados en 3D	23
1.2.8	Innovación en la impresión 3D de dispositivos de rehabilitación	24
	Fuente: (Bernatoniene, 2024).....	26
1.2.9	Aspectos biomecánicos y funcionales del dispositivo terapéutico	26
1.2.10	Exoesqueletos para rehabilitación motora	28
1.3	Marco Teórico	30
1.3.1	Historia y evolución de dispositivos terapéuticos para la mano	30
1.3.2	Historia y evolución de los dispositivos de rehabilitación	32
1.3.3	Dispositivos pasivos, activos y robóticos	32
1.3.4	Hipertonía	33
1.3.5	Estructura de la mano y fisiología de la mano	34
1.3.6	Movimientos principales de la mano	37
1.3.7	Movilidad y rango articular	39
1.3.8	Exoesqueletos para rehabilitación	41
1.3.9	Materiales de fabricación	41
1.3.10	Tecnologías y Métodos integradas	43
	CAPÍTULO III	44
	ANÁLISIS DEL CONTEXTO	44
3.1	Análisis externo.....	44
3.1.1	Segmentación del mercado potencial	45
3.1.2	Análisis PESTEL	46
3.1.2.1	Entorno político	47
3.1.2.2	Entorno económico	47
3.1.2.3	Entorno social/ cultural.....	48
3.1.2.4	Entorno tecnológico	48
3.1.2.5	Entorno ambiental.....	49
3.1.2.6	Entorno legal.....	50
3.1.3	Tendencias de consumo del entorno	50

3.1.4	Análisis del sector y del entorno de referencia	52
3.1.4.1	Estimación de Demanda	52
3.1.4.2	Estimación de Oferta	52
3.1.5	Análisis estratégico de la competencia	53
3.2	Análisis interno	55
3.2.1	Análisis FODA	55
3.2.1.1	Fortalezas	56
3.2.1.2	Oportunidades	56
3.2.1.3	Debilidades	56
3.2.1.4	Amenazas.....	57
3.2.2	Análisis de recursos propios y disponibles	57
3.2.2.1	Elementos de abastecimiento de materiales y materia prima	57
3.2.2.2	Elementos de producción.....	58
3.2.2.3	Elementos de comercialización	59
3.2.2.4	Análisis de costos de la competencia.....	59
CAPÍTULO IV.....		60
MARCO METODOLÓGICO		60
4.1	Ubicación	60
4.2	Tipo de investigación	60
4.2.1	Investigación Bibliográfica Documental	60
4.2.2	Investigación de Campo.....	61
4.2.3	Investigación Aplicada	62
4.3	Enfoque de trabajo	63
4.3.1	Enfoque Cualitativo	63
4.3.2	Enfoque Cuantitativo	64
4.4	Prueba de hipótesis.....	65
4.5	Definición de Variables.....	65
4.5.1	Variable Independiente	65
4.5.2	Variable Dependiente	66
4.6	Población y Muestra.....	66
4.7	Recolección de Información	67
4.7.1	Entrevista	67

4.7.2	Observación	69
4.8	Análisis y discusión de los resultados	71
4.8.1	Análisis entrevista	71
4.8.2	Datos de Mediciones y Movilidad	79
4.9	Triangulación de datos cuantitativos.....	83
4.9.1	Categoría claves identificadas	84
4.9.2	Análisis de datos	85
4.9.3	Interpretación y aplicación al diseño	85
CAPÍTULO V		87
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		87
5.1	Nombre del proyecto	87
ActiFlex.....		87
5.2	Descripción del producto	87
5.3	Metodología del diseño	88
5.4	BRIEF DE DISEÑO	90
5.4.1.1	Público Objetivo	96
5.4.1.2	Mercado	97
5.4.2	Recursos.....	97
5.4.3	Presupuesto	98
5.5	Ingeniería básica del producto	98
5.5.1	Lluvia de Ideas.....	98
5.5.2	Arquitectura del producto	102
5.5.3	Conceptualización de la cromática	103
5.5.4	Determinación del perfil funcional	104
5.5.5	Modelos Naturales	104
5.5.6	Conceptualización de la forma	107
5.5.7	Bocetos.....	108
5.5.8	Desarrollo de criterios de selección y evaluación.....	109
5.5.8.1	Estándares de aceptación	109
5.5.8.2	Requerimientos Operacionales	110
5.6	Diseño detallado de producto.....	110
5.6.1	Selección de materiales.....	110

5.6.2	Especificaciones técnicas del producto.....	111
5.1	Generación del modelo del producto	112
5.1.1	Desarrollo de planos técnicos del producto	112
5.1.1	Proceso de producción	122
6.1.1	Cálculo de carga.....	123
6.2	Evaluación del producto.....	124
6.2.1	Evaluaciones Técnicas	124
6.2.2	Validación del producto.....	125
	El dispositivo ha demostrado ser eficaz, seguro y fácil de usar, con un 75% de mejora funcional y una valoración general de 9.1/10.	125
	CONCLUSIONES	126
	Bibliografía	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Matriz Competencia</i>	54
Tabla 2: <i>Análisis FODA</i>	55
Tabla 3: <i>Análisis de materiales</i>	57
Tabla 4: <i>Análisis costos de competencia</i>	59
Tabla 5: <i>Definición de Variables Variable independiente</i>	65
Tabla 6: <i>Definición de Variables Variable dependiente</i>	66
Tabla 7: <i>Estructura de la entrevista</i>	68
Tabla 8: <i>Bitácora de observación</i>	70
Tabla 9: <i>Análisis de resultados de la encuesta</i>	78
Tabla 10: <i>Mediciones de la medida de la mano</i>	81
Tabla 11: <i>Mediciones de la movilidad de la mano</i>	82
Tabla 12: <i>Análisis de datos</i>	85
Tabla 13: <i>Público objetivo</i>	96
Tabla 14: <i>Presupuesto</i>	98
Tabla 15: <i>Estándares de aceptación</i>	109
Tabla 16: <i>Requerimientos Operacionales</i>	110
Tabla 17: <i>Selección de Materiales</i>	110
Tabla 18: <i>Evaluaciones Técnicas</i>	124
Tabla 19: <i>Validación del producto</i>	125

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: <i>Árbol de problemas</i>	5
Figura 2: <i>Tipo de Discapacidad</i>	13
Figura 3: <i>Grado de Discapacidad</i>	13
Figura 4: <i>Grupos Etarios</i>	14
Figura 5: <i>Métodos de fabricación</i>	19
Figura 6: <i>Evolución de dispositivos terapéuticos para la rehabilitación de la mano</i>	20
Figura 7: <i>Proceso de fabricación en impresora 3D</i>	23
Figura 8: <i>Diagrama impresión 3D</i>	26
Figura 9: <i>Exoesqueleto Amadeo</i>	28
Figura 10: <i>Exoesqueleto Armeo</i>	29
Figura 11: <i>Exoesqueleto Aemedi</i>	29
Figura 12: <i>Estructura de la mano</i>	35
Figura 13: <i>Movimientos del dedo pulgar</i>	36
Figura 14: <i>Proceso de producción</i>	58
Figura 15: <i>Pregunta 1</i>	71
Figura 16: <i>Pregunta 2</i>	72
Figura 17: <i>Pregunta 3</i>	73
Figura 18: <i>Pregunta 4</i>	73
Figura 19: <i>Pregunta 5</i>	74
Figura 20: <i>Pregunta 6</i>	75
Figura 21: <i>Pregunta 7</i>	75
Figura 22: <i>Pregunta 8</i>	76

Figura 23: <i>Pregunta 9</i>	76
Figura 24: <i>Pregunta 10</i>	77
Figura 25: <i>Parámetros de la medida de la mano</i>	80
Figura 26: <i>Triangulación Concurrente</i>	84
Figura 27: <i>Metodología Design Thinking</i>	88
Figura 28: <i>Metodología Design Thinking</i>	89
Figura 29: <i>Boceto Inicial 1</i>	99
Figura 30: <i>Boceto Inicial 2</i>	99
Figura 31: <i>Boceto Inicial 3</i>	100
Figura 32: <i>Boceto Inicial 4</i>	100
Figura 33: <i>Boceto Inicial 5</i>	101
Figura 34: <i>Arquitectura del producto</i>	102
Figura 35: <i>Conceptualización de la cromática</i>	103
Figura 36: <i>Modelo Natural felino</i>	105
Figura 37: <i>Modelo Natural estrella de mar</i>	105
Figura 38: <i>Modelo Natural murciélago</i>	106
Figura 39: <i>Conceptualización de forma</i>	107
Figura 40: <i>Boceto Final</i>	108
Figura 41: <i>Diseño final 1</i>	119
Figura 42: <i>Diseño final 2</i>	119
Figura 43: <i>Proceso de producción</i>	122

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto de tesis tiene como finalidad el diseño de un producto terapéutico que se enfoca a la rehabilitación de las manos en personas adultas que padecen hipertonía, la cual es una condición neuromuscular que consiste en un aumento anormal del tono muscular, lo que limita la funcionalidad manual y, en consecuencia, la autonomía personal. La investigación se desarrolla en el contexto del Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades “El Peral 1”, ubicado en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, lugar en donde se evidencian limitaciones en cuanto al acceso a dispositivos específicos que respondan a las necesidades de esta población.

Para poder identificar las necesidades específicas del sector, la población inicial constó de 60 personas diagnosticadas con esta condición, lo que permitió identificar patrones comunes en sus características funcionales, del cual se seleccionó una muestra de 10 individuos que cumplieran con las características específicas necesarias para la investigación. Por lo que, se identificaron diferencias significativas en la oferta actual de dispositivos terapéuticos, principalmente debido a altos costos de producción e importación, por ende, también la falta de adaptabilidad de los modelos existentes.

Consecuencia de esto, el objetivo principal de este proyecto busca el desarrollo de un dispositivo accesible y funcional, acompañado de características importantes como la ergonomía y diseño enfocado en personas adultas con hipertonía. Para ello, se aplicó un enfoque metodológico mixto que combinó el levantamiento cualitativo de información mediante entrevistas a las personas especialistas en la rehabilitación de las personas con este padecimiento, además, se complementó con medición biomecánica, lo que permitió definir requerimientos funcionales precisos.

Para llevar a cabo la fabricación del prototipo, se inició con diseño terapéutico con componentes modulares, la utilización de tecnología de impresión 3D y materiales biocompatibles, lo cual permite no solo reducir respecto a los costos de producción, sino también adaptar el prototipo a distintos grados de rigidez muscular. La validación funcional, fue verificada a través de simulaciones y pruebas preliminares, lo cual

demostró la aceptación del paciente al portar el objeto terapéutico y la facilidad del profesional de rehabilitación respecto al manejo de este.

El proyecto, además de la viabilidad de integrar conocimientos de diseño industrial con criterios terapéuticos también ofrece una alternativa diferente, innovadora y asequible para el tratamiento terapéutico de la hipertensión de las personas adultas que pertenecen al Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades “El Peral 1” enfocado en los recursos limitados que tienen estos pacientes. De la misma manera, ayuda al fortalecimiento de la autonomía de los pacientes con hipertensión que es uno de los objetos que tiene el Centro Asistencial y a la mejora de su calidad de vida.

PALABRAS CLAVE: HIPERTENSIÓN, REHABILITACIÓN DE MANO, MUSCULAR, DISPOSITIVO TERAPÉUTICO, IMPRESIÓN 3D, ACCESIBILIDAD.

ABSTRACT

The purpose of this thesis project is to design a therapeutic product focused on hand rehabilitation in adults suffering from hypertonia, a neuromuscular condition consisting of an abnormal increase in muscle tone, which limits manual function and, consequently, personal autonomy. The research is being conducted in the context of the "El Peral 1" Municipal Inclusive Disability Assistance Center, located in the city of Ambato, Tungurahua province, where there are limitations in access to specific devices that meet the needs of this population.

In order to identify the requirement of the place, the initial population consisted of 60 people diagnosed with this condition. This allowed for the identification of common patterns in their functional characteristics. From this, a sample of 10 individuals who met the specific characteristics required for the research was selected. Therefore, significant differences are identified in the current supply of therapeutic devices, mainly due to high production and import costs, and therefore also the lack of adaptability of existing models.

As a result, the main objective of this project is to develop an accessible and functional device, accompanied by important features such as ergonomics and a design focused on adults with hypertonia. To achieve this, a mixed-methodological approach was applied, combining qualitative data collection through interviews with specialists in the rehabilitation of people with this condition, complemented by biomechanical measurements, which allowed for the definition of precise functional requirements.

To manufacture the prototype, the therapeutic design began with modular components, utilizing 3D printing technology and biocompatible materials such as neoprene, which not only allows for reduced production costs but also allows the prototype to be adapted to different degrees of muscle stiffness. Functional validation was verified through simulations and preliminary tests, which demonstrated user acceptance of the therapeutic device and ease of handling for rehabilitation professionals.

In addition to the feasibility of integrating industrial design knowledge with therapeutic criteria, the project also offers a different, innovative, and affordable alternative for the therapeutic treatment of hypertonia in adults at the "El Peral 1" Municipal Inclusive Disability Care Center, focusing on the limited resources available to these patients. Likewise, it helps strengthen the autonomy of patients with hypertonia, which is one of the Center's core goals, and improve their quality of life.

KEY WORDS: HYPERTONIA, HAND REHABILITATION, MUSCULAR REHABILITATION, THERAPEUTIC DEVICE, 3D PRINTING, ACCESSIBILITY.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES GENERALES

Introducción

La rehabilitación de las manos en personas con hipertonía representa un desafío significativo dentro del ámbito terapéutico. El diseño se presenta como una alternativa para plantear soluciones para proponer dispositivos terapéuticos. Especialmente en centros de atención, el estudio se desarrollará en el Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades 'El Peral 1' en Ambato, Ecuador. La hipertonía se caracteriza por un aumento anormal en el tono muscular, lo cual dificulta la movilidad y el desarrollo de la motricidad fina, dicha condición conlleva a una afectación que limita la independencia de los pacientes en actividades diarias básicas, como sujetar objetos, escribir o vestirse (Calderón, 2019).

La principal causa es la ausencia de instrumentos terapéuticos que se encuentren diseñados específicamente para tratar esta condición, lo que ocasiona que el tratamiento se limite y frene las posibilidades de recuperación, además prolonga la dependencia de tratamientos convencionales que, en muchos casos, no contribuyen al fortalecimiento muscular, ni a tratar adecuadamente la enfermedad, de modo que, no siempre se responde de manera óptima a las necesidades de los pacientes.

En los últimos años, varias investigaciones han aportado con información relevante para el desarrollo de aparatos enfocados en la rehabilitación de la mano como, guantes modulares y exoesqueletos híbridos, dichos apartados han demostrado su efectividad en la mejora del agarre y la coordinación de la motricidad (Valenzuela, Torres, & Ravelo, 2024). Sin embargo, muchos de estos productos presentan costos elevados y mecanismos complejos. Por lo tanto, a la hora de implementar aparatos en Centros con personas que tengan dicha condición presentan desafíos significativos. De igual manera, el problema se agrava cuando las personas que padecen dicha condición tienen recursos limitados. De esta manera, la necesidad urgente de proponer una solución

accesible y funcional, para la rehabilitación de la hipertensión en las manos, es evidente. El desarrollo de un aparato terapéutico adecuado puede representar un avance significativo en la calidad de vida de los pacientes (Gómez & Ocampo, 2021).

Este proyecto tiene como objetivo diseñar un producto terapéutico que posibilite la rehabilitación de las manos en personas con hipertensión, enfocándose en mejorar la movilidad, reducción de la rigidez muscular y el fortalecimiento de la motricidad fina. Esta propuesta está enfocada en proporcionar una alternativa accesible y eficaz, que potencie las terapias actuales y fomente la autonomía de los pacientes en su proceso de recuperación.

A fin de dar cumplimiento a lo mencionado en el proyecto, se pondrá en práctica un proceso de diseño basado en un análisis de las necesidades específicas de los pacientes que padecen hipertensión, con una detallada investigación de materiales, técnicas de fabricación apropiadas, y la validación del dispositivo mediante pruebas funcionales realizadas en el Centro Asistencial 'El Peral 1'. En base a lo mencionado, se pretende contribuir al desarrollo de un producto terapéutico innovador que beneficie a la terapia y la asistencia de las personas con hipertensión, mejorando la rehabilitación e impulsando el desarrollo para las actividades diarias con mayor independencia.

1.1.1 Nombre del proyecto

Diseño de un producto terapéutico para la rehabilitación de las manos en adultos con hipertensión.

1.1.2 Definición del problema

El proceso de rehabilitación de las manos en pacientes con hipertensión representa un desafío importante y significativo en el ámbito terapéutico, especialmente en entornos como el Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades 'El Peral 1' en Ambato, Ecuador. La hipertensión es caracterizada por un aumento anormal tono muscular, que afecta la movilidad y funcionalidad de las extremidades superiores, lo

que limita su capacidad de autonomía de los pacientes con hipertensión en sus actividades diarias y compromete su calidad de vida (Cantero, 2020).

A pesar de los avances en productos de rehabilitación, la oferta actual no se encuentra adaptada a las necesidades específicas de los pacientes, entendiendo que en Ecuador la discapacidad física es la primera en la lista antes que la intelectual y visual. De tal sentido, la Secretaría de planificación y el Ministerio de Salud Pública [MSP] (2023), estableció que el 2,6% de la población tienen una discapacidad física, lo que equivale a 480.777 personas, este sector no ha sido adecuadamente atendido, ya que la mayoría de los productos existentes en el mercado están diseñados para la recuperación de lesiones traumáticas o posoperatorias, dejando de lado las necesidades de los pacientes con hipertensión y la importancia de un enfoque terapéutico constante y personalizado.

El estudio denominado exoesqueletos de rehabilitación: una revisión sistemática de literatura desarrollado por Robles, Reyes, Hernández y Palacios (2024) analizó el desarrollo de dispositivos innovadores para la rehabilitación de la mano, como exoesqueletos híbridos y guantes terapéuticos basados en dispositivos flexibles, los cuales han demostrado ser efectivos en la mejora de la motricidad fina y la fuerza de agarre (Ahmed, 2021). Sin embargo, estos instrumentos suelen mantener costos elevados y por ende se vuelven poco accesibles para centros de atención con recursos limitados.

En el contexto del Centro Asistencial 'El Peral 1', los pacientes con hipertensión carecen de productos especializados que les permitan fortalecer sus manos de manera controlada y progresiva. Esto genera una dependencia larga de terapias convencionales que, si bien contribuyen a la movilidad, no siempre garantizan avances significativos a largo plazo. Investigaciones como las de Evans y Cameron han señalado que la combinación de dispositivos de asistencia con ejercicios específicos puede ayudar a la recuperación y reducir la rigidez muscular (Evans & Cameron, 2017).

La falta de un producto terapéutico diseñado específicamente para los pacientes con hipertensión no solo limita la efectividad de las terapias actuales, sino que también

incrementa el riesgo de deterioro funcional con el tiempo. Esto resalta la necesidad de desarrollar una solución accesible y funcional que contribuya a la rehabilitación de las manos de las personas que padecen hipertensión, para promoviendo su independencia y bienestar.

Al analizar la oferta global y nacional de productos para la rehabilitación de hipertensión, se identifican factores como el costo y el tiempo de envío como factores fundamentales. En países como Estados Unidos, el precio promedio de un dispositivo es de alrededor de \$200 USD; sin embargo, al incluir los costos asociados a la importación, el valor final aumenta hasta \$500 USD, con un tiempo de envío promedio de dos meses (Grand View Research, 2024). En comparación, si la fabricación se realiza a nivel nacional, se estima que el costo podría reducirse a \$120 USD, con un tiempo de producción de aproximadamente tres semanas, lo que representa una alternativa más rápida y económica

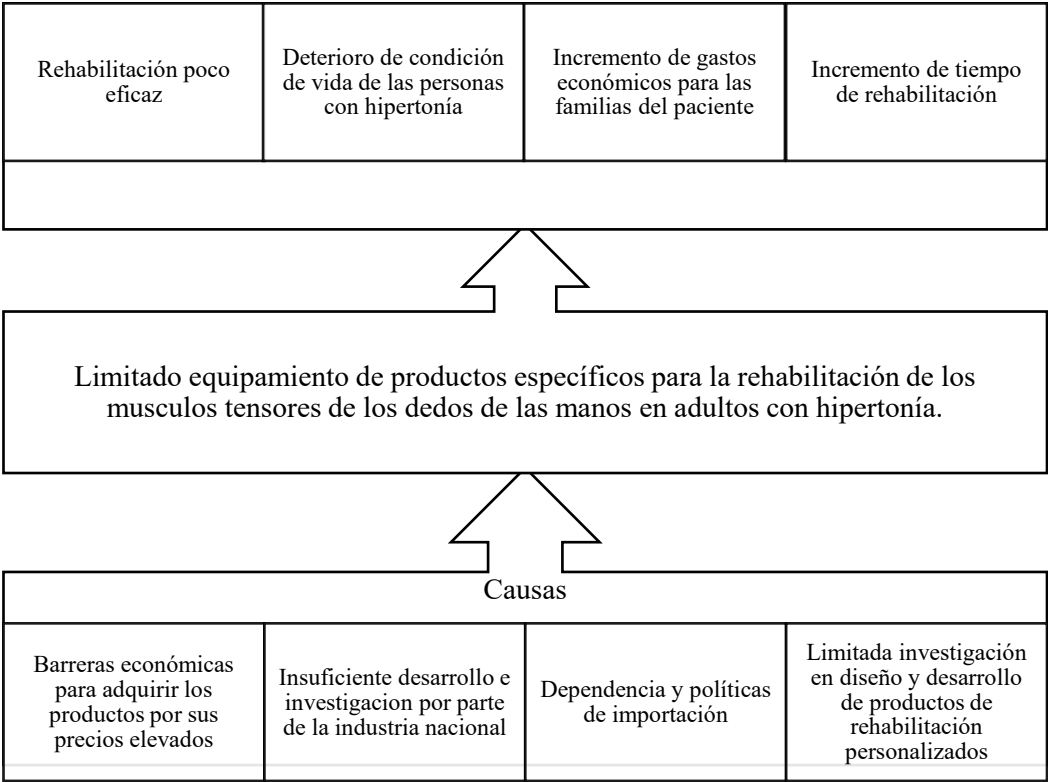
Se busca el desarrollo de un producto terapéutico que facilite la rehabilitación de las manos en personas con hipertensión, que cumpla con la necesidad de mejorar la movilidad, reducir la rigidez muscular y fomentar el desarrollo de la motricidad fina. Para ello, se llevó a cabo un análisis minucioso y detallado de las necesidades de los pacientes, el diseño del dispositivo y su validación mediante pruebas en el entorno del Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades 'El Peral 1' en tal sentido,

Durante el levantamiento de información, se identificó el caso de una madre que asiste regularmente al centro con su hijo quien padece de hipertensión, a pesar de recibir terapia un año seis meses, no se ha identificado grandes avances con ejercicios manuales, de igual manera la terapeuta del centro menciona que una rehabilitación de motricidad fina puede tardar el doble del tiempo por falta de equipos especializados, lo que deja un precedente de la problemática estudiada. De igual manera se ha desarrollado un árbol de problemas para entender la problemática:

Por lo tanto, tras un análisis de la problemática identificada, se concluye que la falta de opciones de productos terapéuticos accesibles, adecuados y personalizados

representa una barrera significativa para las personas con hipertensión. Esta situación evidencia la necesidad de abordar las limitaciones actuales del mercado, donde los dispositivos disponibles suelen ser costosos y están diseñados para casos generales, dejando de lado las particularidades de esta condición. En respuesta, se plantea como propuesta el diseño de un producto innovador que se adapte a las necesidades específicas de este grupo de personas, priorizando la accesibilidad económica, la personalización funcional y la mejora de la calidad de vida de los pacientes mediante tecnologías y metodologías apropiadas.

Figura 1: *Árbol de problemas*



Nota: La Figura representa las causas y consecuencias de la problemática de estudio, elaboración propia (2025)

1.1.3 Contextualización

La hipertonía es un trastorno neuromuscular caracterizado por un aumento anormal del tono muscular, lo que dificulta la movilidad y el control motor de las extremidades. Esta condición afecta significativamente la funcionalidad de las manos, limitando la capacidad de los pacientes para realizar actividades esenciales como sujetar objetos, escribir o realizar movimientos precisos. La rehabilitación de la motricidad fina es fundamental para mejorar la autonomía de las personas con hipertonía, ya que permite desarrollar habilidades necesarias para la vida diaria y reducir la rigidez muscular que agrava la condición (Kabir, 2022). Por tal motivo, varios estudios han señalado que la rehabilitación de la mano mediante productos terapéuticos puede mejorar significativamente la función motriz y la fuerza de agarre en personas con trastornos neuromusculares.

Investigaciones recientes han desarrollado tecnologías como exoesqueletos, guantes modulares y prótesis dinámicas que facilitan la recuperación de la movilidad de la mano (Ahmed, 2021). Sin embargo, la mayoría de estos dispositivos están diseñados para lesiones traumáticas o posoperatorias, dejando de lado las necesidades específicas de quienes presentan hipertonía.

En Ecuador, el acceso a tecnologías de rehabilitación es aún limitado, especialmente en centros especializados como el Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades “El Peral 1” en Ambato. Este centro brinda atención a personas con diversas condiciones incapacitantes, pero enfrenta restricciones en cuanto a dispositivos específicos para la rehabilitación de la mano. Actualmente, la terapia manual y el uso de herramientas convencionales constituyen los principales métodos de rehabilitación, lo que no siempre resulta suficiente para mejorar la funcionalidad y reducir la espasticidad en personas con hipertonía (Gómez J. C., 2020).

La falta de soluciones accesibles y adaptadas a esta condición incrementa la dependencia de los pacientes hacia sus terapeutas y cuidadores, afectando su autonomía y calidad de vida. Según estudios previos, el uso de dispositivos diseñados

específicamente para la rehabilitación manual en pacientes con trastornos neuromusculares puede potenciar la neuroplasticidad y facilitar la recuperación de funciones motoras (Pérez, 2019). En este sentido, es crucial desarrollar una alternativa ergonómica y funcional que responda a las necesidades de esta población.

Este proyecto busca diseñar un producto terapéutico para la rehabilitación de la motricidad fina en personas con hipertonía, priorizando la accesibilidad, funcionalidad y efectividad en el proceso de recuperación. A través del análisis de las necesidades específicas de los pacientes, la implementación de principios ergonómicos y la validación del dispositivo en un entorno terapéutico, se espera contribuir al desarrollo de herramientas innovadoras que mejoren la calidad de vida de los pacientes y fomenten su independencia en las actividades diarias.

Justificación

La motricidad fina es un aspecto fundamental en la funcionalidad y autonomía de las personas, ya que permite realizar actividades esenciales como sujetar objetos, escribir y manipular herramientas con precisión. En personas con hipertonía, el aumento anormal del tono muscular restringe estos movimientos, generando dificultades significativas en su vida diaria. La rehabilitación de la motricidad fina es importante para mejorar la independencia de los pacientes, sin embargo, los tratamientos convencionales suelen enfocarse en ejercicios manuales sin la incorporación de dispositivos terapéuticos específicos que optimicen el proceso de recuperación (Kabir, 2022).

La Constitución de la República del Ecuador (2008) establece en el art. 50 que es responsabilidad del estado garantizar que las personas que tengan una discapacidad sean atendidas de manera prioritaria, oportuna y preferente, de igual manera, la ley orgánica de discapacidades (2012), tiene como objetivo principal la prevención, y rehabilitación de la discapacidad. Sin embargo, en la práctica la atención y el acceso a tecnologías de rehabilitación siguen siendo limitados, especialmente en centros

especializados como el Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades 'El Peral 1' en Ambato.

Los tratamientos disponibles dependen en gran medida del trabajo terapéutico manual, lo que puede resultar insuficiente para lograr avances significativos en la recuperación funcional de los pacientes. Según cifras de Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], (2023) 7 de cada 100 ecuatorianos tienen dificultades funcionales para realizar una actividad cotidiana.

Dicho esto, estudios recientes han demostrado que el uso de dispositivos diseñados específicamente para la rehabilitación de la mano, como exoesqueletos y guantes modulares, puede mejorar la coordinación, reducir la rigidez muscular y potenciar la fuerza de agarre (Ahmed, 2021). Sin embargo, estos dispositivos suelen ser costosos y poco accesibles para centros de atención con recursos limitados y un proceso complejo de compra mediante importación por medio de la plataforma del Servicio Nacional de contratación pública [SERCOP] entendiéndose que las empresas extranjeras prefieren no participar en las contrataciones de compras públicas por la complejidad del proceso.

“La falta de dispositivos accesibles y adaptados a la rehabilitación manual en personas con condiciones neuromusculares impacta directamente en su calidad de vida, prolongando su dependencia de terapias tradicionales y retrasando su progreso” (Sainz, 2022). En este sentido, la ausencia de herramientas diseñadas específicamente para la rehabilitación de la hipertonía en las manos evidencia una brecha importante en el ámbito terapéutico. El desarrollo de un producto terapéutico que aborde estas necesidades y nacional contribuiría a mejorar la autonomía de los pacientes y a reducir la carga de los profesionales de rehabilitación con una alternativa accesible económica desarrollado con \$96,00.

Desde una perspectiva interdisciplinaria, este proyecto integra conocimientos de diseño industrial, biomecánica, fisioterapia y tecnología aplicada a la rehabilitación, con el fin de desarrollar una solución innovadora y accesible. Su viabilidad está respaldada por la creciente necesidad de dispositivos de rehabilitación en centros

especializados y por la posibilidad de utilizar materiales y técnicas de fabricación accesibles, lo que garantiza un producto funcional y de bajo costo.

Este proyecto no solo busca mejorar la calidad de vida de las personas con hipertensión a través de un producto terapéutico especializado, sino que también contribuye al avance del diseño industrial aplicado a la salud. Su impacto se reflejará tanto en la recuperación de los pacientes como en la optimización del trabajo terapéutico dentro del Centro Asistencial El Peral 1.

Objetivos

1.1.4 Objetivo general

- Diseñar un dispositivo terapéutico que ayude a la movilidad de los músculos extensores de los dedos de las manos en adultos con hipertensión.

1.1.5 Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos específicos de los pacientes con hipertensión atendidos en el Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades “El Peral 1” en Ambato, Ecuador, mediante entrevistas al personal técnico y revisión de casos documentados.
- Analizar productos existentes para rehabilitación manual, en donde se determine el concepto del diseño, funcionalidad y oportunidades de mejora aplicables priorizando comodidad y accesibilidad.
- Desarrollar un producto en donde se utilice materiales adecuados, integrando las necesidades del análisis del caso de estudio para garantizar su adecuada implementación a las necesidades identificadas.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

La hipertonía es una condición caracterizada por el aumento anormal del tono muscular (Granit, 2005). Por lo tal, dicha condición genera rigidez lo que, limitando severamente la funcionalidad manual, En consecuencia, afecta las actividades cotidianas como, agarrar objetos o realizar movimientos precisos. Según los hallazgos de Brito (2020), destacan que la pérdida de movilidad en la mano reduce hasta un 40% la autonomía personal, especialmente cuando se compromete la articulación del pulgar. Dicho esto, en Ecuador, esta problemática se agrava por la falta de dispositivos terapéuticos accesibles: el 65% de adultos con discapacidad física.

En Ambato presentan limitaciones moderadas a severas (Consejo Nacional para la igualdad de discapacidades [CONADIS], 2024), pero la mayoría de soluciones disponibles son importadas y no adaptadas a hipertonía (Quinga Escobar, 2018), por lo que el propósito de la fisioterapia es uno de los factores determinantes para el tratamiento de la hipertonía, no obstante se necesita de productos terapéuticos que se encuentren adaptados a la realidad del paciente, así lo determina Arévalo (2022). Puesto que, la movilidad temprana y ejercicios terapéuticos ayudan con la disminución de complicaciones neurológicas, lo que logra un incremento de movilidad muscular.

Los enfoques terapéuticos convencionales, aunque ampliamente reconocidos, se enfrentan a una escasez de constancia por parte de los pacientes, en consecuencia la mayor problemática de los tratamientos es la realización de las terapias a largo plazo, un requerimiento importante para el tratamiento de la hipertonía, por ende este problema es aún más pronunciado en países en desarrollo, donde la disponibilidad de terapias calificadas es limitada (Ganguly, Kulshreshtha, & Almotiti, 2021). Como resultado, muchas personas afectadas dependen de familiares o personas que cuiden de ellas para recibir la atención y ayuda. Esto resalta la necesidad urgente de desarrollar productos terapéuticos innovadores de rehabilitación que puedan superar las

limitaciones de los métodos terapéuticos actuales a la incorporación de tecnologías de impresión 3D.

En este contexto, La impresión 3D emerge como solución viable para crear dispositivos personalizados que cumplan las características necesarias para tratar la hipertonia. Investigaciones como las de Ahmed (2021), con el producto propuesto demuestran que diseños ergonómicos con diferentes movimientos que sean controlados mejoran la rehabilitación en condiciones de rigidez muscular, un principio importante para tratar la hipertonia es la movilidad. De modo que las tecnologías han innovado como una alternativa prometedora para complementar o incluso puede reemplazar las terapias convencionales. (Segnini, Vaca, & Vergara, 2019). Estas tecnologías no solo ayudan en la recuperación física, sino que también optimizan el proceso de rehabilitación de funciones específicas de movilidad. Un ejemplo de este tipo de tratamiento es el movimiento pasivo continuo, que implica mover pasivamente los dedos mediante fuerzas externas, con el fin de estimular la movilidad.

El diseño industrial aplicado a la rehabilitación de hipertonia debe implementar innovación tecnológica con adaptación anatómica de la mano. La Organización mundial de diseño [WDO] (2024), enfatiza que soluciones efectivas requieren enfoques centrados en el paciente, especialmente para condiciones motoras complejas. En este contexto: Las tecnologías como la impresión 3D permiten fabricar dispositivos ligeros y ajustables a la rigidez muscular característica de la hipertonia (Ahmed, 2021)

La ergonomía según Kabir et al. (2022), demuestra que productos para rehabilitación manual deben evitar sobrecargar músculos espásticos para mejorar la movilidad, requiriendo materiales flexibles y sistemas de fuerza adaptable. De igual manera la ergonomía busca la adaptación del diseño a diferentes pacientes, puesto que es el conjunto de técnicas cuyo objetivo es el bienestar y adaptación, con un desarrollo de diseño centrado en el paciente para que la rehabilitación sea adaptativa a los requerimientos de movilidad (Soto, 2011).

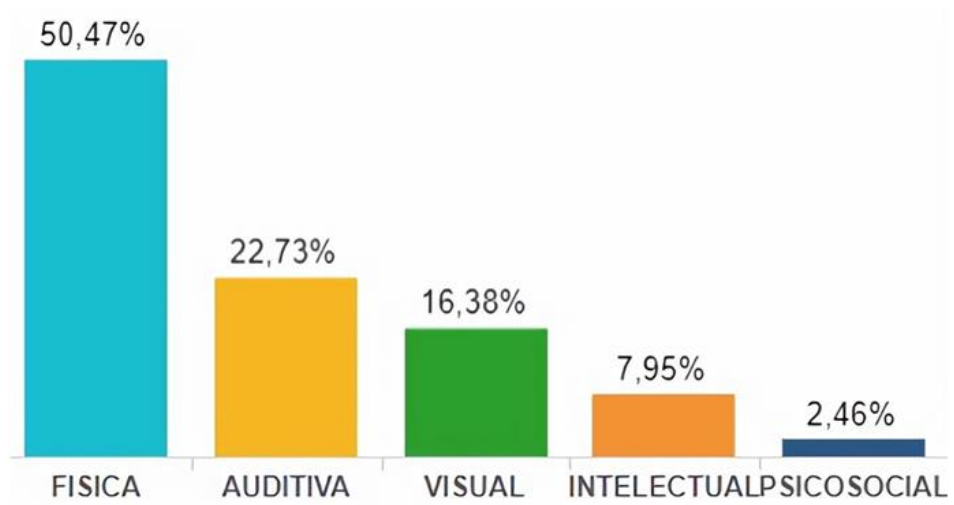
En Ecuador, este enfoque es necesario como lo determina Bravo (2023), en donde menciona que el 43% de adultos con discapacidad en Ambato están en edad laboral, siendo de suma importancia que sus funciones motoras tengan mayor movilidad gracias a una rehabilitación con enfoque a la necesidad del paciente, sin embargo carecen de dispositivos que equilibren funcionalidad terapéutica, de igual manera los pacientes no poseen accesibilidad económica para acceder a terapias constantes.

2.1. Antecedentes investigativos

Los accidentes laborales y las condiciones neurológicas son la principal causa frecuente de discapacidad motora en extremidades superiores como las manos, al referirnos particularmente en adultos con hipertensión. Según la Organización internacional del trabajo [OIT] (2024), en el ámbito internacional ocurre más de 313 millones de accidentes laborales anuales que no llegan a ocasional una muerte, muchos de estos accidentes se derivan en lesiones que podrían afectar la funcionalidad motora en las manos. En Ecuador, esta problemática es alarmante, entendiendo que 42 de cada 1,000 trabajadores sufren accidentes laborales anuales, y aproximadamente 500 casos resultan en una incapacidad en donde deriva en la pérdida parcial o completa de la movilidad en manos o brazos (Guerrero Carvajal, 2024).

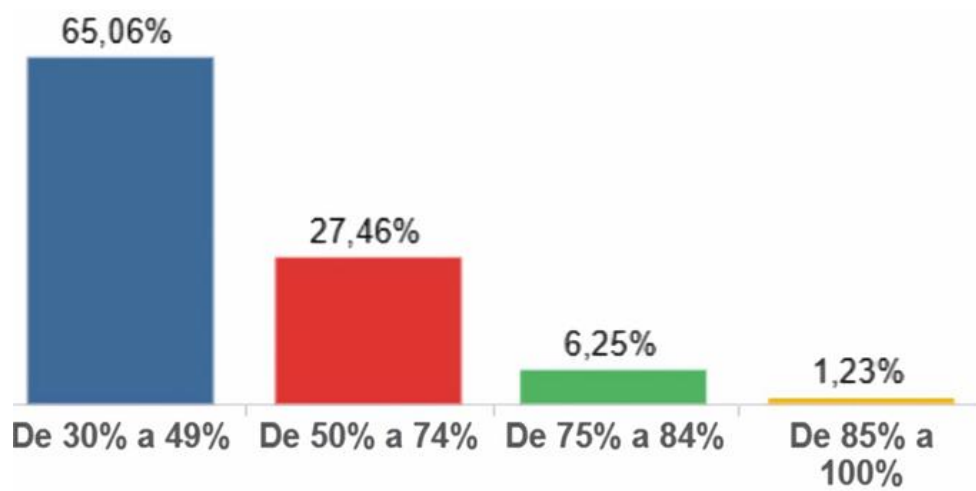
En Ambato, Tungurahua, los datos del Consejo Nacional para la desigualdad de discapacidades [CONADIS] (2024), revelan que el 50.47% de las personas con discapacidades son laboralmente activa, también es importante resaltar que son de tipo físico las principales, siendo las extremidades superiores las más afectadas. De igual manera el 65.06% de los casos presentan una discapacidad moderada que va desde el 30 al 49%, de los cuales el 43,53% con personas de entre 36 a 50 años. La hipertensión que es una patología que se caracteriza por rigidez y espasmos musculares agrava esta situación, lo que limita severamente y de manera importante la capacidad para realizar movimientos precisos y actividades cotidianas básicas lo que limita a la capacidad para ejercer un trabajo (Guerrero Carvajal, 2024).

Figura 2: *Tipo de Discapacidad*



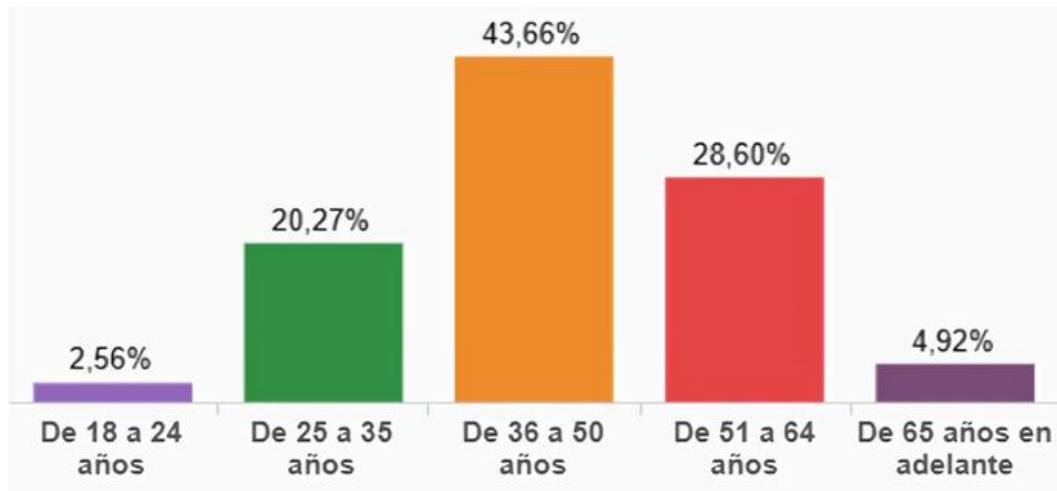
Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2023)

Figura 3: *Grado de Discapacidad*



Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2023)

Figura 4: *Grupos Etarios*



Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2023)

Del mismo modo, a escala mundial 610,000 personas sufren accidentes cerebrovasculares anualmente (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2024), entre los sobrevivientes el 50% de las personas se encuentran crónicamente discapacitadas de manera física, se concluye que en la mayoría de los casos se observa una pérdida importante de la capacidad motora de una manera parcial o completa de la mano, ocasionando que los pacientes necesiten una rehabilitación adaptada y constante a su patología, no obstante los mecanismos de rehabilitación tradicionales son costosos y muchas veces los pacientes no pueden acceder al tratamiento adecuado, de esta manera la innovación con impresión 3D busca resolver la problemática proporcionando una herramienta funcional, asequible y adaptativa a cada paciente (García E. , 2004).

El desarrollo de un producto de rehabilitación busca mejorar el acceso a terapias de calidad adaptadas con un enfoque de optimización del proceso de recuperación, además la innovación responde a la falta de productos que brinden una opción personalizada promoviendo así la independencia del paciente durante su recuperación.

Estos antecedentes evidencian la necesidad urgente de desarrollar soluciones terapéuticas específicas para la rehabilitación manual en adultos con hipertensión. La

pérdida de funcionalidad en las manos no solo afecta la independencia personal, sino también la independencia laboral y económica significativa, especialmente en una población mayoritariamente en edad productiva.

1.2 Estado del arte

1.2.1 Investigaciones enfocadas en la rehabilitación de mano y dispositivos tecnológicos

El estudio de Rodríguez (2020), denominado Evaluación y exploración de la mano neurológica se analiza y detalla la importancia del desarrollo de una adecuada evaluación de la movilidad de la extremidad superior para así poder cuantificar el grado de discapacidad y cada una de las necesidades de los pacientes, y obtener las directrices y necesidades para un adecuado diseño de un producto de rehabilitación, puesto que se identifican las áreas en las que se necesitan trabajar ya que interfieren en las actividades diarias del paciente, entendiendo que cada paciente tiene diferentes síntomas.

Por ende, realizar un perfil del paciente para comprender la funcionalidad y medidas en base a las características de la patología es el punto más relevante e indispensable para desarrollar un buen diseño de un producto de rehabilitación, el perfil del paciente debe empezar por una valoración de sensibilidad y necesidades, que evalúe al paciente y la percepción de sensibilidad superficial en las manos, que es la temperatura, tacto, dolor, y profunda de forma cinestesia y propiocepción.

En segundo lugar, se debe evaluar la coordinación que son los movimientos coordinados de las manos. Después se evalúa el tono, una característica a relucir cuando una lesión es a nivel central es hipertonía, y cuando es una lesión a nivel periférico es hipotonía. Dicho Artículo es importante, puesto que demuestra la importancia de la aplicabilidad del diseño industrial como mecanismo de desarrollo de aparatos de rehabilitación en un contexto real (Delgado, 2005).

El artículo denominado Intervenciones de dispositivos robóticos de mano en rehabilitación motora es una revisión de la literatura en donde se estudia 17 casos médicos y el efecto de usar un dispositivo robótico para la mano, el estudio concluye reportando mejoras significativas en movilidad. Considerando la neuro rehabilitación en conjunto con tecnología que se entiende como una innovación para la rehabilitación motora de la mano determina que la evidencia de la eficiencia es relevante al uso de exoesqueletos (Martínez, 2018).

En el artículo, Gómez et al. (2020) Analiza el uso de la robótica como una herramienta y una alternativa de apoyo en la rehabilitación física, especialmente para personas con discapacidad motriz como la hipertonía. En donde se resalta el desarrollo tecnológico lo cual ha permitido crear dispositivos que puedan integrarse a terapias convencionales y tradicionales, lo que optimiza y mejora el proceso de recuperación de funciones motoras. Estos dispositivos no solo proporcionan asistencia física, sino que también recopilan datos sobre el progreso del paciente, lo cual permite una retroalimentación constante y personalizada para implementar mejoras.

El uso de la tecnología en rehabilitación ofrece muchos beneficios como la repetitividad controlada de movimientos adecuados, la medición precisa de fuerzas y trayectorias, y el incremento de la motivación del paciente con respecto al tratamiento. En el estudio se destaca que, aunque estas tecnologías están en crecimiento y desarrollo, su implementación aún enfrenta desafíos importantes como los altos costos, la falta de infraestructura y la necesidad de personal capacitado para el desarrollo de terapias adecuadas.

Este antecedente respalda la importancia de implementar y desarrollar productos terapéuticos accesibles, con una adecuada contextualización y análisis del entorno real del país, en donde integren principios de la robótica o mecánica para apoyar al proceso de rehabilitación de las manos, en especial en los casos en donde se encuentren involucradas personas adultas con hipertonía que son atendidas en centros de atención. (Benavides & Pérez, 2019).

1.2.2 Métodos de fabricación aplicados a dispositivos de rehabilitación

La fabricación de dispositivos de rehabilitación para pacientes con hipertonía ha evolucionado en los últimos tiempos significativamente y a gran medida, incorporando técnicas avanzadas con innovación que mejoran la eficacia y personalización de las terapias. Por ende, se enumeran los principales métodos de fabricación utilizados en el desarrollo de estos dispositivos.

El uso de software de Diseño Asistido por Computadora (CAD) permite y ayuda a modelar adecuadamente un dispositivo de rehabilitación con precisión, lo que facilita la visualización y desarrollo con ajuste enfocado a diseños adaptados antes de la fabricación física del prototipo es así como se pretende crear mediante un diseño ajustado a las necesidades. Las herramientas de simulación, como el Análisis de Elementos Finitos (FEA), ayudan a predecir y enfocar el comportamiento estructural de cada uno de los materiales bajo diversas condiciones analizadas, en donde se busca optimizar la ergonomía y funcionalidad del dispositivo enfocándose en el paciente.

Según Suardíaz y Pérez (2021), la integración de CAD y simulación es fundamental en el diseño de prótesis y dispositivos de rehabilitación, puesto que, permite una personalización enfocada al entorno con énfasis de las necesidades específicas que la demanda cada paciente según la condición en la que se encuentre respecto a la contracción de músculos en las manos.

La impresión 3D ha revolucionado la producción de dispositivos de rehabilitación al posibilitar la creación de estructuras complejas y personalizadas. Este método utiliza materiales como el ácido poliláctico PLA, poliuretano termoplástico TPU y nylon reforzado con fibra de carbono, lo que esto ofrece y promete es una combinación de bio compatibilidad, flexibilidad y resistencia en el proceso de fabricación. La manufactura adecuada permite reducir costos y tiempos de producción, por lo que, se enfoca y facilita el acceso a dispositivos adaptados a las necesidades individuales de los pacientes con hipertonía. Varias de las investigaciones recientes destacan la

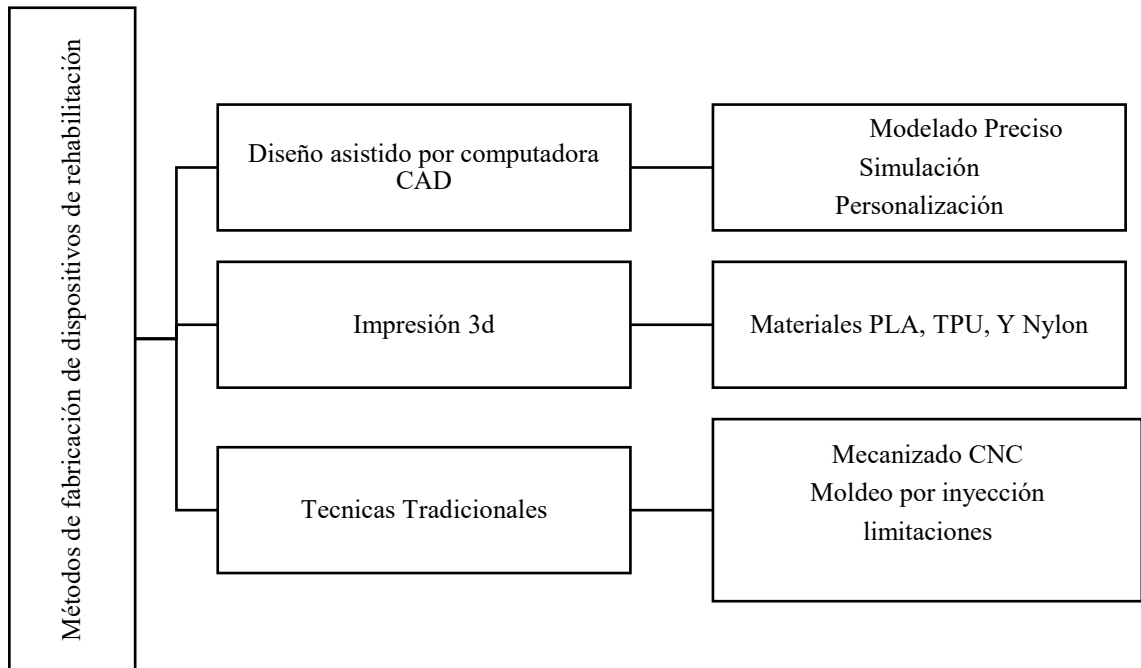
eficacia de la impresión 3D en la fabricación de prótesis personalizadas, mejorando la comodidad y funcionalidad para los pacientes (Bordianu, 2023).

A pesar de los avances tecnológicos, las técnicas tradicionales como el mecanizado Control Numérico Computarizado [CNC] y el moldeo por inyección siguen siendo sobresalientes, especialmente para la producción en masa y serie de componentes estándar. El mecanizado CNC ofrece una alta precisión en la fabricación de piezas metálicas, mientras que el moldeo por inyección es eficiente para producir componentes plásticos en gran número. Estas técnicas se caracterizan porque garantizan la calidad y durabilidad de los dispositivos para rehabilitación, aunque pueden presentar limitaciones en términos de personalización y adaptabilidad (Suárez García, 2024).

La incorporación de sensores y componentes electrónicos en los dispositivos de rehabilitación permite monitorear en tiempo real la actividad muscular y articular del paciente. Dispositivos robóticos y exoesqueletos equipados con sensores de electromiografía [EMG] y actuadores miniaturizados facilitan la asistencia activa en los movimientos de la mano para determinar áreas de mejora, adaptándose a las necesidades específicas de cada individuo. Estos sistemas avanzados mejoran la eficacia de la terapia y promueven una rehabilitación más interactiva y personalizada (Suardíaz & Pérez, 2021).

La evolución en los métodos de fabricación de dispositivos de rehabilitación para pacientes con hipertonía ha permitido desarrollar soluciones más eficientes y adaptadas a las necesidades individuales. La combinación de tecnologías avanzadas, como el diseño asistido por computadora, la impresión 3D y la integración de sistemas electrónicos, ha mejorado la funcionalidad y accesibilidad de estos dispositivos, contribuyendo significativamente a la mejora de la calidad de vida de los adultos que padecen hipertonía.

Figura 5: *Métodos de fabricación*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

1.2.3 Dispositivos terapéuticos para la rehabilitación de la mano

La rehabilitación manual ha experimentado una evolución significativa en los últimos años, desde dispositivos pasivos hasta sistemas robóticos avanzados y detallados, cada uno con diferentes ventajas y limitaciones en el tratamiento de la hipertonía (Kabir, 2022). Inicialmente, los enfoques se centraban en férulas estáticas que inmovilizaban la mano para prevenir contracturas y así limitar el movimiento, pero con escaso impacto en la recuperación funcional y una lenta recuperación (Carreras & Planas, 2022). Hoy, la integración de tecnologías como sensores y mecanismos avanzados para monitorear los avances ha permitido desarrollar sistemas interactivos que adaptan la terapia a las necesidades individuales del paciente (Ahmed, 2021).

Figura 6: *Evolución de dispositivos terapéuticos para la rehabilitación de la mano*



Fuente: (Carreras & Planas, 2022)

1.2.4 Impacto de la tecnología 3D en el desarrollo de productos terapéuticos

La tecnología de impresión 3D ha transformado el ámbito de la rehabilitación y no solo la manual, sino que todas las rehabilitaciones ayudando a la movilidad de cualquier parte del cuerpo, proporcionando soluciones personalizadas y accesibles para pacientes que padecen hipertensión y otras enfermedades (Juárez & Meza, 2018). Esta innovadora y especial técnica que implementa diferentes enfoques tecnológicos permite la creación de dispositivos que se ajustan específicamente a las necesidades anatómicas de cada uno de los pacientes, lo que supera los desafíos relacionados a los métodos de fabricación convencionales y tradicionales (Alzoubi & Aljabali, 2023). Investigaciones recientes han demostrado que los dispositivos terapéuticos fabricados mediante impresión 3D no solo conservan altos niveles de calidad y funcionalidad, sino que también pueden reducir los costos en hasta un 60% en comparación con los productos tradicionales (Bernatoniene, 2024).

Además, este enfoque permite una mayor flexibilidad en el diseño con un enfoque a las necesidades de los pacientes, lo que facilita la producción de dispositivos altamente personalizados y adaptables a las necesidades únicas del paciente, todo ello a un costo significativamente más bajo y recordando que la fabricación de este producto tiene un enfoque personalizado.

En relación de la rehabilitación manual, la impresión 3D se ha utilizado para desarrollar prótesis dinámicas y ajustadas a enfoques de cada una de las patologías, los exoesqueletos ligeros y guantes terapéuticos con una alternativa viable (Sánchez M. , 2021). Por ejemplo, en la investigación de Díaz (2019) presenta un dispositivo para rehabilitaciones pos-fractura de muñeca en donde se fabrica mediante diferentes métodos que usan la tecnología e impresiones 3D y combinas materiales accesibles con un diseño ergonómico. La versatilidad de la impresión 3D permite integrar características complejas y adaptativas, como canales para sensores o sistemas de ajuste fino, que serían difíciles o costosos de producir con métodos tradicionales (Rivera, 2022).

Además, esta tecnología ha facilitado la creación de prototipos rápidos, acelerando el proceso de diseño y prueba de dispositivos terapéuticos (Patterson, 2020). En el contexto de la hipertensión, esto es particularmente valioso, ya que permite realizar iteraciones basadas en la retroalimentación clínica y del paciente, optimizando así la efectividad del producto final adaptado (Kabir, 2022).

1.2.5 Costos y accesibilidad de los productos terapéuticos

El análisis económico de los dispositivos de rehabilitación para manos revela diferencias significativas entre los métodos tradicionales y las soluciones basadas en fabricación de productos que se encuentren en vanguardia con un alto índice de innovación, pero la principal problemática es que los productos deben ser importados, puesto que al no ser fabricados dentro del país se debe buscar diferentes alternativas para importar los productos de rehabilitación de las manos (Lopez, 2015). Mientras que los productos de rehabilitación convencionales pueden costar entre 500 a 2000 USD y deben ser utilizados específicamente por un fisioterapeuta, por otro lado, los productos equivalentes y elaborados bajo una impresión en 3D reducen este valor de 50 a 150 USD, manteniendo estándares funcionales comparables y adecuados para la rehabilitación (Guerra, 2019).

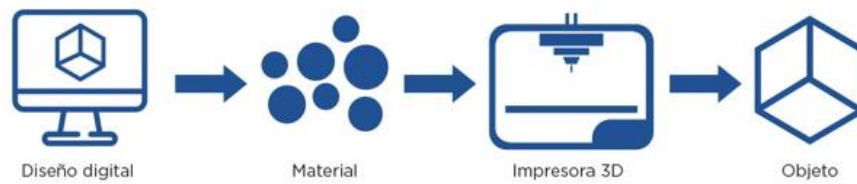
Esta reducción del 60% al 85% en costos determina a la impresión 3D como una alternativa viable para solucionar la problemática en centros de rehabilitación con recursos limitados, como en el caso de estudio del Centro 'El Peral 1' (Capece, 2019).

1.2.6 Adaptabilidad y personalización en la fabricación de dispositivos

Uno de los más importantes beneficios del proceso de impresión en 3D es la forma en que se puede personalizar cada uno de los productos conforme a las características y necesidades únicas de cada uno de los pacientes, ya que cada patología tiene una característica específica con una necesidad diferente de rehabilitación (Cabrera & Córdova, 2023). Esta metodología de fabricación mediante el uso de escaneos 3D y software de diseño especializado, puede crear una prótesis o exoesqueletos que se ajusten perfectamente a la anatomía del paciente, lo que da como resultado un producto cómodo y acelerando la efectividad del proceso de la terapia (Ibarra, 2024). La investigación de Ahmed (2021), destaca que la más importante característica del uso de esta metodología es la fabricación personalizada de manera anatómica el dispositivo de rehabilitación en este caso del producto propuesto se podría reducir el riesgo de la creación de úlceras por presión y aumentar la adherencia al tratamiento.

La capacidad de adaptación también abarca los materiales empleados en la fabricación. Materiales como el PLA ácido poliláctico y el TPU poliuretano termoplástico brindan un balance entre rigidez y flexibilidad, lo cual resulta ideal para aplicaciones en el ámbito de la rehabilitación manual (Campozano, 2022). Estos materiales no solo destacan por su ligereza y durabilidad, sino que también son biocompatibles, lo que garantiza su seguridad para un uso prolongado (Mata, 2023).

Figura 7: *Proceso de fabricación en impresora 3D*



Fuente: (Cabrera & Córdova, 2023)

1.2.7 Comparación entre dispositivos tradicionales y fabricados en 3D

Los practicas de fabricación de productos de rehabilitación tradicionales presentan varias limitaciones económicas y técnicas que hacen que el proceso de rehabilitación no sea tan efectivo (Carrillo, 2020). Es por ello que existe la necesidad de implementar modelos específicos y personalizados, en el proceso de elaboración de productos de rehabilitación para la mano es incrementado tanto los costos como los tiempos de producción, especialmente para dispositivos personalizados (Ahmed, 2021). Por otra parte, la impresión 3D elimina los cuellos de botella al poder fabricar cualquier producto personalizado de manera directa desde archivos digitales, lo que reduce el desperdicio de materiales y los costos de mano de obra (Odremán, 2017). Investigaciones como las de Park (2024) comprueban que las prótesis impresas en 3D un beneficio es que se pueden fabricar en 4 a 8 horas, en relación de 2 a 3 semanas requeridas por métodos convencionales y tradicionales.

Desde el enfoque del mantenimiento, los productos tradicionales a menudo necesitan componentes específicos que resultan difíciles de reemplazar (Kabir, 2022). La impresión 3D soluciona este problema al permitir la fabricación de todas las piezas para la fabricación del producto, adaptándose a las necesidades de fabricación (Bañegil, 2022). Esta ventaja es particularmente importante para el contexto ecuatoriano, donde el acceso a poder fabricar el producto de manera local que en este

momento se importan, de igual manera los productos importados pueden ser costosos y limitados (Alzoubi & Aljabali, 2023).

Se identifican diferentes estrategias para optimizar la relación costo beneficio en productos terapéuticos (Alvarez & Falfán, 2019). Uno es el uso de materiales que se encuentran en el país como materia prima, lo cual es PLA y TPU, con ayuda y en conjunto de diseños de manera modular y específico se puede reducir los costos de fabricación sin comprometer la calidad y funciones (Bernatoniene, 2024). El dispositivo presentado por Vargas (2024) utiliza componentes electrónicos de forma adecuada los cuales son Arduino Nano, servomotores DS3218 que son asequibles y fáciles de utilizar.

Otra alternativa prometedora es el desarrollo de kits de auto fabricación de forma guiada, donde terapeutas y pacientes pueden ensamblar dispositivos básicos con componentes impresos en 3D y partes mecánicas estándar (Carrillo, 2020). Este enfoque, combinado con plataformas de código abierto que comparten diseños validados clínicamente y aprobados, podría ayudar a tener el acceso a tecnología de rehabilitación (Ahmed, 2021). El estudio de Kabir (2022) sugiere que tales soluciones podrían implementarse en el Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades “El Peral 1” en Ambato, Ecuador, con una inversión inicial menor a \$1000 USD para armar y equipar un taller básico de fabricación.

1.2.8 Innovación en la impresión 3D de dispositivos de rehabilitación

La impresión 3D está revolucionando el campo de la rehabilitación manual mediante la incorporación de tecnologías emergentes que mejoran la eficacia terapéutica (Vargas C. , 2024). Los avances recientes permiten crear dispositivos con geometrías complejas y funcionalidades avanzadas que eran imposibles de lograr con métodos tradicionales. Esta evolución es particularmente relevante para el tratamiento de la hipertensión, donde la personalización y la adaptabilidad son factores significativos para el éxito terapéutico (Ahmed, 2021)

La industria está migrando hacia enfoques de fabricación aditiva multilateral, que permiten combinar propiedades mecánicas diferentes en un mismo dispositivo (Rincon, 2025). Por ejemplo, algunas prótesis modernas integran zonas rígidas para soporte estructural con áreas flexibles que facilitan el movimiento natural (Park, Villamil, & Camargo, 2024). Esta capacidad de gradación de materiales mejora significativamente la comodidad del paciente y la eficacia del tratamiento (Kabir, 2022).

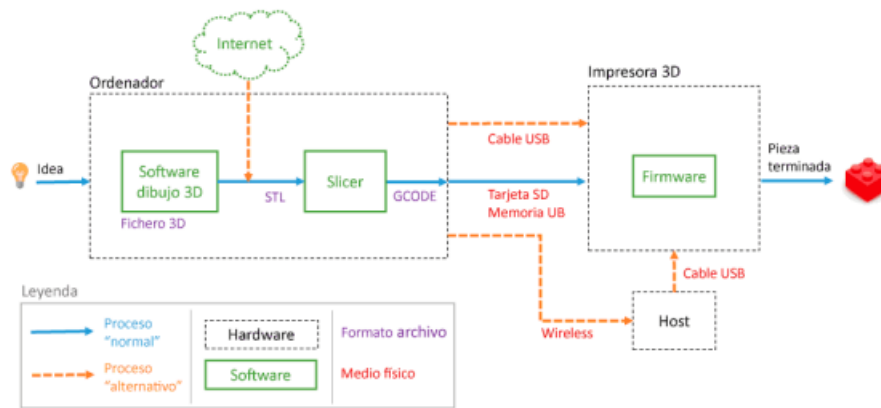
Otra tendencia importante es el desarrollo de bio impresión 3D para crear modulares celulares que podrían utilizarse en regeneración de partes de la mano (Bordianu, 2023). Aunque esta tecnología aún está en fase experimental, promete revolucionar el tratamiento de lesiones neuromusculares asociadas a la hipertensión (Carrillo, 2020). De igual manera, se observa un creciente interés por la fabricación asistida, donde los diseños se comparten digitalmente y se imprimen localmente, reduciendo así costos y tiempos de espera (Díaz, 2019)

La incorporación de sensores impresos directamente en las estructuras de los dispositivos representa un gran avance significativo en la monitorización terapéutica (Ahmed, 2021). Sistemas como el desarrollado por Vargas (2024), integran sensores de presión y flexión que proporcionan retroalimentación en tiempo real sobre el progreso del paciente, permitiendo ajustar dinámica y constantemente la terapia (Vallejo & Moya, 2017).

Los materiales inteligentes, como aleaciones con memoria de forma y polímeros electroactivos, están abriendo nuevas posibilidades en el diseño de dispositivos de rehabilitación en especial la de las manos (Park, Villamil, & Camargo, 2024). Estos materiales pueden cambiar sus propiedades mecánicas en respuesta a estímulos externos y mayores, permitiendo crear prótesis y productos de rehabilitación que se adaptan automáticamente a las necesidades cambiantes de las patologías de los pacientes (Kabir, 2022). Por ejemplo, algunos prototipos recientes utilizan materiales termo responsivos que se ajustan perfectamente al cuerpo cuando se calientan,

mejorando la comodidad y efectividad en los tratamientos (Valenzuela, Torres, & Ravelo, 2024).

Figura 8: Diagrama impresión 3D



Fuente: (Bernatoniene, 2024)

1.2.9 Aspectos biomecánicos y funcionales del dispositivo terapéutico

El diseño de productos para rehabilitación de manos con hipertonía debe responder y analizar los principios biomecánicos fundamentales que garantizan tanto la seguridad como la efectividad terapéutica (Ahmed, 2021). Estudios demuestran que una distribución inadecuada de fuerzas puede generar puntos de presión que derivan en lesiones cutáneas o empeoramiento de la espasticidad (Valenzuela, Torres, & Ravelo, 2024). Por ello, los dispositivos deben equilibrar tres variables importantes: rango de movimiento permitido de 50 a 70% del máximo fisiológico, fuerzas aplicadas determinado un máximo 18 N en punta de dedos y tiempo de exposición de sesiones de 20 a 30 minutos iniciales

El enfoque centrado en los pacientes es crítico y de importancia para garantizar la adopción y efectividad del dispositivo terapéutico. Investigaciones como la de Kabir (2022), revelan que el 78% del éxito terapéutico depende de factores ergonómicos como:

- Ajuste anatómico preciso
- Peso reducido
- Distribución uniforme de presiones

La personalización mediante impresión 3D ha permitido superar muchas limitaciones y dificultades de los productos estándar (Benavides & Pérez, 2019). Por ejemplo, el estudio de Rincón (2025) demostró que productos de rehabilitación personalizadas mejoran en un 40% de incremento la adherencia al tratamiento comparado con modelos genéricos. Además, el diseño debe considerar aspectos cognitivos y sensoriales; dispositivos como MGlove-TS incorporan texturas y colores diferentes que permiten facilitar el uso por pacientes con limitaciones visuales o cognitivas (Dragusanu, 2024)

La validación de dispositivos terapéuticos en contextos clínicos requiere el uso de protocolos estructurados que permitan evaluar tanto aspectos cuantitativos como cualitativos (Park, Villamil, & Camargo, 2024). Entre los principales indicadores destacan: la mejora funcional, analizada con herramientas como la escala Fugl-Meyer, que presenta una sensibilidad del 85% (Ahmed, 2021); el rango de movimiento, registrado mediante goniómetros digitales; la fuerza de prensión, medida con dinamómetros calibrados; y, por último, la percepción de comodidad, evaluada a través de escalas visuales analógicas.

Estudios como el de (Vargas & Castro, 2019), con 100 pacientes demostraron que dispositivos biomecánica mente optimizados logran un 91.6% de éxito en recuperación de movilidad, de igual manera la reducción del 65% en tiempos de terapia y la mejora del 78% en calidad de vida reportada. Sin embargo, la investigación menciona sobre la necesidad de implementar periodos de evaluación más extensos, de más de 6 meses para poder determinar efectos a largo plazo (Kabir, 2022). Además, se debe combinar métricas objetivas con entrevistas cualitativas para analizar las dimensiones psicosociales del tratamiento en los pacientes (Dávila-Vilchis, 2020).

1.2.10 Exoesqueletos para rehabilitación motora

Amadeo

Es un exoesqueleto robótico diseñado específicamente para la rehabilitación de los dedos. Este dispositivo permite movimientos pasivos, activos y asistidos, mediante la conexión directa de cada dedo a motores individuales. Su capacidad para proporcionar retroalimentación táctil y registrar el nivel de fuerza aplicado lo convierte en una herramienta altamente precisa y adaptable a diferentes fases del proceso terapéutico (Vallejo & Moya, 2017).

Figura 9: *Exoesqueleto Amadeo*



Fuente: (Vallejo & Moya, 2017)

Armeo

El dispositivo se enfoca en la recuperación funcional del brazo y la mano mediante una estructura de soporte que facilita la movilidad en un entorno virtual interactivo. Este dispositivo promueve la repetición de movimientos dirigidos, contribuyendo al fortalecimiento muscular y la coordinación, especialmente en pacientes con daño neurológico (Nef & Guidali, 2009).

Figura 10: *Exoesqueleto Armeo*



Fuente: (Nef & Guidali, 2009)

Aemedi

Aemedi representa una alternativa más reciente que integra sensores electromiográficos para interpretar las intenciones de movimiento del paciente. Su diseño ergonómico y adaptable busca promover una rehabilitación más natural y personalizada, respondiendo a las señales del cuerpo para asistir el movimiento voluntario de la mano y los dedos (Copaci & Collado, 2016).

Figura 11: *Exoesqueleto Aemedi*



Fuente: (Copaci & Collado, 2016)

Marco Teórico

1.2.11 Historia y evolución de dispositivos terapéuticos para la mano

La evolución en el diseño de dispositivos terapéuticos para la rehabilitación de la mano en pacientes con hipertonia ha experimentado avances notables a lo largo del tiempo. Desde las férulas rígidas tradicionales hasta los exoesqueletos robóticos y tecnologías de última generación, estos desarrollos han buscado optimizar la funcionalidad de los pacientes y estimular procesos de neuroplasticidad (Alvarez & Falfán, 2019)

Los primeros esfuerzos documentados en la rehabilitación de la mano en personas con trastornos neuromusculares se originaron en el siglo XIX. Durante este período, se emplearon férulas y prótesis pasivas diseñadas principalmente para prevenir contracturas y mantener la mano en posiciones funcionales (Moore, 2018). Más adelante, durante las Guerras Mundiales, la rehabilitación de soldados con lesiones neurológicas impulsó la creación de dispositivos mecánicos básicos y terapias manuales para restaurar la movilidad.

En la década de 1950, el auge de la fisioterapia y la terapia ocupacional marcó un hito con la introducción de férulas dinámicas. Estos dispositivos ofrecían un grado limitado de movimiento asistido, fomentando la rehabilitación activa en pacientes con daño neurológico.

Para la década de 1970, el creciente entendimiento de los mecanismos de la neuroplasticidad trajo consigo enfoques más innovadores para la recuperación funcional de la mano, estableciendo las bases de las técnicas y dispositivos actuales.

- Estimulación eléctrica funcional (FES): Dispositivos que activaban los músculos paralizados para restaurar funciones motoras básicas para poder mejorar las tareas esenciales.

- Dispositivos mecánicos de asistencia: Introducción de prótesis articuladas que permitían mayor movimiento controlado de la mano en pacientes con hipertonía moderada

Durante los años 80 y 90, la rehabilitación basada en terapia intensiva tuvo su auge, promoviendo el uso de ejercicios repetitivos y dispositivos terapéuticos ajustables que favorecían la recuperación funcional en un tiempo más corto que con la terapia básica.

Finalmente, el siglo XXI ha traído avances tecnológicos significativos en la rehabilitación de la mano con hipertonía, destacándose: Robótica y Exoesqueletos, que son dispositivos motorizados que se adhieren a la extremidad y proporcionan energía mecánica para poder incentivar el movimiento, siendo los subsecuentes (López, 2015).

- Exoesqueletos para la mano: Dispositivos robóticos que permiten la asistencia en el movimiento de los dedos, reduciendo la rigidez muscular y promoviendo la independencia del paciente (Kabir, 2022).
- Terapias basadas en sensores electromiográficos (EMG): Permiten detectar actividad muscular mínima y traducirla en movimientos asistidos.

Por otra parte, una herramienta de neuro rehabilitación es la Realidad Virtual, que consiste en la creación de entornos simulados para crear movimientos dentro de un entorno seguro, siendo los siguientes:

- Juegos interactivos y simulaciones: Pacientes con hipertonía pueden ejecutar ejercicios a través de entornos virtuales, mejorando la motivación y la plasticidad neuronal, poniendo en práctica la capacidad que tiene el cerebro para adaptarse a experiencias y estímulos con la modificación de conexiones neuronales.
- Interfaces cerebro-computadora como BCI, Brain Computer Interface: Tecnologías emergentes que permiten a los pacientes controlar dispositivos terapéuticos mediante señales cerebrales (Bernatoniene, 2024).

La evolución de los dispositivos terapéuticos para la rehabilitación de la mano ha pasado de férulas rígidas a tecnologías avanzadas basadas en robótica, realidad virtual y estimulación neuromuscular. Estos avances significativos han permitido mejorar la funcionalidad y la calidad de vida de los pacientes con hipertonía, marcando un futuro prometedor en la neuro rehabilitación.

1.2.12 Historia y evolución de los dispositivos de rehabilitación

Los primeros dispositivos, como férulas rígidas, se limitaban a mantener posiciones anatómicas sin facilitar movimiento activo (Rincon, 2025). En la década de 1990, surgieron mecanismos pasivos con resortes y bandas elásticas para asistir movimientos básicos, aunque su eficacia dependía de la capacidad residual del paciente (Dávila-Vilchis, 2020). Los productos de rehabilitación han ido evolucionando hasta a los sistemas activos, como diferentes productos, que incorporan motores y control computarizado para guiar ejercicios de flexión y extensión con precisión milimétrica (Ahmed, 2021).

Actualmente, los dispositivos robóticos combinan inteligencia artificial y retroalimentación háptica para personalizar terapias, demostrando mejoras del 30% al 50% en la recuperación motriz comparado con métodos tradicionales (Kabir, 2022)

1.2.13 Dispositivos pasivos, activos y robóticos

- Dispositivos pasivos: Diseñados para estiramiento pasivo y prevención de deformidades, una de las características importantes de los dispositivos es que son económicos y de fácil fabricación, un claro ejemplo son las férulas termoplásticas (Park, Villamil, & Camargo, 2024). Sin embargo, la falta de adaptabilidad limita el uso en etapas avanzadas de rehabilitación (Vallejo & Moya, 2017).
- Dispositivos activos: Utiliza mecanismos motorizados para asistir movimientos, como el guante MGlove TS con actuadores de cuerda retorcida.,

(Dragusanu, 2024). Ofrecen mayor interactividad, pero requieren calibración constante y suelen ser voluminosos (Kabir, 2022).

- **Sistemas robóticos:** Integran sensores, algoritmos de aprendizaje automático y control proporcional a la fuerza muscular, como los exoesqueletos híbridos (Ahmed, 2021). El estudio realizado por Vargas (2024) detalla que dicha terapia tiene un 91.6% de éxito en recuperación de movilidad, aunque su alto costo y complejidad técnica restringen su uso en entornos clínicos con recursos limitados.

1.2.14 Hipertonía

La hipertonía es un trastorno neuromuscular caracterizado por un aumento anormal del tono muscular, lo que provoca rigidez, resistencia al movimiento pasivo y limitaciones en la movilidad. Esta condición se presenta comúnmente en adultos con lesiones del sistema nervioso central, como accidente cerebrovascular (ACV), traumatismo craneoencefálico, parálisis cerebral o enfermedades neurodegenerativas (Arévalo, 2022).

La hipertonía suele estar asociada con la afectación de los circuitos motores del sistema nervioso central, particularmente en la vía piramidal y extrapiramidal (Moore, 2018). En relación con el impacto en la función motora y la calidad de vida, los adultos con hipertonía presentan dificultades en tareas diarias como la escritura, la alimentación y el uso de herramientas, lo que afecta su autonomía. Además, la espasticidad o tensión inusual puede generar contracturas musculares y dolor, lo que agudiza la discapacidad (Bernatoniene, 2024).

La hipertonía en adultos representa un desafío significativo para la movilidad y calidad de vida, requiriendo un enfoque multidisciplinario para su tratamiento. Las investigaciones continúan indagando nuevas estrategias para mejorar la funcionalidad de los pacientes y su integración en la sociedad. En relación con la rehabilitación en adultos con hipertonía, esta se enfoca principalmente en terapias dirigidas a reducir la espasticidad y mejorar la movilidad de las extremidades que presentan daños, de este

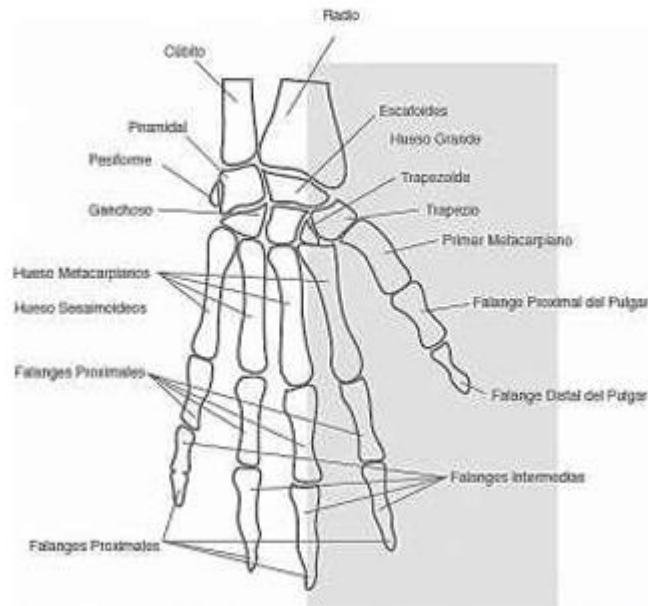
modo se requiere de la utilización de objetos terapéuticos para disminuir la rigidez muscular y mantener la amplitud del movimiento articular. (Gavilanes, 2014).

1.2.15 Estructura de la mano y fisiología de la mano

La mano humana es una estructura anatómica altamente especializada que desempeña un papel fundamental en la interacción con el entorno, permitiendo la ejecución de una amplia variedad de tareas, desde movimientos de fuerza hasta acciones de alta precisión. Su compleja anatomía y biomecánica, conformada por huesos, articulaciones, músculos y estructuras neurológicas, la convierten en una herramienta esencial para la vida cotidiana y el desempeño laboral. La disposición estratégica de sus componentes facilita tanto actividades simples como otras de mayor complejidad, mientras que la intervención del sistema nervioso posibilita desde el agarre hasta la manipulación fina. Esta coordinación precisa entre los distintos sistemas que la conforman permite combinar fuerza y destreza en diversas funciones, asegurando así su eficiencia en múltiples contextos (Bordianu, 2023).

La mano humana está conformada por 27 huesos distribuidos en tres grupos: el carpo, compuesto por ocho huesos; los metacarpianos, con cinco huesos; y las falanges, que suman catorce en total. Esta estructura ósea y articular permite una amplia variedad de movimientos esenciales para la funcionalidad de la mano. En cuanto a la distribución de las falanges, cada dedo, a excepción del pulgar, se divide en tres segmentos: proximal, media y distal, mientras que el pulgar posee solo dos falanges proximal y distal. Esta diferencia anatómica, junto con la movilidad de su metacarpo, le otorga un papel fundamental en la función de oposición y en la capacidad de realizar la pinza, facilitando la manipulación de objetos con precisión (Navarro, 2022).

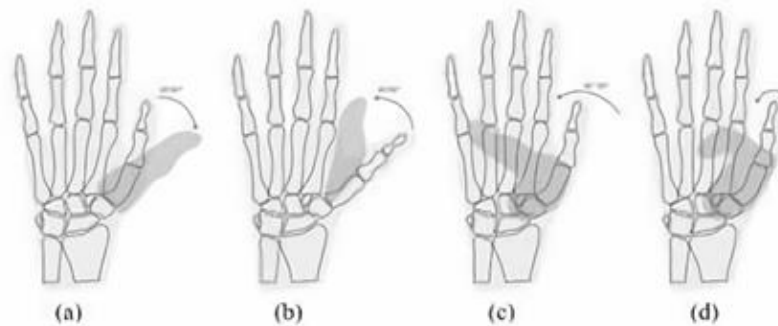
Figura 12: *Estructura de la mano*



Fuente: (Jiménez Moya, 2023)

El dedo pulgar desempeña un papel fundamental en el sistema de pinza al trabajar en conjunto con el índice y los demás dedos, permitiendo una amplia gama de movimientos esenciales para la precisión y funcionalidad de la mano. Entre estos movimientos se encuentra la abducción y extensión, que separa el pulgar del eje de la mano con un rango de 35-40 grados, facilitando la apertura de la mano. Por otro lado, la aducción aproxima el pulgar hacia el eje con una amplitud similar, contribuyendo al control y estabilidad del agarre. La oposición, un movimiento combinado, posibilita que el pulgar toque el dedo meñique dentro de un rango de 45-60 grados, favoreciendo la manipulación precisa de objetos. Finalmente, la reposición permite que el pulgar regrese a su posición inicial o de descanso. Gracias a esta combinación de movimientos, el pulgar desempeña un rol esencial en la ejecución de tareas que requieren tanto fuerza como destreza (Jiménez Moya, 2023).

Figura 13: *Movimientos del dedo pulgar*



Fuente: (Jiménez Moya, 2023)

Los músculos y tendones con los que cuenta la mano se dividen en intrínsecos y extrínsecos. Los músculos intrínsecos, se encuentran localizados dentro de la mano, estos permiten finos movimientos y estos se vuelven precisos. Por otro lado, los músculos extrínsecos, se sitúan en el antebrazo, por lo que, estos controlan los movimientos gruesos a través de los tendones que se encuentran insertos en la mano (Benavides & Pérez, 2019).

Por otro lado, respecto a la función sensorial, el control neuromuscular de la mano depende de tres nervios principales: el nervio mediano, el nervio cubital y el nervio radial. La función de cada uno de estos nervios no solo transmite impulsos motores para el movimiento, sino que también impulsos motores para el movimiento, sino que también facilitan la percepción sensorial a través de mecanorreceptores en la piel, lo que permite la discriminación táctil y propiocepción, entendiéndose como la capacidad de percibir la posición y movimiento de articulaciones sin necesidad de ver (Bordianu, 2023).

La Fisiología del movimiento de la mano, se basa en la interacción que se tiene entre el sistema óseo, muscular y nervioso. Por ende, los músculos generan fuerzas que, transmitidas a través de los tendones, permiten movimientos coordinados y ajustados a las diferentes tareas cotidianas, más claro aún a las tareas que por naturaleza el ser humano desarrolla. Además, la sinergia entre la mano y el sistema

nervioso central permite la adaptación de la fuerza, velocidad y precisión imperante para cada actividad (Copaci & Collado, 2016).

En condiciones de hipertonía, donde el tono muscular se encuentra anormalmente elevado, los movimientos de la mano se ven limitados, lo que dificulta significativamente las funciones motoras tanto finas como gruesas. Esta alteración en el tono muscular compromete la capacidad para realizar movimientos precisos y coordinados, lo cual es importante para tareas cotidianas que requieren destreza, como escribir o agarrar objetos. Por lo tanto, el tratamiento fisioterapéutico y ocupacional juega un papel esencial en la rehabilitación, ya que se enfoca en restaurar tanto la movilidad como la funcionalidad de la mano.

Los ejercicios específicos diseñados para promover la flexión y extensión de los dedos, así como la mejora de la movilidad de la muñeca, son fundamentales de los enfoques terapéuticos (Jiménez Moya, 2023). Además, investigaciones recientes en el ámbito de la neuro rehabilitación resalta que la terapia de mano debe centrarse en la recuperación y mantenimiento de los movimientos más básicos y fundamentales, tales como la capacidad para abrir y cerrar la mano, la coordinación entre los dedos y la muñeca, y la integración de estos movimientos en actividades más complejas.

Este enfoque no solo se dirige a mejorar la amplitud de movimiento, sino también a facilitar la reducción neuromuscular, ayudando a los pacientes a recuperar gradualmente las habilidades motoras que les permiten realizar tareas de la vida diaria con mayor independencia y eficacia.

1.2.16 Movimientos principales de la mano

La estructura más versátil del cuerpo humano es la mano, ya que, permite una amplia variedad de movimientos imperantes para la vida cotidiana. La función de esta extremidad del antebrazo depende de la interacción minuciosa y precisa entre músculos, tendones, articulaciones y el sistema nervioso. Sin embargo, en adultos con

hipertonía, esta movilidad se desnaturaliza, lo que impacta directamente en su independencia y calidad de vida (Kabir, 2022).

Continuando la idea, respecto a los individuos sin alteraciones neuromusculares, la mano puede ejecutar movimientos complejos, clasificados en tres tipos principales:

- Flexión y extensión: Permiten cerrar y abrir la mano, esenciales para agarrar y soltar objetos.
- Abducción y aducción: Desplazan los dedos hacia afuera o hacia adentro respecto a la línea media de la mano.
- Oposición del pulgar: Movimiento esencial que permite la manipulación de objetos con precisión.

De ahí, se originan los movimientos funcionales complejos, mismos que se singularizan subsecuentemente:

- Prensión de precisión: Involucra la coordinación entre pulgar e índice para tareas motoras, como escribir, como con cubiertos o abrochar botones.
- Prensión de fuerza: Requiere la activación de músculos extrínsecos que se originan desde el antebrazo para sujetar objetos pesados.
- Manipulación independiente de los dedos: Habilidad de mover cada dedo de forma autónoma para tareas determinadas (Segnini, Vaca, & Vergara, 2019).

Sin embargo, de lo anteriormente mencionado se encuentra una diferenciación respecto a la hipertonía en adultos, ya que es una condición caracterizada por un aumento anormal del tono muscular, lo que causa rigidez y resistencia al movimiento pasivo. Puede ser esto, el resultado de patologías como el accidente cerebrovascular, la parálisis cerebral o lesiones medulares (Bordianu, 2023).

Consecuencia de ello se producen alteraciones en los movimientos básicos, mismos que se singularizan a continuación:

- Reducción de la flexión y extensión: La rigidez en los músculos flexores impide una apertura y cierre habitual de la mano.

- Limitación en la abducción y aducción: La tensión inusual o aumento del tono muscular restringe la movilidad lateral de los dedos, dificultando el manejo de objetos.
- Dificultad en la oposición del pulgar: La resistencia muscular restringe la capacidad de agarre preciso

En consecuencia, se desarrollan los movimientos compensatorios y adaptaciones por la reducción respecto a la rigidez de los músculos, siendo los subsiguientes:

- Prensión en garra: Postura común donde los dedos se mantienen rígidamente flexionados, reduciendo la funcionalidad.
- Patrones de agarre anormales: Uso excesivo de compensaciones con el antebrazo para sostener objetos.
- Reducción en la velocidad y fluidez del movimiento: Debido a la resistencia muscular aumentada, las acciones son más lentas y requieren mayor esfuerzo (Moore, 2018).

Para concluir, la comparación entre adultos con y sin hipertonía evidencia el impacto significativo de esta condición en la movilidad de la mano al momento de ejecutar las diferentes tareas diarias esenciales. Mientras que, en individuos son el padecimiento, los movimientos son precisos y adaptativos, en personas con hipertonía la rigidez muscular limita la funcionalidad, afectando así su independencia en actividades cotidianas. Por lo que, este contexto resalta la importancia de desarrollar productos terapéuticos que favorezcan la rehabilitación y mejoren la calidad de vida de los adultos que padecen esta enfermedad.

1.2.17 **Movilidad y rango articular**

Uno de los principales desafíos en pacientes con hipertonía es la restricción en la movilidad de la mano y muñeca. La rehabilitación con dispositivos terapéuticos busca mejorar la flexión, extensión y movilidad general de la mano, lo que se traduce en una

mayor independencia funcional (García E. , 2004). Potenciar los movimientos de flexión, extensión y agarre, promoviendo así una mejora en la movilidad general de la extremidad superior. además, favorecer la neuroplasticidad y la reeducación motora a través de ejercicios repetitivos y guiados. Según Díaz (2020), los dispositivos diseñados con principios ergonómicos y terapéuticos no solo mejoran el rendimiento físico, sino que también incrementan la motivación del paciente, elemento fundamental en la adherencia al tratamiento de rehabilitación.

La hipertonía se entiende como una espasticidad lo cual genera movimientos voluntarios limitados resultando en resistencia muscular lo que genera que la mano no pueda realizar movimientos comunes. La rehabilitación con dispositivos que se encuentran diseñados para mejorar la patología ayuda a reducir estos espasmos, facilitando movimientos más fluidos y controlados (Carreras & Planas, 2022), también la capacidad de agarre muy importante en el momento de la funcionalidad de la mano. Para evaluar el progreso del paciente se realizan pruebas de dinamometría, verificando si el uso de un dispositivo de rehabilitación está mejorando el fortalecimiento muscular y mejora la manipulación de objetos cotidianos (Bañegil, 2022).

El propósito final de todas las rehabilitaciones es que el paciente pueda recuperar la autonomía en tareas como escribir, realizar actividades o sujetar utensilios. Se analiza la evolución del paciente utilizando escalas como el Índice de Barthel y la Functional Independence Measure (Bernatoniene, 2024).

Desde el enfoque del diseño centrado en el paciente, el desarrollo de dispositivos terapéuticos debe considerar no solo las necesidades clínicas, sino también las características físicas, emocionales y contextuales de las personas que los utilizarán. Este enfoque promueve la creación de productos funcionales, cómodos y emocionalmente aceptables, adaptados a las capacidades y limitaciones del paciente final.

1.2.18 Exoesqueletos para rehabilitación

Los exoesqueletos son dispositivos biomecánicos diseñados para interactuar con el cuerpo humano, ya sea aumentando sus capacidades físicas o asistiendo en procesos de rehabilitación. Su uso en el ámbito médico se ha enfocado especialmente en el apoyo a personas con discapacidades motrices, donde se busca facilitar el movimiento, restaurar funciones motoras y proporcionar terapia de forma segura y repetitiva (Gavilanes, 2014).

El desarrollo de estos sistemas ha requerido una sinergia entre varias disciplinas: ingeniería mecánica, control automático, robótica y fisioterapia. En particular, los exoesqueletos orientados a la rehabilitación de miembros superiores se centran en reproducir los movimientos naturales del brazo humano, apoyando articulaciones como el hombro, codo y muñeca. Este enfoque permite tratamientos personalizados, con movimientos controlados y progresivos adaptados a las necesidades del paciente.

La percepción del paciente sobre el dispositivo influye en su continuidad en la terapia. Se consideran factores como comodidad, facilidad de uso y efectividad percibida para garantizar que el paciente mantenga su tratamiento (Shih, 2019).

1.2.19 Materiales de fabricación

El diseño de dispositivos terapéuticos para la rehabilitación de la mano en personas con hipertonía requiere una selección rigurosa y minuciosa de materiales que se ocuparan en la fabricación. Estos materiales no solo deben responder a los requerimientos para que el producto cumpla con las funciones del producto, sino que también debe cumplir con las siguientes necesidades, como durabilidad, precisión y resistencia, también deben adaptarse a las necesidades del paciente, se denomina bio compatibilidad el cumplimiento de todas las necesidades cuando el producto tienen una adaptabilidad al cuerpo humano. En este contexto, la ingeniería de materiales juega un rol fundamental para garantizar que los productos diseñados no generen

incomodidad, lesiones o rechazo, al mismo tiempo que permiten sesiones terapéuticas efectivas, seguras y sostenidas en el tiempo (Gassert & Dietz, 2018).

Uno de los materiales más comunes en dispositivos de asistencia y rehabilitación son los polímeros flexibles, debido a su bajo peso, su adaptabilidad y sus propiedades biomecánicas. Estos se usan particularmente en superficies que estarán en contacto directo con la piel, tales como férulas, guantes o soportes internos. Su flexibilidad permite absorber parte del impacto mecánico generado durante el ejercicio o la manipulación, reduciendo el riesgo de irritación o lesiones en pacientes con sensibilidad aumentada por la hipertonía. Además, pueden ser termoformables, lo cual facilita su personalización anatómica (Herrera, 2012).

En varios dispositivos tipo exoesqueleto, como analizados en la investigación de Robles (2024), se determina que se incorpora componentes en especial que sean de material de plástico, puesto que este material permite que los componentes sean más ligeros y así disminuir la fatiga del paciente durante sesiones largas de terapia. Algunos de estos materiales incluyen policarbonato o incluso filamentos como el PLA o TPU en impresión 3D, los cuales ofrecen un equilibrio entre rigidez estructural y confort.

En aplicaciones donde se requiere mayor resistencia o un soporte estructural más robusto, se recurre a metales livianos como el aluminio y sus aleaciones. Estos materiales permiten una mayor estabilidad mecánica sin comprometer significativamente el peso del dispositivo. Por ejemplo, en el estudio de modelado y control de un exoesqueleto para miembros superiores (Alzoubi & Aljabali, 2023). Se destaca la necesidad de un marco resistente pero liviano que no interfiera con la movilidad natural del brazo, siendo el aluminio anodizado una opción habitual por su resistencia a la corrosión y buena relación rigidez peso.

Otro material frecuentemente mencionado en literatura médica y robótica terapéutica es el titanio, especialmente en componentes móviles o piezas sometidas a cargas cíclicas. Si bien su costo es más elevado, su durabilidad y excelente

biocompatibilidad lo convierten en un candidato ideal para dispositivos de uso prolongado.

1.2.20 **Tecnologías y Métodos integradas**

El diseño del dispositivo puede incluir sensores de retroalimentación, sistemas de electromiografía o mecanismos de asistencia mecánica que optimicen la terapia y personalicen los ejercicios según el progreso del paciente (Rinderknecht, 2018)

Las tecnologías de producción, como la impresión 3D, el mecanizado CNC o el moldeo por inyección, influyen en la calidad y accesibilidad del dispositivo. Se comparan diferentes técnicas para determinar cuál permite una mayor personalización y optimización del diseño (Mebarki, 2021)

Para asegurar comodidad y eficacia en su uso, el dispositivo debe adaptarse a la anatomía individual de cada paciente. Aspectos como el diseño ergonómico, el peso adecuado y la facilidad de ajuste son cuidadosamente considerados para optimizar los resultados terapéuticos (Moreno, 2022).

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DEL CONTEXTO

3.1 Análisis externo

En el entorno de la problemática de estudio se observa como los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales. Influyen en el diseño y viabilidad en el desarrollo de un dispositivo terapéutico para la rehabilitación de la mano en adultos con hipertensión. Estos factores se interrelacionan para determinar tanto las oportunidades como los desafíos en el desarrollo de soluciones viables y accesibles.

El diseño de un producto terapéutico para la rehabilitación de las manos en adultos con hipertensión ofrece una solución innovadora y efectiva a esta problemática. Un dispositivo diseñado específicamente para este propósito puede abordar los problemas mencionados al proporcionar asistencia en la movilidad, reducir la espasticidad y estimular la neuroplasticidad. Además, el diseño terapéutico incluye características ergonómicas y personalizables que maximizan la comodidad y el impacto positivo en el tratamiento.

El diseño de dispositivos terapéuticos para la rehabilitación de la mano enfrenta desafíos y oportunidades en el acceso a materiales avanzados, costos de producción y adopción de tecnologías innovadoras. Aunque los avances en polímeros flexibles, impresión 3D y robótica han mejorado la personalización y eficacia de estos dispositivos, su implementación sigue siendo limitada en economías en desarrollo debido a barreras económicas, técnicas y de infraestructura. No obstante, la tendencia hacia materiales sostenibles y la fabricación local ofrece alternativas para crear soluciones accesibles, económicas y adaptadas a las necesidades específicas de estas regiones, fomentando la independencia tecnológica y la sostenibilidad.

3.1.1 Segmentación del mercado potencial

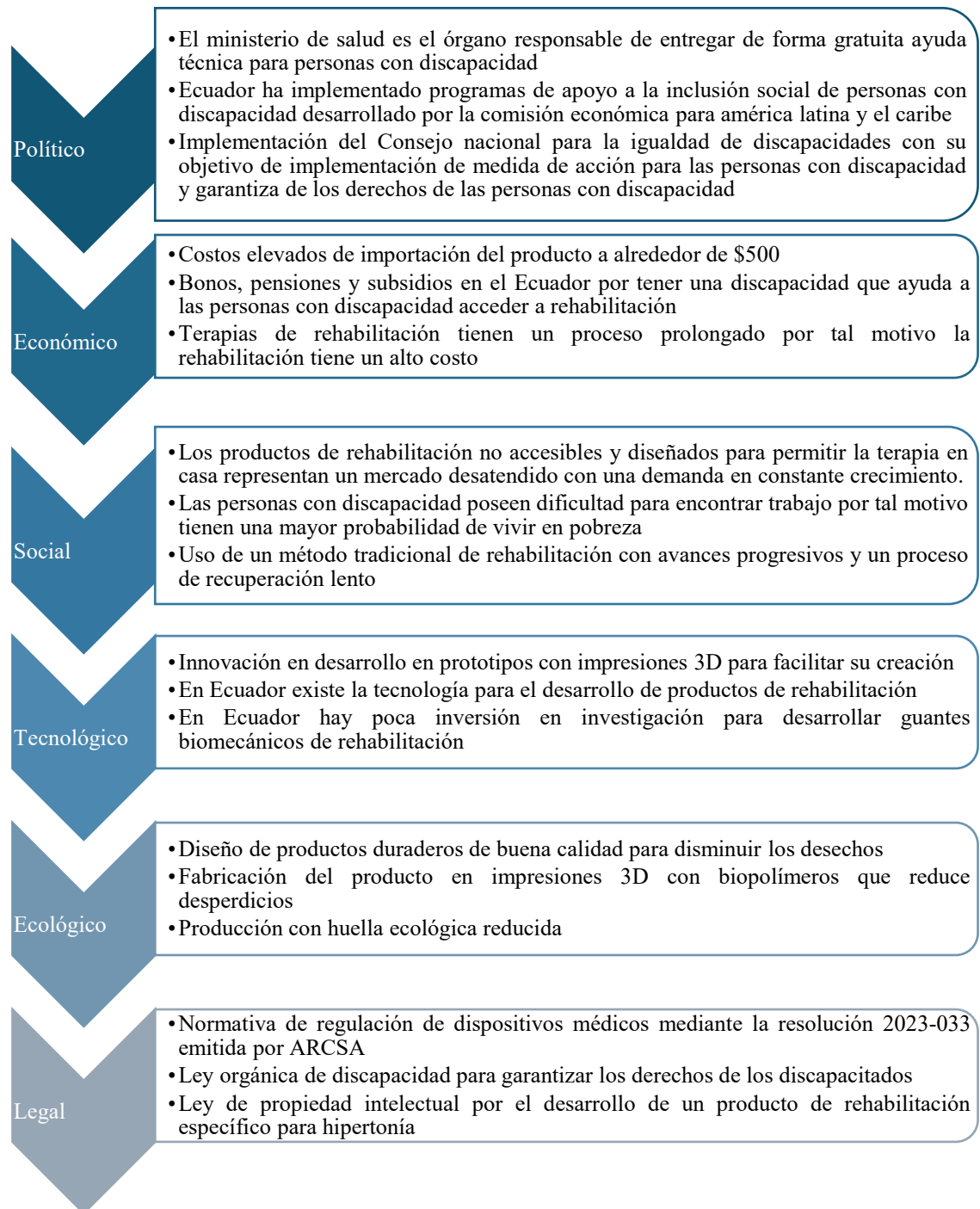
El proyecto tiene una segmentación del mercado potencial dirigido a personas adultas de entre 30 y 65 años que presentan hipertensión, un trastorno muscular frecuente en pacientes con enfermedades neurológicas como accidentes cerebrovasculares, parálisis cerebral o esclerosis múltiple. Este grupo demográfico requiere generalmente atención rehabilitadora continua, con el objetivo de recuperar su autonomía en actividades básicas de la vida diaria.

El proyecto se enfoca principalmente en áreas urbanas del Ecuador, especialmente en ciudades con presencia de instituciones de salud y rehabilitación como Quito, Guayaquil, Cuenca y Ambato. El perfil sociodemográfico del paciente potencial incluye hombres y mujeres con niveles de escolaridad media y superior, ingresos económicos de nivel medio a alto, y una motivación significativa por mejorar su funcionalidad física y calidad de vida.

El enfoque centrado en el paciente implica ir más allá de la segmentación superficial, incorporando metodologías cualitativas como entrevistas, y observación participativa. Estas herramientas permiten comprender no solo lo que necesita el paciente, sino también su experiencia diaria y las barreras que enfrenta durante su proceso de rehabilitación.

La demanda de productos terapéuticos personalizados va en aumento, impulsada por el envejecimiento poblacional, el incremento de enfermedades neurológicas y la mayor conciencia sobre la neuro rehabilitación. Sin embargo, la capacidad adquisitiva y el acceso a estos productos varían significativamente. Por ello, es fundamental contemplar estrategias de escalabilidad, modularidad del diseño y alianzas institucionales que permitan adaptar el producto a distintos contextos económicos sin sacrificar calidad. Además, al segmentar correctamente el mercado, se pueden generar versiones diferenciadas del mismo producto: una versión básica y accesible para atención comunitaria, y una versión avanzada para uso clínico especializado. Esta diversificación permite ampliar el alcance y mejorar el impacto social del proyecto.

3.1.2 Análisis PESTEL



Fuente: Elaboración Propia (2025)

3.1.2.1 Entorno político

Desde el ámbito político, Ecuador ha implementado programas que fomentan la inclusión social de personas con discapacidad, respaldados por instituciones como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, de igual manera el Estado otorga consultas y tratamientos gratuitos para las personas que poseen la patología. Esto representa un factor positivo en términos de apoyo gubernamental. Sin embargo, la implementación de políticas específicas como el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) aún enfrenta desafíos, como la ausencia de normativas claras para garantizar una distribución equitativa de dispositivos terapéuticos en todo el país.

Iniciativas y programas gubernamentales:

- Ministerio de Salud Pública (MSP): Implementa programas de rehabilitación integral, incluyendo terapias físicas y ocupacionales para personas con discapacidades neuromotoras (2024).
- Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS): Coordina políticas públicas y programas destinados a la inclusión y rehabilitación de personas con discapacidad.

3.1.2.2 Entorno económico

En el aspecto económico, los costos elevados de importación de dispositivos terapéuticos, que pueden superar los \$500, constituyen un obstáculo importante para los pacientes y sus familias, es importante resaltar que Ecuador ha enfrentado desafíos económicos como el desempleo, la inflación y la desaceleración económica. Lo que dificulta a los pacientes acceder a terapias con dispositivos terapéuticos, a pesar de los bonos y subsidios disponibles, la rehabilitación prolongada y el alto costo de los tratamientos limitan el acceso de las personas con discapacidad a soluciones terapéuticas efectivas. Este contexto genera una necesidad de alternativas económicamente viables y producidas en el país.

El crecimiento de pequeñas y medianas empresas innovadoras en áreas de salud digital y rehabilitación ha sido incentivado por programas de fondos no reembolsables y concursos públicos. Estos mecanismos representan una oportunidad para la financiación y sostenibilidad del dispositivo terapéutico propuesto.

3.1.2.3 Entorno social/ cultural

El análisis social resalta que, aunque existe una demanda creciente de productos terapéuticos adaptados a personas con discapacidad, el mercado se encuentra desatendido. Las barreras sociales, como la dificultad para acceder a empleos, limitan la capacidad de las personas con discapacidad para financiar su rehabilitación. Además, la falta de productos accesibles y adecuados para terapias específicas contribuye a prolongar las desigualdades en el acceso a servicios de salud.

En los últimos años, ha crecido significativamente la conciencia social sobre los derechos y las necesidades de las personas con discapacidad. Diversas campañas de sensibilización, lideradas tanto por instituciones gubernamentales como por organizaciones no gubernamentales, han contribuido a la construcción de una cultura basada en la inclusión y la accesibilidad. Paralelamente, se ha incrementado el reconocimiento hacia la importancia de la autonomía personal, así como el interés por terapias no invasivas que promuevan una participación de los pacientes en su proceso de recuperación. Estos cambios culturales han generado un entorno más receptivo y propicio para la aceptación y el desarrollo de soluciones terapéuticas innovadoras.

3.1.2.4 Entorno tecnológico

En el ámbito tecnológico, la innovación en prototipos, como el uso de impresión 3D, ha abierto nuevas oportunidades para la personalización y producción de dispositivos terapéuticos. Sin embargo, Ecuador aún enfrenta limitaciones en inversión tecnológica para desarrollar soluciones más avanzadas, como guantes biomecánicos de rehabilitación. A pesar de la disponibilidad de tecnología, la integración de sistemas innovadores es lenta debido a la falta de infraestructura adecuada e inversión.

La adaptación de TICs en el sector salud ha sido impulsada por políticas como la Agenda de Transformación Digital Ecuador 2022–2025, que busca fortalecer el uso de tecnologías para la gestión pública y mejorar los servicios en sectores como educación y salud (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información [MINTEL], 2023).

La infraestructura tecnológica, especialmente en hospitales públicos y centros de rehabilitación, sigue siendo limitada en muchas regiones del país. Según el Ministerio de Salud Pública, solo el 18 % de los centros de salud del primer nivel de atención cuentan con equipamiento moderno para fisioterapia y rehabilitación neurológica (Ministerio de Salud Publica [MSP], 2024).

3.1.2.5 Entorno ambiental

Desde una perspectiva ecológica, la sostenibilidad es importante en el diseño de dispositivos terapéuticos. La fabricación con biopolímeros mediante impresión 3D no solo reduce los costos de producción, sino que también minimiza los desechos y los problemas ecológicos. Además, el desarrollo de productos duraderos y de alta calidad puede fomentar prácticas responsables y sostenibles en el sector.

Ecuador enfrenta múltiples problemáticas ambientales, entre ellas, la deforestación, la contaminación del agua y del aire, y una gestión ineficiente de residuos sólidos. El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) ha alertado sobre la acumulación creciente de residuos no reciclables en zonas urbanas, incluyendo plásticos de un solo uso y materiales provenientes del sector médico (2023).

A su vez, la emisión de gases de efecto invernadero, aunque menor comparada con países industrializados, ha aumentado en sectores como el transporte y la industria. Esto impulsa la necesidad de fomentar soluciones tecnológicas de bajo impacto ambiental, tanto en su fabricación como en su distribución (Pacheco & Ayala, 2022)

En este contexto, el diseño de dispositivos terapéuticos debe integrarse a un paradigma de economía circular, que promueve la reutilización, reciclaje y optimización de recursos. La impresión 3D, por ejemplo, permite fabricar piezas a medida utilizando materiales reciclables como PLA ácido poliláctico, un polímero biodegradable derivado del almidón de maíz o caña de azúcar, lo cual representa una alternativa ecológica frente al plástico convencional (Gavilanez & Paredes, 2023).

3.1.2.6 Entorno legal

En el ámbito legal, Ecuador cuenta con normativas que regulan los dispositivos médicos, como la resolución 2023-033 de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) (2024), estas regulaciones, junto con la Ley Orgánica de Discapacidades (2012), garantizan los derechos de las personas con discapacidad. Sin embargo, la implementación de estas leyes requiere mayor vigilancia y un enfoque más específico en el desarrollo de productos terapéuticos innovadores.

Leyes y políticas nacionales relevantes

- Ley Orgánica de Discapacidades LODIS (2012): Esta ley garantiza los derechos de las personas con discapacidad, incluyendo la prevención, detección, habilitación y rehabilitación. Establece el acceso a servicios de salud y rehabilitación integral como un derecho fundamental.
- Ley Orgánica de Salud: Regula el Sistema Nacional de Salud, asegurando la atención integral, incluyendo la rehabilitación física y funcional.
- Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF): Adoptada por Ecuador, esta clasificación proporciona un marco para evaluar y abordar la discapacidad y la rehabilitación.

3.1.3 Tendencias de consumo del entorno

En el entorno actual la tendencia del consumo de las personas que padecen hipertensión es el uso de fisioterapias, medicamentos, y cuando la patología es crónica operación. Pero estos tratamientos son progresivamente lentos y se necesita de terapias

constantes para ver resultados, al hablar de la operación el paciente posterior necesita de fisioterapia para mejorar fuerza, y flexibilidad.

Adicionalmente, se han explorado otros métodos complementarios, como cromoterapia, ejercicios en el agua, y técnicas de relajación como Pilates o gimnasia hipopresiva (Benavides & Pérez, 2019). Aunque también existen dispositivos diseñados para rehabilitación y movilidad, su implementación en Ecuador es limitada debido a sus altos costos y la baja disponibilidad, lo que dificulta el acceso para la mayoría de los pacientes. Por consiguiente, los tratamientos no basados en dispositivos se presentan como una alternativa más accesible y ampliamente utilizada, aunque retarda el tratamiento del paciente.

Por otro lado, la tendencia del diseño de aparatos de rehabilitación ha adoptado la visión de integrar diferentes tecnologías, que puedan personalizarse para la patología. Los nuevos mecanismos de rehabilitación con más innovación son los que usan robótica blanda la cual es una terapia con resultados notables en pocas semanas entendiendo que permite monitorear el progreso y adaptar los movimientos a las necesidades específicas de cada paciente.

La impresión 3D está revolucionando el sector al facilitar la producción de aparatos personalizados a menor costo. Este método no solo reduce los tiempos de desarrollo, sino que también permite crear dispositivos ergonómicos adaptados a las características anatómicas de cada paciente. Además, existe una creciente preocupación por la sostenibilidad, lo que impulsa la incorporación de materiales biodegradables y procesos de fabricación ecológicos (Alvarez & Falfán, 2019).

A pesar de estos avances, el acceso a tecnologías innovadoras sigue siendo limitado en muchos países debido a los altos costos de producción y la falta de infraestructura. Esto abre la oportunidad de diseñar dispositivos más simples y económicos que cumplan con las necesidades básicas de rehabilitación, garantizando su accesibilidad en diferentes contextos sociales y económicos.

3.1.4 Análisis del sector y del entorno de referencia

3.1.4.1 Estimación de Demanda

La población objetivo de la problemática de estudio es el número de personas con discapacidad física, por tal motivo se determina que para enero del 2024 se tenía un total de 540.650 personas, lo que equivale al 48,3% según datos del Ministerio de Salud Pública (Ministerio de Salud Publica [MSP], 2024).

El 67% de las personas que padecen hipertensión requieren una rehabilitación intensiva debido a que esta condición, si no se trata adecuadamente, tiende a disminuir progresivamente la movilidad. Aunque las terapias tradicionales pueden mitigar parcialmente los efectos de la patología, su alcance es limitado para prevenir el deterioro a largo plazo. Por ello, la implementación de terapias disruptivas y tecnológicamente avanzadas podría desempeñar un papel crucial en la enfermedad, ayudando a evitar que la condición se vuelva crónica y mejorando significativamente la calidad de vida de los pacientes.

Aunque solo un 34% de personas con la patología tienen acceso a poder pagar y comprar un aparato de rehabilitación por su alto costo y poca accesibilidad.

$\text{Demanda} = \text{Población Objetivo} * \text{Tasa de necesidad} * \text{Tasa de acceso económico}$

$\text{Demanda} = 540.650 * 67\% * 34\%$

$\text{Demanda} = 123.160 \text{ unidades}$

3.1.4.2 Estimación de Oferta

La producción local de dispositivos de rehabilitación en el país se encuentra en una etapa de desarrollo limitada, influenciada por factores como la capacidad tecnológica, la disponibilidad de materiales especializados y la inversión en innovación. Según estimaciones basadas en reportes de la Cámara de Industrias y Producción (2024), la

industria nacional fabricó aproximadamente 15.200 unidades de dispositivos para rehabilitación durante el año 2024.

Según el informe de 2024 del servicio nacional de aduanas (SNAD) según el sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA), dentro de la categoría de productos médicos, específicamente en la subcategoría de productos para rehabilitación, se reportó la importación de aproximadamente 50.784 unidades (2004).

Oferta= Producción local + Importaciones

Oferta= 15.200+50.784

Oferta= 65.984 unidades

3.1.5 Análisis estratégico de la competencia

En el desarrollo de dispositivos terapéuticos para la rehabilitación de manos en pacientes con hipertensión o condiciones similares, resulta fundamental comprender las características y propuestas de los productos existentes en el mercado. Este análisis permite identificar fortalezas y debilidades de los competidores, así como detectar oportunidades de diferenciación que impulsen la competitividad del producto propio.

El análisis de competencia es una herramienta estratégica que proporciona una visión clara de las soluciones disponibles y de cómo estas abordan las necesidades del público objetivo. Para este estudio, se evaluaron tres dispositivos destacados: Smart Glove de Neofect, Rehabilitation Robot Gloves de Syrebo y Guante Robótico de Sanamed. Cada uno de estos productos presenta enfoques diversos en términos de tecnología, funcionalidad y accesibilidad, lo que los hace únicos dentro del mercado de rehabilitación.

Tabla 1: *Matriz Competencia*

Aspecto	Neofect	Strove	Sanamed
Características	Mejora movilidad de las manos y dedos	Asistencia activa, enfoque en accidentes cerebrovasculares.	Material flexible, adecuado para varios niveles de rehabilitación.
Grafico			
Público Objetivo	Pacientes con afecciones motoras en la mano.	Pacientes con afecciones motoras en la mano.	Personas con hemiplejía por accidente cerebrovascular
Tecnología	Tecnología inteligente de sensores.	Robótica avanzada con rehabilitación guiada.	Robótica semiautomática para flexión/extensión.
Enfoque terapéutico	Movilidad de dedos y muñeca, mejora de fuerza y flexibilidad.	Recuperación de movilidad después de accidentes cerebrovasculares.	Mejora de la función motora después de hemiplejía.

Fuente: Elaboración Propia (2025)

Análisis interno

3.1.6 Análisis FODA

Tabla 2: *Análisis FODA*

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Implementación de un proceso de fabricación de fácil acceso y bajo costo impresión 3D	Poca investigación técnica de productos de rehabilitación
Diseño del producto adecuado para realizar la terapia en casa	falta de pruebas técnicas e investigaciones para determinar la efectividad
Productos personalizados para la necesidad del paciente	Inadecuada publicidad del producto para que los fisioterapeutas puedan conocer del producto
Prototipo con una alta tasa de viabilidad	Proceso de fabricación largo por la complejidad de la impresión de piezas
Fabricación con materiales de calidad	Inadecuada capacitación al paciente del uso del producto
Proceso de fabricación con huella ecológica reducida	
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Creciente demanda de productos de rehabilitación	Competencia de productos importados aprobados por la FD
Amplia normativa política para personas con discapacidad	Inflación.
Incentivos del estado para proyectos a personas con discapacidad	Costo de materia prima que podría elevar el costo.
Mercado no atendido de personas con hipertensión	Proceso complejo y demoroso de aprobación por parte del ARCSA
Inversión del estado en adquirir nuevos productos para rehabilitación	

Fuente: Elaboración Propia (2025)

3.1.6.1 Fortalezas

El proyecto destaca por implementar un proceso de fabricación accesible y de bajo costo mediante impresión 3D, lo que permite diseñar productos personalizados que se adaptan a las necesidades del paciente. Además, los prototipos presentan una alta viabilidad y están fabricados con materiales de calidad, lo que asegura su durabilidad. A esto se suma un enfoque en la sostenibilidad, al integrar procesos de fabricación con huella ecológica reducida, lo que posiciona al producto como una alternativa innovadora y respetuosa con el medio ambiente.

3.1.6.2 Oportunidades

El contexto ofrece grandes posibilidades, como el aumento de la demanda de productos de rehabilitación y un mercado poco atendido de personas con hipertensión. De igual manera, la normativa y los incentivos del país para proyectos enfocados en personas con discapacidad crean un entorno favorable para el desarrollo y financiamiento del producto. Además, la inversión del país en nuevos dispositivos terapéuticos puede facilitar la introducción de esta innovación al sistema de salud.

3.1.6.3 Debilidades

Entre los principales retos se encuentran la falta de investigación técnica y pruebas para validar la efectividad del producto, lo que limita su aceptación en el mercado. Además, el proceso de fabricación puede ser prolongado debido a la complejidad de la impresión 3D, y la capacitación insuficiente del paciente final representa un desafío para el uso adecuado del dispositivo. También se identifica una carencia de estrategias publicitarias que informen a los fisioterapeutas sobre sus beneficios.

3.1.6.4 Amenazas

El proyecto enfrenta competencia de productos importados aprobados por organismos internacionales como la FDA, lo que representa un desafío para ganar poder en el mercado. Otros riesgos incluyen la inflación y el aumento en los costos de materias primas, así como barreras de los pacientes para adoptar nuevas tecnologías en sus terapias. Por último, los procesos regulatorios complejos y demorados, como los de ARCSA, pueden dificultar la comercialización del producto.

3.1.7 Análisis de recursos propios y disponibles

3.1.7.1 Elementos de abastecimiento de materiales y materia prima

Para el análisis de la viabilidad de desarrollo del proyecto se ha investigado diferentes proveedores que ofrecen soluciones tecnológicas que abarcan desde la venta de impresoras hasta servicios de impresión. Dando como resultado acceder a tecnología avanzada para la creación de prototipos, piezas personalizadas y soluciones para el producto de rehabilitación.

Tabla 3: *Análisis de materiales*

Proveedor	Producto	Características
Maker Group	Impresoras 3D Filamentos, Servicios de Diseño e Impresión 3D	fabricación de prototipos
MYJ Printer	Impresoras DTF	Impresión textil y personalizada
Radlab	Impresoras 3D, Materiales para impresoras 3D	personalización de productos
Novatron	Servicios de impresión 3D	Impresión 3D
eSun Group	Filamentos PLA, productos relacionados con impresión 3D	Fabricación de filamentos para impresión 3D
eSun3d	Filamentos	Venta de filamentos

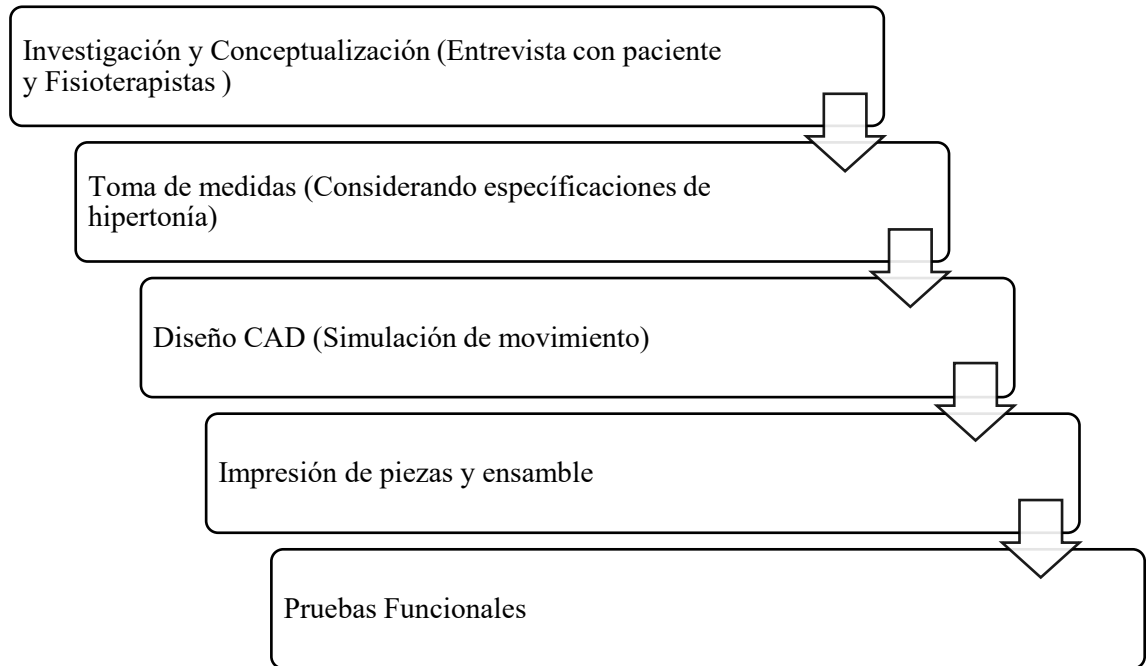
Fuente: Elaboración Propia (2025)

3.1.7.2 Elementos de producción

La producción se ejecutará con impresoras 3D de tipo FDM, optimizando parámetros como velocidad, temperatura y orientación para lograr piezas funcionales, ergonómicas y de buena resistencia estructural. El proceso contempla etapas de posprocesamiento como lijado, ensamblado y verificación dimensional. Además, se validará cada prototipo mediante pruebas funcionales con pacientes reales para asegurar su eficacia terapéutica.

A continuación, se detalla la cadena de producción propuesta para la creación del dispositivo terapéutico, considerando cada etapa relevante desde la conceptualización hasta la entrega al paciente final.

Figura 14: *Proceso de producción*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

3.1.7.3 Elementos de comercialización

La comercialización contempla un enfoque multicanal: ferias tecnológicas, convenios con centros de salud, redes sociales y plataformas de e-commerce especializadas en salud. Se generarán materiales audiovisuales que expliquen el uso y beneficios del dispositivo. El respaldo de testimonios médicos y pacientes fortalecerá la percepción de confiabilidad y eficacia.

3.1.7.4 Análisis de costos de la competencia

Comprender el panorama de costos del mercado es crucial para diseñar soluciones que sean competitivas y accesibles, especialmente en contextos locales como el ecuatoriano. Entendiendo todas las características del mercado. En tal sentido se realiza un análisis de costos en comparación con las características de los principales competidores.

Tabla 4: *Análisis costos de competencia*

Producto	Característica	Precio
Neofect	Guante inteligente con sensores avanzados que detectan movimientos en tiempo real, ejercicios interactivos para mejorar la movilidad y fuerza de la mano y muñeca, diseño ergonómico, plataforma de seguimiento para monitorear el rendimiento del paciente.	\$ 459
Strove	Guantes robóticos que proporcionan entrenamiento funcional eficaz mediante presión de aire específica, botones táctiles inteligentes, intensidad de entrenamiento ajustable, diseño portátil y adecuado para uso independiente por personas mayores.	\$ 649
Sanamed	Función de espejo para impulsar el movimiento de la mano afectada, entrenamiento de dedos separado mediante válvulas de aire independientes, tres tamaños disponibles, panel de operación grande y simple, adecuado para entrenamiento autónomo.	\$ 499

Fuente: Elaboración Propia (2025)

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

Ubicación

La investigación se desarrolló en el Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades 'El Peral 1', localizado en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador. Este centro fue elegido debido a su atención especializada a una población diversa con discapacidades, entre ellos adultos con condiciones neurológicas que ocasionan hipertensión. Su infraestructura adecuada y la presencia de un equipo interdisciplinario lo convierten en un espacio óptimo para validar funcionalmente el dispositivo terapéutico planteado.

Tipo de investigación

4.1.1 Investigación Bibliográfica Documental

Para este estudio, se utilizó un tipo de investigación bibliográfica documental con el propósito de recopilar, estudiar y analizar para poder interpretar información proveniente de diferentes fuentes de información que pueden ser escritas, bibliográficas, y digitales. Este enfoque permite desarrollar un marco teórico sólido que sustente el desarrollo del dispositivo terapéutico para la rehabilitación de manos en adultos con hipertensión. Una particularidad de este tipo de investigación es que no exige interacción y contacto directo con los participantes del estudio, ya que se fundamenta en los análisis directos de documentos que ya existentes o investigaciones desarrolladas. Según Sánchez y Martínez (2018), expertos en esta metodología, este tipo de investigación facilita la interpretación y desarrollo de conocimientos establecidos y su aplicación en problemas específicos, enriqueciendo la comprensión teórica y práctica del tema.

La investigación bibliográfica influye en diversas áreas relacionadas con el proyecto. En esta investigación, los temas principales incluyen el diseño ergonómico, las tecnologías aplicadas a dispositivos de rehabilitación, los materiales de fabricación y la fisiología de la mano. Cada uno de estos ámbitos ofrece bases conceptuales necesarias para entender y abordar las necesidades de los pacientes, así como para proponer soluciones innovadoras y funcionales.

Las fuentes de información utilizadas incluyen libros, Tesis, investigaciones, artículos científicos, patentes y normativos sobre discapacidad relevantes. Entre los textos de referencia destacan publicaciones de autores reconocidos en diseño industrial, ergonomía y tecnología médica, los cuales proporcionan modelos y teorías relevantes aplicables a la investigación. Las tesis determinan perspectivas recientes sobre el desarrollo de productos similares, mientras que los artículos científicos presentan estudios actuales sobre tendencias y avances en el ámbito de la rehabilitación.

Las normativas y datos sobre los pacientes brindan parámetros e información relevante sobre la calidad y seguridad que deben cumplirse en el diseño y la producción del dispositivo. Este enfoque no solo permite fundamentar cada parte del proyecto, sino que también identifica coyunturas en la literatura e investigaciones existentes, abriendo la posibilidad de generar aportes novedosos y ajustados a la necesidad de los pacientes.

4.1.2 Investigación de Campo

La investigación de campo se centrará en la recolección de datos directamente en el entorno donde se emplearán los dispositivos terapéuticos, permitiendo una comprensión más auténtica y contextualizada de las necesidades y desafíos de forma detallada. A diferencia de los métodos que se desarrollan en ambientes controlados, esta metodología fomenta la interacción directa con las personas con la patología y las características específicas de los pacientes con hipertensión. Según Fernández & Baptista (2014), en la investigación aplicada o de campo, este enfoque involucra al investigador

en el contexto analizado, lo que facilita un entendimiento profundo de las características funcionales y sociales del entorno de los pacientes para poder desarrollar un producto enfocado al paciente ya que cada patología tiene características diferentes.

En este proyecto, la investigación de campo será importante para poder recopilar información en el Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades 'El Peral 1'. Se buscará comprender las necesidades de los pacientes, el uso actual de dispositivos terapéuticos y las expectativas respecto al diseño propuesto. Este proceso incluirá entrevistas a terapeutas, pacientes y cuidadores, con el fin de identificar sus percepciones y requerimientos específicos.

Se aplicarán encuestas estructuradas para recoger datos cuantitativos que permitan establecer patrones sobre la funcionalidad esperada del dispositivo y su accesibilidad económica. Además, se llevará a cabo observación directa durante las sesiones de terapia en el centro, lo que proporcionará información valiosa sobre el contexto de uso, las limitaciones actuales y las oportunidades de mejora.

De igual manera, se analizarán las características de dispositivos existentes, evaluando su usabilidad y desempeño en condiciones reales. Estos hallazgos serán importantes para ajustar el diseño del dispositivo terapéutico, asegurando que cumpla con las expectativas de los pacientes y los estándares de calidad requeridos.

4.1.3 Investigación Aplicada

El enfoque aplicado de este proyecto se centra en la implementación práctica de los conocimientos teóricos y tecnológicos adquiridos durante el proceso de investigación. En lugar de limitarse a una exploración sin objetivo, el objetivo principal es desarrollar un dispositivo terapéutico funcional y efectivo para la rehabilitación de la mano en adultos con hipertensión, utilizando los avances más recientes en ergonomía, materiales y tecnologías de rehabilitación. Este enfoque permite traducir los hallazgos

académicos y científicos en soluciones tangibles que puedan mejorar la calidad de vida de los pacientes (Bernal, 2012).

El proceso de desarrollo del dispositivo no solo se basa en el análisis de la literatura existente, sino también en la interacción directa con los pacientes y el entorno de uso, es decir, en la recolección de datos reales obtenidos a través de la investigación de campo. Y recolectados en la investigación bibliográfica, se busca crear un prototipo que cumpla con los requisitos específicos de los pacientes para que se adapte a las realidades clínicas y terapéuticas del Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades 'El Peral 1'.

Este enfoque aplicado implica un análisis continuo de información, retroalimentación y ajustes. A medida que se avanza en el diseño y la fabricación del dispositivo, se realizan pruebas de usabilidad y funcionalidad, se recogen opiniones de terapeutas y pacientes para evaluar la efectividad y la comodidad del dispositivo en situaciones reales. Con base en esta información, se podrán realizar modificaciones y mejoras que optimicen tanto la funcionalidad como la accesibilidad del dispositivo.

El objetivo final del enfoque aplicado es garantizar que el dispositivo no solo sea un prototipo innovador, sino también una herramienta efectiva y accesible para la rehabilitación de la mano, alineada con las necesidades reales de los pacientes y las condiciones del entorno clínico.

Enfoque de trabajo

El proyecto tiene un enfoque mixto uno datos cualitativos y cuantitativos.

4.1.4 Enfoque Cualitativo

El enfoque cualitativo se enfoca en comprender fenómenos complejos a través de la exploración profunda de experiencias, percepciones y contextos. Este enfoque busca obtener información detallada sobre las necesidades, sentimientos y puntos de vista de

los participantes, permitiendo entender sus realidades de manera más holística. A través de técnicas como entrevistas, encuestas abiertas y observaciones directas, se obtienen datos no estructurados que proporcionan una visión rica y contextualizada de la problemática que se está investigando (Hernández, Fernández, & Baptista, 2016).

En el contexto de este proyecto, el enfoque cualitativo permitirá explorar las percepciones de los pacientes sobre las limitaciones actuales en los dispositivos terapéuticos y las expectativas que tienen respecto al dispositivo propuesto. Para ello, se realizarán tres entrevistas a expertas fisioterapeutas que están familiarizadas con la problemática de la hipertonía y que han trabajado en el tratamiento de la rehabilitación de la mano. Estas profesionales proporcionan una perspectiva especializada sobre las necesidades de los pacientes, la efectividad de los dispositivos y las características determinantes que debe tener el nuevo dispositivo para ser exitoso en la terapia. Además, su experiencia permitirá tener un adecuado análisis con un enfoque basado en la práctica clínica y el marco teórico del estudio.

4.1.5 Enfoque Cuantitativo

El enfoque cuantitativo, por otro lado, se basa en la recolección de datos numéricos que pueden ser analizados estadísticamente. Este tipo de enfoque busca establecer patrones, medir variables específicas y obtener resultados objetivamente verificables, lo que permite evaluar la efectividad de un dispositivo o intervención de manera más precisa. Los datos obtenidos a través de este enfoque permiten realizar comparaciones y conclusiones sobre la relación entre las variables estudiadas (Bernal, 2012).

En este caso, se recopilarán datos cuantificables sobre la efectividad del dispositivo terapéutico propuesto. Se realizarán mediciones detalladas de las manos de cinco pacientes con hipertonía antes y después de usar el dispositivo. Estas mediciones incluirán la amplitud de movimiento de las articulaciones de la mano, y otros parámetros influyentes relacionados con la función manual. Estos datos permitirán evaluar si el dispositivo mejora la movilidad y la funcionalidad de la mano, además de

proporcionar información precisa sobre la efectividad del dispositivo en su objetivo terapéutico.

Prueba de hipótesis

Hipótesis Nula H_0 = El dispositivo terapéutico personalizado y fabricado mediante impresión 3D NO puede mejorar significativamente la funcionalidad manual y la autonomía en adultos con hipertensión

Hipótesis Alternativa H_1 = El dispositivo terapéutico personalizado y fabricado mediante impresión 3D puede mejorar significativamente la funcionalidad manual y la autonomía en adultos con hipertensión

Definición de Variables

4.1.6 Variable Independiente

Tabla 5: *Definición de Variables Variable independiente*

Diseño de dispositivo terapéutico

Conceptualización	Dimensiones	Indicador
Se refiere a las características técnicas, ergonómicas y materiales del dispositivo creado para apoyar la rehabilitación de la mano.	Materiales de fabricación	Calidad de material seleccionado
	Características ergonómicas	Ajustes anatómicos
	Diseño y Fabricación	Tiempo de producción

Fuente: Elaboración Propia (2025)

4.1.7 Variable Dependiente

Tabla 6: Definición de Variables Variable dependiente

Efectividad en la rehabilitación de la mano

Conceptualización	Dimensiones	Indicador
Grado en el que el dispositivo logra mejorar la movilidad y funcionalidad de las extremidades superiores en personas con hipertensión	Movilidad articular	Incremento de movilidad
	Reducción de espasticidad	Nivel de espasticidad
	Satisfacción del paciente	Calificación del paciente

Fuente: Elaboración Propia (2025)

Población y Muestra

La población objetivo está conformada por personas adultas con hipertensión en extremidades superiores, atendidas en centros de rehabilitación física en Ambato. La muestra será seleccionada mediante muestreo no probabilístico por conveniencia

El muestreo no probabilístico por conveniencia es una técnica de selección de muestras en la que los participantes son elegidos con base en su accesibilidad y disposición para participar en el estudio, en lugar de ser seleccionados al azar. Este método no busca representar estadísticamente a toda la población, sino que prioriza la facilidad de acceso y la viabilidad práctica de la investigación. Es especialmente útil en estudios donde los recursos, tiempo o la disponibilidad de la población objetivo son limitados. Aunque este tipo de muestreo puede introducir cierto sesgo, resulta adecuado cuando el objetivo es realizar análisis exploratorios o estudios piloto (Chirino & Pérez, 2021).

En este proyecto, se ha seleccionado el muestreo no probabilístico por conveniencia debido a la naturaleza específica de la población objetivo, ya que deben cumplir con

las siguientes características, personas adultas con hipertensión en extremidades superiores que reciben atención en centros de rehabilitación física en Ambato. Este enfoque permite garantizar la participación de personas que cumplan con los criterios establecidos para la investigación y que estén dispuestas a colaborar activamente en las pruebas del dispositivo terapéutico.

Recolección de Información

4.1.8 Entrevista

La entrevista es una técnica esencial dentro de los métodos cualitativos, utilizada para obtener información profunda y detallada a través de una conversación planificada entre el investigador y el entrevistado. Según García Martínez y López Sánchez (2020), esta herramienta permite acceder a percepciones, experiencias y opiniones que no pueden ser captadas por métodos cuantitativos, ofreciendo flexibilidad para adaptar las preguntas conforme avanza la conversación. Esto la convierte en un recurso valioso para explorar temas complejos y enriquecer los datos recolectados.

En este proyecto, las entrevistas se emplearon para recopilar información específica sobre las necesidades y desafíos en la rehabilitación de la mano en adultos con hipertensión. Además, se buscó conocer las opiniones de especialistas en fisioterapia acerca del diseño, la funcionalidad y los elementos terapéuticos que un dispositivo debe incluir para responder a las demandas de esta población.

Para este estudio, se realizaron tres entrevistas semiestructuradas con fisioterapeutas que trabajan directamente con pacientes con hipertensión en extremidades superiores. Los expertos seleccionados tienen una experiencia significativa en tratamientos de rehabilitación y en el uso de dispositivos terapéuticos, lo que los convierte en una fuente valiosa de información. Estas entrevistas se diseñaron para identificar las necesidades clínicas, explorar ideas sobre materiales y

diseño, y recopilar sugerencias sobre la integración de tecnologías en dispositivos terapéuticos.

Cada entrevista se estructuró para basarse tanto en las experiencias prácticas de los expertos como en los conceptos abordados en la revisión bibliográfica y el marco teórico del proyecto. Esto garantizó que la información recopilada fuera relevante y estuviera alineada con los objetivos específicos del dispositivo propuesto.

- **Estructura de la entrevista**

Tabla 7: *Estructura de la entrevista*

Sección	Pregunta	Opciones
Experiencia con hipertonia	¿Cuántos años ha trabajado con personas con hipertonia en extremidades superiores?	Menos de 1 año, 1 a 3 años, 4 a 6 años, Más de 6 años
Necesidades terapéuticas	¿Cuáles considera los dos principales desafíos en la rehabilitación de manos con hipertonia?	Dolor, Falta de constancia del paciente, Rigidez extrema, Falta de dispositivos adecuados, Poco tiempo de terapia
	¿Cuánto tiempo promedio toma observar mejoras funcionales significativas en un paciente?	Menos de 1 mes, 1 a 3 meses, 4 a 6 meses, Más de 6 meses
Diseño y funcionalidad	¿Qué características considera más importantes en un dispositivo terapéutico para la mano?	Peso liviano, Fácil colocación, Comodidad, Resistencia, Textura agradable, Diseño atractivo, Todas las anteriores
	¿Qué tipo de material ha sido mejor tolerado por los pacientes?	Plástico rígido, Silicona, Tela, Espuma.
Tecnología y personalización	¿Ha usado o visto dispositivos terapéuticos fabricados en impresión 3D?	Sí, No
	¿Considera que un diseño personalizado según las medidas del paciente puede mejorar la eficacia terapéutica?	Sí, No, No estoy seguro/a
Evaluación y uso	¿Cuántas veces por semana considera que debe usarse el dispositivo para ser efectivo?	1 a 2 veces, 3 a 4 veces, 5 a 6 veces, Todos los días

	¿Qué tiempo debería durar cada sesión de uso del dispositivo?	Menos de 15 minutos, 15 a 30 minutos, 31 a 45 minutos, Más de 45 minutos
Percepción general	En una escala del 1 al 5, ¿qué tan importante considera el uso de dispositivos complementarios a la terapia manual?	1, 2, 3, 4, 5

Fuente: Elaboración Propia (2025)

4.1.9 Observación

La observación es un método de investigación cualitativa que consiste en la recopilación sistemática de información mediante la percepción directa de un fenómeno en su entorno natural. Este enfoque permite registrar comportamientos, dinámicas y características que pueden no ser accesibles a través de otras técnicas. Según López y García (2018), "la observación brinda al investigador la oportunidad de analizar de forma detallada los aspectos visuales, conductuales y contextuales de los sujetos de estudio" (p.45).

En este proyecto, la observación se empleó para registrar datos sobre las características físicas y funcionales de las manos de los participantes, con el fin de diseñar un dispositivo terapéutico adaptado a las necesidades de personas adultas con hipertensión. Este método permitió recopilar información precisa y relevante sobre las medidas anatómicas y las condiciones particulares de las extremidades superiores de los pacientes.

- Bitácora de Observación

Tabla 8: *Bitácora de observación*

Fecha:								
MEDIDAS DE MANOS								
N	Longitud mano	Ancho palma	Longitud índice	Longitud medio	Longitud anular	Longitud Meñique	Longitud Pulgar	Longitud muñeca
1								
2								
3								
RANGOS DE MOVILIDAD								
N	Flexión MCP	Extensión MCP	Flexión PIP	Extensión PIP	Flexión DIP	Extensión DIP	Flexión Pulgar MCP	Flexión Pulgar IP
1								
2								
3								

Fuente: Elaboración Propia (2025)

Análisis y discusión de los resultados

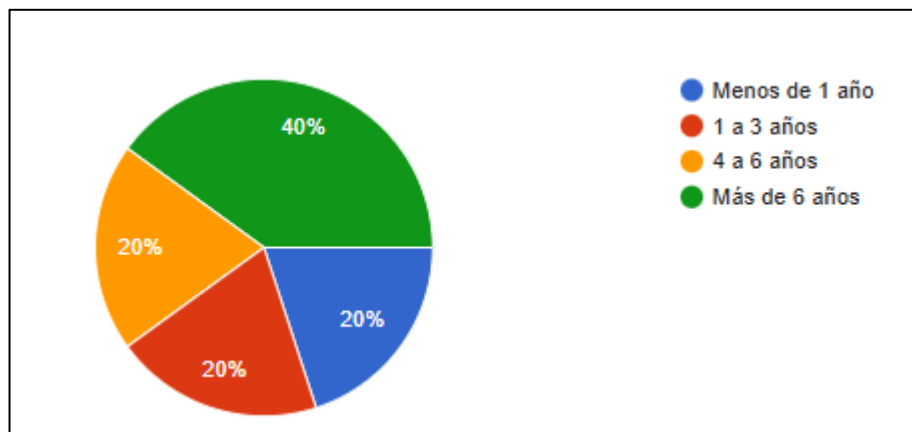
4.1.10 Análisis entrevista

Para desarrollar dispositivos terapéuticos eficaces dirigidos a adultos con hipertensión, se llevó a cabo una consulta con cinco especialistas: la Lic. Maribel Arauz, Lic. Rafael Acosta, Lic. Alejandra Ruiz, Lic. Martha Zurita y Lic. Juan Altamirano. Los participantes tienen diversos años de experiencia y perspectivas sobre los desafíos, materiales, y características ideales de los dispositivos, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones en el diseño. Sus respuestas reflejan tanto las necesidades del paciente final como las limitaciones del contexto terapéutico actual.

Pregunta 1

¿Cuántos años ha trabajado con personas con hipertensión en extremidades superiores?

Figura 15: *Pregunta 1*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

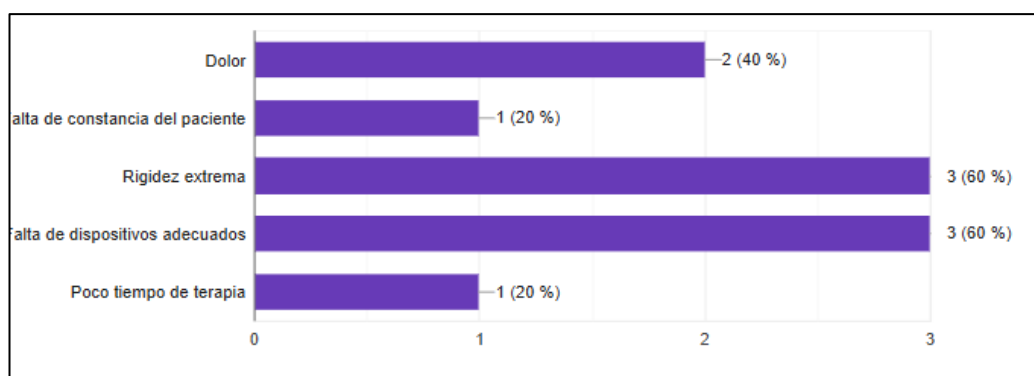
La mayoría de los encuestados tiene una experiencia considerable, ya que un número significativo ha trabajado con personas con hipertensión por más de 6 años. También hay una representación moderada de profesionales con 4 a 6 años de experiencia y una menor proporción con menos de 3 años. Esto sugiere que el grupo

cuenta con una base sólida de conocimiento práctico, lo que refuerza la relevancia y credibilidad de sus respuestas.

Pregunta 2

¿Cuáles considera los dos principales desafíos en la rehabilitación de manos con hipertonía? (Marque máximo 2)

Figura 16: Pregunta 2



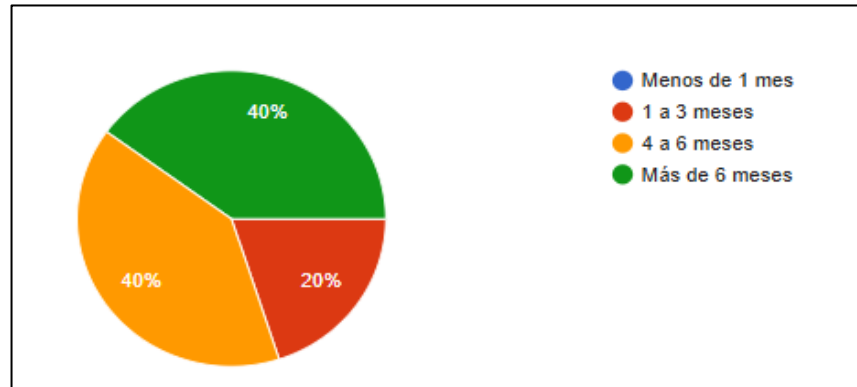
Fuente: Elaboración Propia (2025)

Entre los desafíos destacados, los participantes mencionaron principalmente la rigidez extrema y la falta de dispositivos adecuados. Otros problemas citados incluyen el dolor y la falta de constancia del paciente en los tratamientos. Este panorama subraya la necesidad de innovar en herramientas terapéuticas y estrategias motivacionales para el compromiso del paciente.

Pregunta 3

¿Cuánto tiempo promedio toma observar mejoras funcionales significativas en un paciente?

Figura 17: Pregunta 3



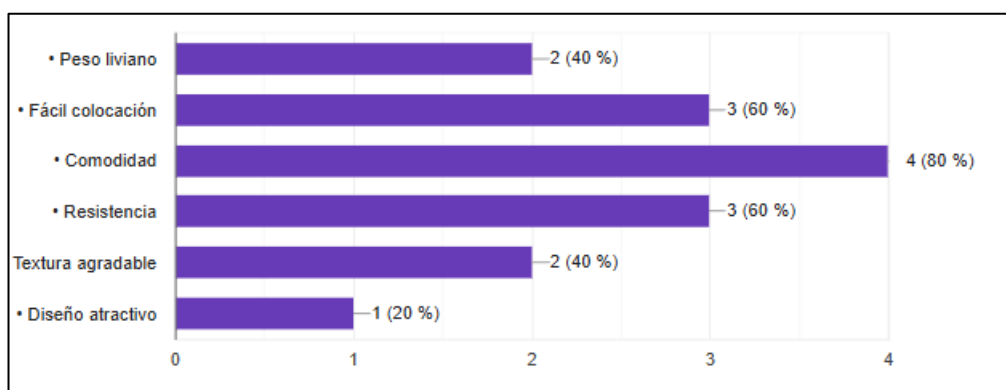
Fuente: Elaboración Propia (2025)

La mayoría de los encuestados afirmó que las mejoras funcionales requieren más de 6 meses, mientras que otros indicaron un rango de 4 a 6 meses. Solo una minoría reportó observar avances entre 1 y 3 meses. Estos resultados refuerzan la idea de que la rehabilitación de manos con hipertensión es un proceso a largo plazo que requiere perseverancia tanto del paciente como del terapeuta.

Pregunta 4

¿Qué características considera más importantes en un dispositivo terapéutico para la mano? (Marque máximo 3)

Figura 18: Pregunta 4



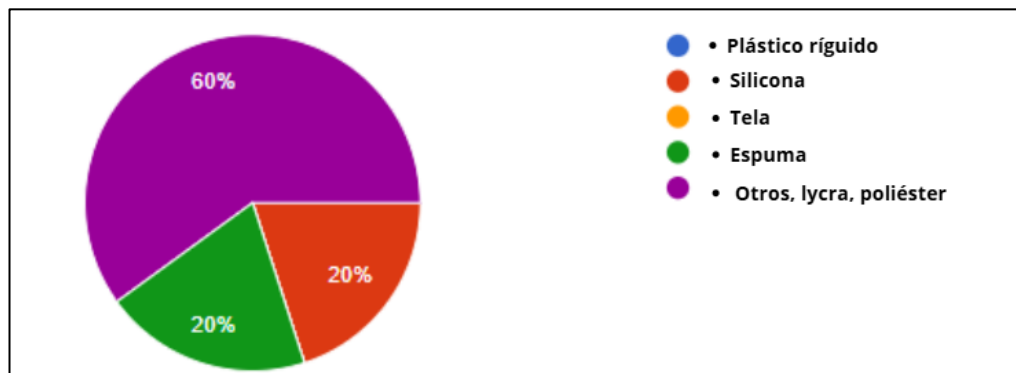
Fuente: Elaboración Propia (2025)

Las características más valoradas en un dispositivo son la facilidad de colocación, la comodidad y la resistencia, seguida por el peso liviano y una textura agradable. Esto pone de manifiesto la importancia del diseño ergonómico y funcional que garantice la aceptación del paciente y facilite el uso regular del dispositivo

Pregunta 5

¿Qué tipo de material ha sido mejor tolerado por los pacientes?

Figura 19: *Pregunta 5*



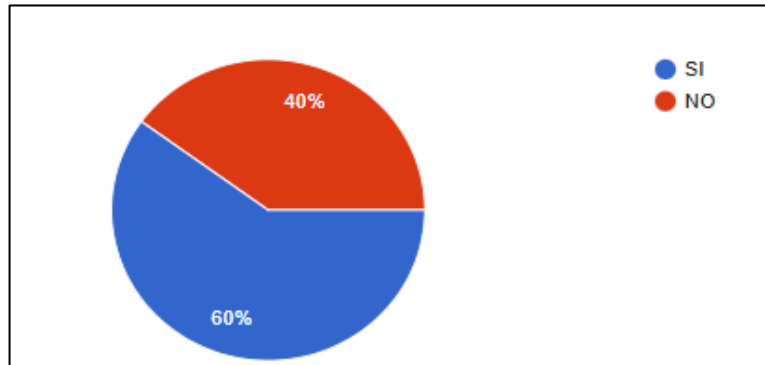
Fuente: Elaboración Propia (2025)

La lycra y el poliéster fue el material más mencionado por su tolerancia entre los pacientes, seguido por la silicona y la espuma. Este hallazgo ofrece una orientación valiosa sobre los materiales preferidos para fabricar dispositivos terapéuticos, destacando aquellos que combinan flexibilidad, suavidad y durabilidad.

Pregunta 6

¿Ha usado o visto dispositivos terapéuticos fabricados en impresión 3D?

Figura 20: Pregunta 6



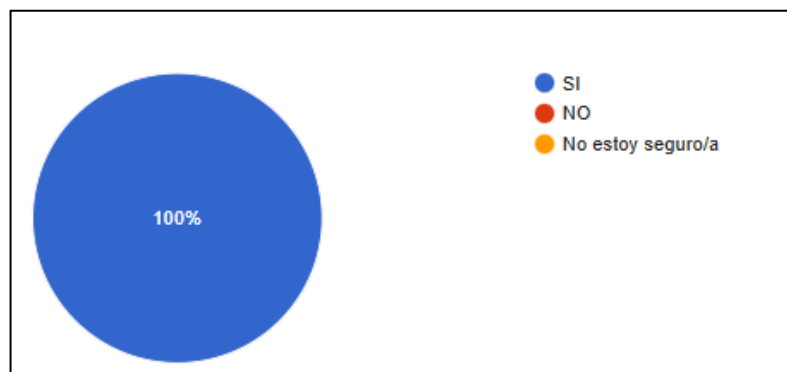
Fuente: Elaboración Propia (2025)

Una mayoría de los encuestados respondió afirmativamente, lo que indica una exposición creciente a esta tecnología. Sin embargo, una proporción significativa aún no ha utilizado o visto dispositivos de este tipo, lo que sugiere una oportunidad para promover su implementación y difusión en el campo de la rehabilitación.

Pregunta 7

¿Considera que un diseño personalizado según las medidas del paciente puede mejorar la eficacia terapéutica?

Figura 21: Pregunta 7



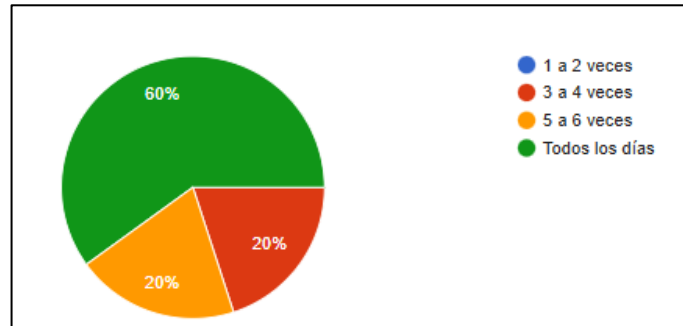
Fuente: Elaboración Propia (2025)

Un diseño personalizado mejora la eficacia terapéutica. Esto destaca la importancia de desarrollar dispositivos adaptados a las necesidades específicas de cada paciente para optimizar los resultados.

Pregunta 8

¿Cuántas veces por semana considera que debe usarse el dispositivo para ser efectivo?

Figura 22: *Pregunta 8*



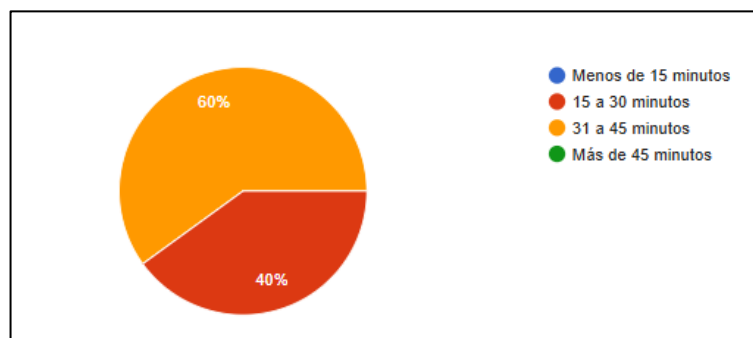
Fuente: Elaboración Propia (2025)

La mayoría considera que el dispositivo debe usarse todos los días, mientras que otros recomiendan un uso frecuente, de 5 a 6 veces por semana. Este patrón subraya la relevancia de incorporar el uso del dispositivo como parte esencial de la rutina del paciente.

Pregunta 9

¿Qué tiempo debería durar cada sesión de uso del dispositivo?

Figura 23: *Pregunta 9*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

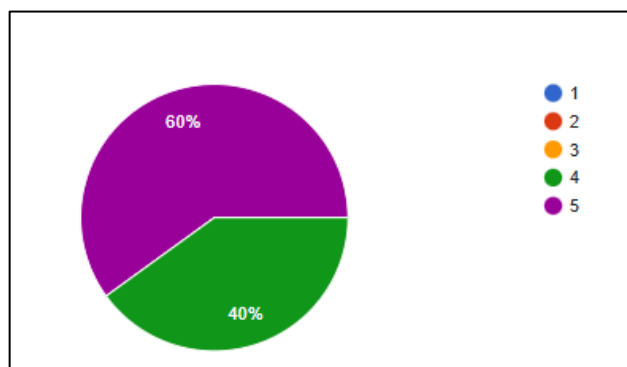
Las respuestas más comunes sugieren sesiones de 31 a 45 minutos, seguidas de sesiones más breves, de 15 a 30 minutos. Esto sugiere que los profesionales valoran un equilibrio entre la efectividad terapéutica y la practicidad del tiempo disponible.

Pregunta 10

En una escala del 1 al 5, ¿qué tan importante considera el uso de dispositivos complementarios a la terapia manual?

(1 = Nada importante, 5 = Muy importante)

Figura 24: *Pregunta 10*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

La mayoría de los encuestados calificó la importancia de los dispositivos complementarios con puntuaciones de 4 o 5, destacando su papel fundamental en el éxito de la rehabilitación. Esto enfatiza la necesidad de combinar enfoques manuales con herramientas tecnológicas para maximizar los resultados.

Tabla 9: *Análisis de resultados de la encuesta*

Pregunta	Lic. Maribel Arauz	Lic. Rafael Acosta	Lic. Alejandra Ruiz	Lic. Martha Zurita	Lic. Juan Altamirano
Años de experiencia con hipertensión	Más de 6 años	4 a 6 años	Más de 6 años	1 a 3 años	Menos de 1 año
Desafíos principales	Rigidez extrema, Falta de dispositivos	Rigidez extrema, Falta de dispositivos	Falta de constancia, Poco tiempo de terapia	Rigidez extrema, Dolor	Dolor, Falta de dispositivos
Tiempo para mejoras funcionales	Más de 6 meses	4 a 6 meses	Más de 6 meses	1 a 3 meses	4 a 6 meses
Características del dispositivo (máx 3)	Fácil colocación, Comodidad, Resistencia	Fácil colocación, Comodidad, Resistencia	Peso liviano, Comodidad, Textura agradable	Fácil colocación, Comodidad, Textura agradable	Peso liviano, Resistencia, Diseño atractivo
Material mejor tolerado	Lycra	Silicona	Espuma	Lycra	Poliéster
¿Ha visto/Usado impresión 3D?	Sí	No	Sí	No	Sí
¿Diseño personalizado mejora eficacia?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Frecuencia semanal recomendada de uso	Todos los días	Todos los días	5 a 6 veces	3 a 4 veces	Todos los días
Duración recomendada por sesión	31 a 45 minutos	31 a 45 minutos	15 a 30 minutos	15 a 30 minutos	31 a 45 minutos
Importancia del uso de dispositivos complementarios (1-5)	5	5	4	4	5

Fuente: Elaboración Propia (2025)

Los datos muestran que la experiencia de los especialistas varía ampliamente, desde menos de un año hasta más de seis años, influyendo en su percepción de los desafíos principales, como la rigidez extrema y la falta de dispositivos adecuados. En cuanto al tiempo para mejoras funcionales, se identifican diferencias que van entre más de seis

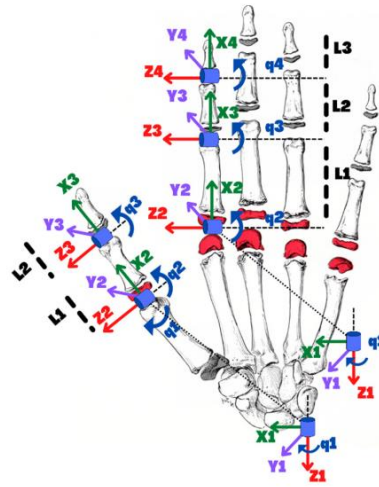
meses y uno a tres meses, posiblemente relacionadas con la gravedad de los casos atendidos o los métodos utilizados. Las características más valoradas en los dispositivos incluyen comodidad, fácil colocación y resistencia, mientras que los materiales mejor tolerados abarcan desde lycra hasta silicona. Además, tres de los cinco especialistas han utilizado impresión 3D, destacando el potencial de esta tecnología en la personalización de dispositivos, que todos consideran crucial para mejorar la eficacia terapéutica. Por último, la frecuencia de uso recomendada es mayoritariamente diaria, con sesiones de entre 15 y 45 minutos, resaltando la importancia de dispositivos complementarios, calificados con una alta relevancia. Esta información es determinante para orientar el diseño hacia soluciones prácticas y efectivas.

4.1.11 Datos de Mediciones y Movilidad

El diseño y desarrollo de dispositivos terapéuticos requiere una comprensión precisa de las necesidades y características físicas de los pacientes objetivos. En el análisis de este proyecto, que busca crear un aparato de movilización para la rehabilitación de las manos en adultos con hipertensión, se realizó una selección cuidadosa de la población de estudio. La población inicial constó de 60 personas diagnosticadas con esta condición, lo que permitió identificar patrones comunes en sus características funcionales.

Para garantizar un análisis detallado y representativo, se seleccionó una muestra de 10 individuos que cumplieran con las características específicas necesarias para la investigación. Esta muestra fue utilizada tanto para obtener mediciones de las manos como para evaluar los rangos de movimiento de las manos, información esencial para el diseño ergonómico y funcional del dispositivo.

Figura 25: *Parámetros de la medida de la mano*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

Estos datos son fundamentales para asegurar que el aparato cumpla con los requisitos de movilidad, comodidad y adaptabilidad, logrando así establecer una manera integral las necesidades de los pacientes en el proceso de rehabilitación, por lo que se detalla los siguientes datos recolectados con la ficha de observación

Tabla de Mediciones

Tabla 10: *Mediciones de la medida de la mano*

Sexo	Edad	Longitud Mano (cm)	Ancho Palma (cm)	Longitud Pulgar (cm)	Longitud Índice (cm)	Longitud Medio (cm)	Longitud Anular (cm)	Longitud Meñique (cm)	Perímetro Muñeca (cm)
Hombre	24	18.2	8.9	6.2	7.4	8.1	7.6	5.9	17.8
Hombre	30	16.5	7.9	5.8	6.7	7.3	6.9	5.5	16.2
Hombre	21	17.7	8.6	6	7.1	7.9	7.4	5.8	17
Mujer	28	16.9	8	5.6	6.8	7.2	7	5.4	16.5
Hombre	35	18	9	6.3	7.6	8.2	7.7	6.1	18.1
Mujer	19	16.2	7.9	5.5	6.5	7	6.7	5.3	15.8
Hombre	40	17.9	8.8	6.1	7.5	8.4	7.9	6.2	18.5
Mujer	22	16	7.6	5.7	6.6	7.1	6.8	5.3	15.8
Hombre	37	18.4	9.2	6.4	7.8	8.6	8.2	6.3	18.7
Hombre	25	16.8	8.1	5.9	6.9	7.4	7.2	5.6	16.7

Fuente: Elaboración Propia (2025)

Tabla de Movilidad

Tabla 11: *Mediciones de la movilidad de la mano*

N°	Sexo	Flexión MCP	Extensión MCP	Flexión PIP	Extensión PIP	Flexión DIP	Extensión DIP	Flexión Pulgar MCP	Flexión Pulgar IP
1	Hombre	0-80	0-35	0-90	0-20	0-70	0-5	0-45	0-70
2	Hombre	0-85	0-40	0-95	0-25	0-75	0-10	0-48	0-75
3	Hombre	0-78	0-30	0-88	0-18	0-68	0-5	0-44	0-68
4	Mujer	0-83	0-37	0-92	0-22	0-73	0-7	0-47	0-73
5	Hombre	0-79	0-32	0-89	0-20	0-69	0-6	0-46	0-71
6	Mujer	0-86	0-42	0-96	0-28	0-77	0-8	0-50	0-77
7	Hombre	0-77	0-28	0-87	0-17	0-66	0-4	0-43	0-66
8	Mujer	0-84	0-39	0-94	0-27	0-76	0-7	0-49	0-76
9	Hombre	0-81	0-34	0-91	0-21	0-72	0-6	0-45	0-72
10	Hombre	0-82	0-36	0-93	0-24	0-74	0-8	0-47	0-74

Fuente: Elaboración Propia (2025)

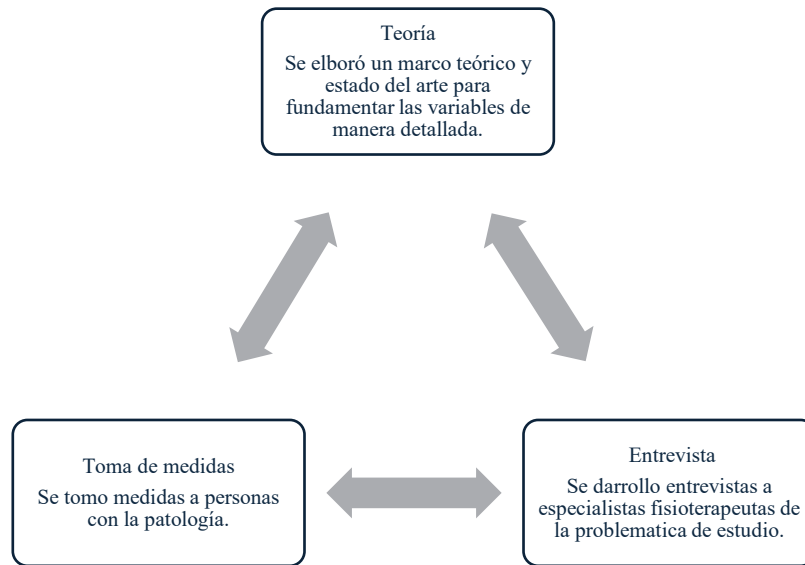
Las dimensiones físicas de las manos, como la longitud total, el ancho de la palma y las longitudes de los dedos, muestran una clara diferencia por género. Los hombres presentan manos más grandes en promedio, con longitudes de palma y dedos superiores a las de las mujeres. La longitud media del dedo índice en hombres es de 7.4 cm, frente a 6.7 cm en mujeres. Este dato destaca la necesidad de diseñar dispositivos con componentes ajustables o en diferentes tallas para garantizar una ergonomía adecuada para ambas poblaciones.

Ambos conjuntos de datos son fundamentales para desarrollar un dispositivo ergonómico y funcional. Los rangos de movimiento guiarán las especificaciones de los componentes móviles del dispositivo, asegurando que ofrezcan soporte sin limitar los movimientos naturales. Por otro lado, las medidas físicas determinarán los requerimientos para el diseño estructural, como las dimensiones, ajustes y materiales utilizados.

Triangulación de datos cuantitativos

Para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en el proyecto, se ha aplicado un proceso de triangulación de la información. Este enfoque permite analizar y comparar los datos recolectados desde diferentes perspectivas, lo que facilita establecer información de valor para desarrollar un diseño adaptado al paciente, que cumpla con todas las necesidades.

Figura 26: Triangulación Concurrente



Fuente: Elaboración Propia (2025)

En esta investigación se empleó la triangulación concurrente como una herramienta metodológica esencial, permitiendo integrar de manera simultánea datos cualitativos y cuantitativos. Este enfoque favoreció un análisis exhaustivo para determinar las necesidades del paciente y adaptar el diseño del producto terapéutico para la rehabilitación de las manos en adultos con hipertensión.

4.1.12 Categoría claves identificadas

- Medidas anatómicas de la mano tomadas directamente a pacientes con hipertensión, con datos específicos como la longitud palmar, el ancho de la palma y la longitud de los dedos
- Elementos esenciales como ergonomía, personalización, materiales flexibles, funcionalidad terapéutica y duración de uso emergen como aspectos fundamentales según el estado del arte.
- Opinión profesional sobre retos clínicos rigidez muscular, ausencia de dispositivos adaptados, duración extensa de terapia.
- Valoración del diseño personalizado y uso diario de dispositivos para resultados óptimos.
- Uso de tecnologías 3D para accesibilidad y adaptación anatómica

4.1.13 Análisis de datos

Tabla 12: *Análisis de datos*

Categoría	Entrevista	Medidas pacientes
Medidas anatómicas	Se analizó la importancia clara sobre la importancia de personalizar los dispositivos según las dimensiones específicas de cada paciente.	Las diferencias individuales entre pacientes hacen necesario que el diseño sea muy flexible para adaptarse a estas variaciones.
Ergonomía y materiales	Se prefieren materiales suaves como silicona, lycra, poliéster y TPU, con especial cuidado para evitar puntos de presión incómodos.	Algunos pacientes tienen mejor tolerancia a ciertos materiales que otros, por lo que se requiere una cierta capacidad de adaptación.
Funcionalidad terapéutica	Los especialistas determinaron que el uso diario de entre 15 y 45 minutos contribuye a mejorar los resultados de la rehabilitación.	Se plantean dudas acerca si los pacientes seguirán el tratamiento correctamente cuando no haya supervisión constante.
Diseño personalizado	Todos coinciden en que un diseño hecho a medida aumenta significativamente la efectividad del tratamiento.	No se identificaron diferencias relevantes en este aspecto.
Tecnología 3D	La tecnología 3D es valorada por su accesibilidad, capacidad de adaptación y viabilidad económica para la fabricación de dispositivos.	No todos los centros cuentan con el equipamiento necesario para producir o mantener dispositivos mediante impresión 3D.

Fuente: Elaboración Propia (2025)

4.1.14 Interpretación y aplicación al diseño

Las medidas anatómicas juegan un papel fundamental para crear un diseño personalizado que se centre en las necesidades del paciente, lo que a su vez mejora la ergonomía y la comodidad durante su uso. Esta atención a las características físicas específicas permite que el dispositivo se adapte mejor, facilitando su aceptación y efectividad.

La impresión 3D se presenta como una opción accesible y eficiente para fabricar dispositivos que no solo sean ajustados y flexibles, sino también económicos. Esta tecnología ofrece la posibilidad de adaptar los productos a las particularidades de cada paciente, lo que contribuye a mejorar los resultados terapéuticos.

Las variables identificadas en el análisis teórico, como la ergonomía, la personalización, el tipo de materiales y el tiempo de uso, coinciden con las opiniones y necesidades observadas en el campo. Esto demuestra la importancia de considerar estos factores al momento de diseñar dispositivos terapéuticos, para asegurar que respondan a las expectativas y limitaciones reales de los pacientes.

CAPÍTULO V

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Nombre del proyecto

ActiFlex

El nombre "ActiFlex" refleja de manera clara y concisa los objetivos del dispositivo, combinando dos conceptos fundamentales: "Acti", derivado de actividad o activo, que resalta su propósito de promover el movimiento, la rehabilitación activa y la mejora funcional en los pacientes, también refleja dinamismo y vitalidad; y "Flex", abreviatura de flexibilidad, que alude a la movilidad, elasticidad y capacidad de adaptación del dispositivo para ajustarse a las necesidades individuales, enfocándose en la recuperación de la movilidad articular y muscular, aspectos importantes en la rehabilitación de la hipertonía.

Descripción del producto

El dispositivo desarrollado es una herramienta terapéutica diseñada para apoyar la rehabilitación de las manos en adultos con hipertonía. Este producto busca facilitar la recuperación de la movilidad manual a través de un diseño ergonómico que se adapta a la forma natural de la mano. Su construcción combina materiales resistentes y flexibles, fabricados mediante impresión 3D, permitiendo que cada pieza cumpla una función específica enfocada en el paciente que su finalidad es mejorar la funcionalidad del movimiento de la mano.

Una de las características más importantes del dispositivo es su capacidad de realizar ejercicios controlados de flexión y extensión, lo que da como resultado la mejora gradual del movimiento. Gracias a su diseño enfocado en el paciente, es posible ajustarlo según las necesidades individuales de cada persona, ofreciendo una solución

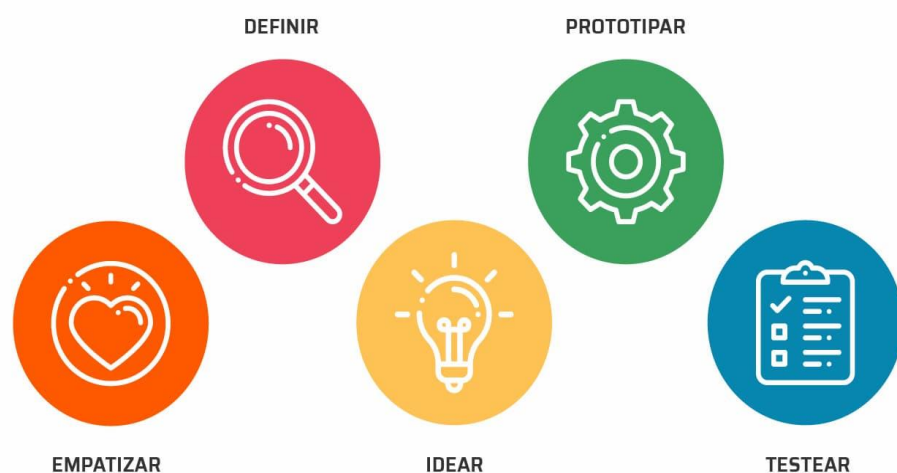
personalizada. Además, su estructura ligera y compacta lo hace fácil de usar tanto en casa como en entornos clínicos, brindando versatilidad en el tratamiento.

El proyecto tiene un enfoque accesible y sostenible, permitiendo que su producción sea económica sin sacrificar calidad o efectividad. De esta manera, el dispositivo se convierte en una herramienta importante para mejorar la calidad de vida de las personas con hipertensión, ayudándolas a recuperar su independencia en actividades cotidianas y laborales.

Metodología del diseño

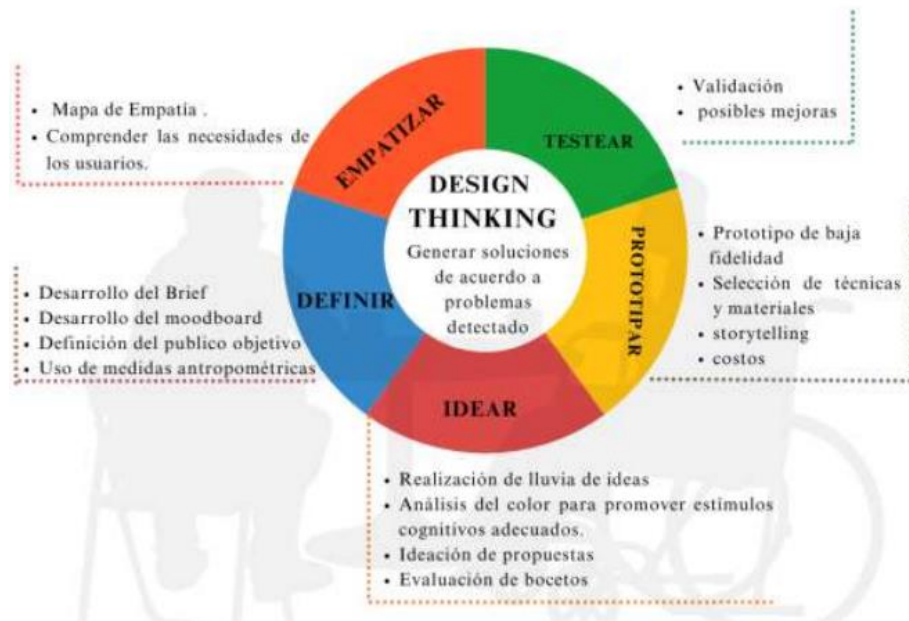
Para el desarrollo del dispositivo terapéutico destinado a la rehabilitación de manos en adultos con hipertensión, se ha adoptado una metodología que combina los principios de diseño centrado en el paciente de Donald Norman (Capece, 2019), y el enfoque de Design Thinking propuesto por IDEO (García C. , 2017). Esta metodología permite identificar necesidades reales, generar soluciones efectivas y validar los resultados a través de la interacción con los pacientes, asegurando que el producto final sea funcional, accesible y adaptado a su contexto de uso.

Figura 27: *Metodología Design Thinking*



Fuente: (García C. , 2017)

Figura 28: Metodología Design Thinking



Fuente: (García C. , 2017)

El enfoque centrado en el paciente de Norman enfatiza la creación de productos que sean fáciles de usar y accesibles, con un diseño que priorice tanto la funcionalidad como la experiencia del paciente. Este enfoque busca garantizar que cada interacción sea intuitiva, permitiendo que el producto se adapte de manera natural a las necesidades del paciente (Trujillo, 2016). Por otro lado, el proceso iterativo de Design Thinking permite abordar problemáticas de manera estructurada a través de cinco fases principales: empatizar, definir, idear, prototipo y probar. Este marco metodológico se centra en el paciente, priorizando su contexto, necesidades y expectativas para desarrollar soluciones innovadoras.

Cada etapa fomenta la acción y la iteración constante, lo que facilita la generación de ideas creativas y su validación rápida mediante pruebas prácticas, asegurando que las soluciones sean efectivas y significativas. (Fernández M. , 2020). Ambas perspectivas complementan el desarrollo del dispositivo, asegurando entre funcionalidad técnica y aceptación por parte de los pacientes.

BRIEF DE DISEÑO

BRIEF DE DISEÑO

Datos del diseñador

 Sebastian Villacis Freire
 096 947 9509
 sebasvf4@gmail.com

Datos del diseñador

 Adultos con hipertensión
 10 pacientes seleccionados
 Centro Asistencial Municipal
Inclusivo de Discapacidades “El
Peral 1” – Ambato-Ecuador
 18 - 30 años
 Personas con discapacidad
intelectual

 Rehabilitación motriz de
los músculos extensores de los
dedos de las manos

Origen del problema

La problemática se enfoca en las dificultades que enfrentan las personas adultas con hipertensión en las manos, una condición que afecta de manera significativa su calidad de vida. La hipertensión, caracterizada por un aumento anormal del tono muscular, limita la movilidad y dificulta la realización de actividades cotidianas, como sujetar objetos, escribir o realizar movimientos precisos. Esta situación no solo impacta la funcionalidad física, sino que también afecta el bienestar emocional y social de quienes la padecen, generando barreras para su autonomía e integración en el entorno laboral y personal.

Las opciones de dispositivos terapéuticos disponibles presentan limitaciones en términos de accesibilidad económica y adaptabilidad a las necesidades individuales de los pacientes. Muchas soluciones existentes son costosas y complejas de utilizar o no consideran las particularidades anatómicas y funcionales de los usuarios, la falta de dispositivos diseñados con un enfoque inclusivo y personalizado dificulta una rehabilitación rápida, lo que retrasa o limita los avances en el tratamiento. Este análisis resalta la necesidad urgente de desarrollar soluciones innovadoras y accesibles que respondan a las necesidades específicas de las personas con hipertensión,



BRIEF DE DISEÑO



Situación actual

Las personas que padecen hipertonía en las manos enfrentan múltiples desafíos que afectan tanto su calidad de vida como su capacidad para realizar sus actividades diarias. Esta condición, caracterizada por un tono muscular aumentado y una rigidez constante, dificulta tareas esenciales como sostener objetos, escribir o realizar movimientos precisos, lo que limita significativamente su autonomía.

Aunque existen dispositivos terapéuticos en el mercado, muchas de estas soluciones no logran adaptarse a las necesidades reales de los usuarios. Los dispositivos suelen ser costosos, complicados de utilizar o carecen de diseños personalizados que consideren las particularidades anatómicas y funcionales de cada paciente. Esta falta de accesibilidad técnica y económica deja a una gran parte de usuarios sin opciones adecuadas de tratamiento.

Soluciones Previas

Existen diversas opciones diseñadas para abordar las necesidades de las personas con hipertonía en las manos. Estas soluciones varían en complejidad, costo y efectividad, pero todas comparten el objetivo de mejorar la funcionalidad y reducir las limitaciones físicas de los usuarios.



BRIEF DE DISEÑO

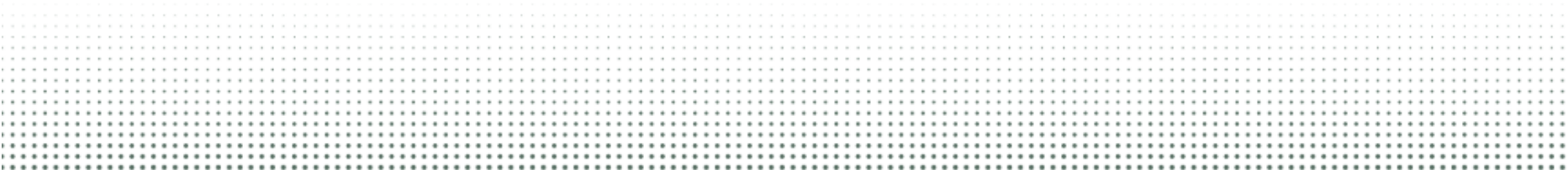


Descripción del proyecto

El proyecto se centra en el diseño y desarrollo de un dispositivo terapéutico que facilite la rehabilitación de manos en adultos con hipertonía. Utilizando principios de diseño centrado en el usuario y tecnologías avanzadas como la impresión 3D, el dispositivo busca mejorar la movilidad, reducir la rigidez muscular y facilitar la realización de ejercicios específicos de flexión y extensión. Su diseño ergonómico se adapta a las necesidades individuales de los usuarios, promoviendo una rehabilitación efectiva y accesible tanto en entornos clínicos como en el hogar. Además, el proyecto integra un enfoque inclusivo y sostenible, con el objetivo de proporcionar una solución económica y práctica que contribuya a mejorar la calidad de vida de las personas afectadas.

Intencionalidad

La intención del proyecto es desarrollar un dispositivo terapéutico que facilite la rehabilitación de manos en adultos con hipertonía, abordando las limitaciones actuales en accesibilidad y personalización. Busca mejorar la movilidad y funcionalidad de la mano mediante un diseño ergonómico y adaptable, que permita realizar ejercicios terapéuticos de manera efectiva en diferentes entornos.





PROYECTO

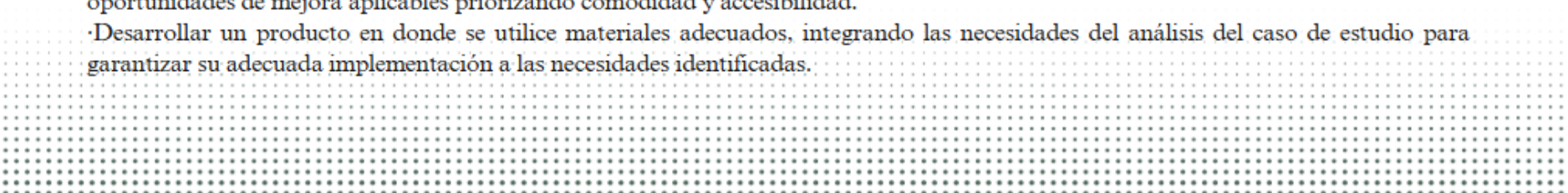
Concepto

ActiFlex es un dispositivo terapéutico concebido como una solución ergonómica y funcional para la rehabilitación de la motricidad fina en adultos con hipertonía. Su diseño se enfoca en estimular progresivamente los músculos tensores de los dedos, contribuyendo a la disminución de la rigidez muscular y al fortalecimiento de la movilidad manual. Fabricado con materiales accesibles, resistentes y de bajo costo, ActiFlex representa una alternativa eficiente y adaptable que promueve la autonomía del usuario y mejora significativamente su calidad de vida.

Objetivo general

Diseñar un dispositivo terapéutico que ayude a la movilidad de los músculos tensores de las manos en adultos con hipertonía.

Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos específicos de los pacientes con hipertonía atendidos en el Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades “El Peral 1” en Ambato, Ecuador, mediante entrevistas al personal técnico y revisión de casos documentados.
 - Analizar productos existentes para rehabilitación manual, en donde se determine el concepto del diseño, funcionalidad y oportunidades de mejora aplicables priorizando comodidad y accesibilidad.
 - Desarrollar un producto en donde se utilice materiales adecuados, integrando las necesidades del análisis del caso de estudio para garantizar su adecuada implementación a las necesidades identificadas.
- 



PROYECTO

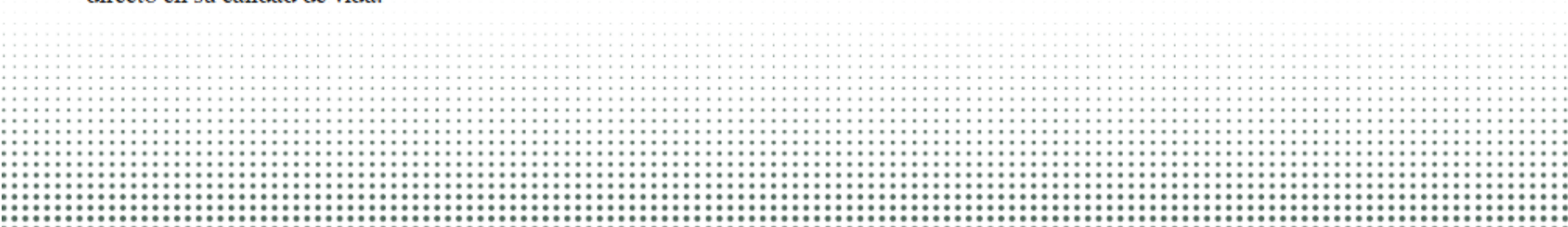


¿Cuál es el propósito del proyecto?

El propósito de ActiFlex es ofrecer un dispositivo terapéutico accesible y adaptado a las necesidades de personas con hipertonía, permitiendo mejorar su movilidad manual, reducir la espasticidad y fortalecer la motricidad fina. Busca complementar la terapia convencional, facilitando un proceso más eficaz y autónomo de rehabilitación.

Mensaje

ActiFlex es una herramienta innovadora que brinda apoyo físico y funcional a personas adultas con hipertonía. Su diseño ergonómico, ajustable y accesible promueve una rehabilitación más efectiva, mejorando el bienestar integral y la autonomía del usuario, con impacto directo en su calidad de vida.



CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO



Ergonomía	Se ajusta a la morfología de la mano con hipertonía, brindando comodidad durante las sesiones de terapia. Sus componentes modulares permiten adaptarse al tamaño de cada usuario, reduciendo la fatiga muscular.
Funcionalidad	Permite realizar ejercicios de apertura, cierre, extensión y flexión de los dedos, promoviendo la movilidad activa y pasiva.
Seguridad y estabilidad	Construido con materiales resistentes y seguros que minimizan riesgos de lesiones durante el uso. Incorpora sistemas de encaje a presión para mantener las piezas firmes durante la terapia.
Facilidad de uso	El sistema de sujeción es intuitivo, permitiendo al usuario colocarlo con mínima asistencia. Puede ser usado sin necesidad de conocimientos técnicos, ideal para terapeutas y cuidadores.
Portabilidad	Diseño compacto y liviano, fácil de transportar entre el hogar y el centro de rehabilitación. No requiere herramientas complejas para su montaje o desmontaje.
Soporte y mantenimiento	Incluye instrucciones para su limpieza y cuidado básico. Las piezas reemplazables están disponibles localmente, reduciendo el tiempo de inactividad del dispositivo.

5.1.1.1 Público Objetivo

Tabla 13: *Público objetivo*

Demográfico	Edad	Público en general (18-30 años)
	Género	Hombres y mujeres
	Lugar de residencia	Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades “El Peral 1” – Ambato-Ecuador.
Social	Nivel educativo	Pacientes con niveles de educación básica a superior.
	Nivel de ingreso	El dispositivo está pensado para ser asequible, por lo que se dirige principalmente a sectores de ingresos medios y bajos.
	Patología	Personas con hipertensión
	Idioma	Español
Cultural	Valores	Personas que valoran su independencia y buscan soluciones accesibles para su bienestar físico.
	Preferencia	Producto fácil de uso, ergonómico y funcional

Fuente: Elaboración Propia (2025)

El público objetivo del dispositivo está conformado por personas que enfrentan limitaciones en la movilidad de las manos debido a condiciones como parálisis parcial, espasticidad o rigidez muscular, derivadas de accidentes cerebrovasculares, lesiones neurológicas o enfermedades crónicas. Estos pacientes buscan herramientas accesibles que les permitan realizar ejercicios terapéuticos de manera autónoma, sin depender exclusivamente de un fisioterapeuta. Además, valoran que el dispositivo sea sencillo de usar, portátil y adecuado para su entorno doméstico, ya que esto facilita la continuidad del tratamiento en casa. La combinación de estas características responde a la necesidad de mantener su independencia mientras mejoran su calidad de vida.

5.1.1.2 Mercado

El dispositivo terapéutico está diseñado para adultos que padecen hipertonía muscular, especialmente aquellos afectados por condiciones neurológicas o musculoesqueléticas que dificultan el movimiento de las manos, como los resultados de accidentes cerebrovasculares, parálisis o enfermedades crónicas. Está dirigido a personas que necesitan un tratamiento de rehabilitación accesible en su hogar, así como a quienes buscan una opción portátil y fácil de usar para complementar la terapia convencional. El producto se enfoca principalmente en pacientes de diferentes estratos socioeconómicos, con un énfasis particular en aquellos con ingresos medios y bajos, que suelen tener un acceso limitado a servicios especializados de rehabilitación. En este sentido, el dispositivo busca brindar una solución que permita a los pacientes continuar su recuperación de manera autónoma y cómoda, mejorando su calidad de vida.

5.1.2 Recursos

Académicos

- Libros de diseño
- Base bibliográfica
- Repositorio de Tesis
- Docentes
- Fisioterapeutas

Tecnológicos

- Computadora
- Impresora
- Impresora 3D
- Software Fusión 360

5.1.3 Presupuesto

Tabla 14: *Presupuesto*

Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
Filamento TPU	0.9	Kg	\$30.00	\$18.00
Impresión 3D	20	horas	\$8.00	\$60.00
Lycra y poliéster	0.5	m ²	\$15.00	\$7.50
Bandas elásticas	5	m	\$1.00	\$5.00
Tela transpirable	0,5	m ²	\$8.00	\$4.00
Adhesivos	1	paquete	\$1.75	\$1.75
			Total	\$96.25

Fuente: Elaboración Propia (2025)

Ingeniería básica del producto

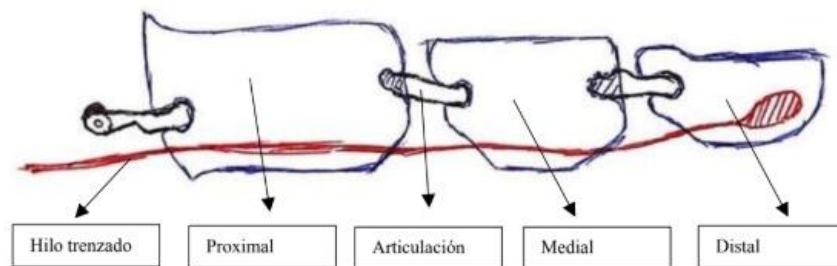
5.1.4 Lluvia de Ideas

En el proceso de Design Thinking aplicado al diseño del dispositivo terapéutico, se llevó a cabo una lluvia de ideas con el propósito de explorar diversas soluciones innovadoras. Este ejercicio permitió generar propuestas inspiradas en referentes naturales, enfocándose en integrar tecnologías mecánicas y en responder a las necesidades específicas del paciente final.

Durante esta etapa, se desarrollaron múltiples enfoques que buscaban combinar funcionalidad, estética y practicidad. Las ideas generadas fueron representadas

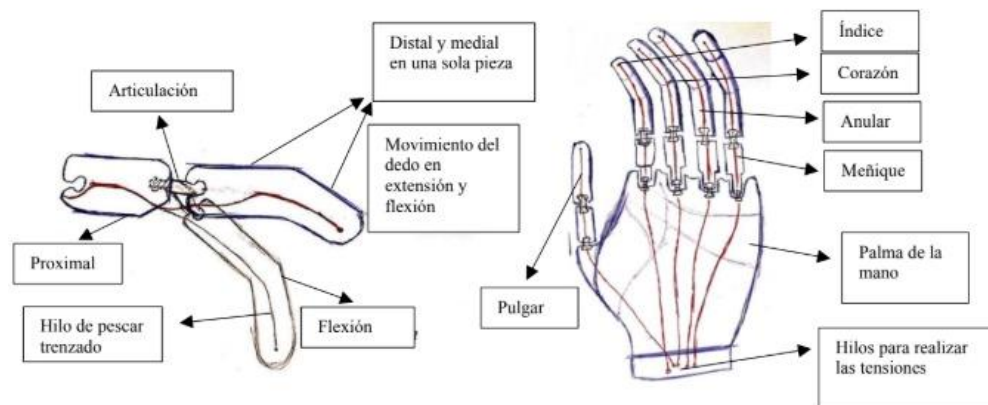
mediante bocetos, los cuales sirvieron como una herramienta visual para evaluar y valorar cada propuesta. Esta valoración se realizó con base en criterios establecidos, asegurando que las soluciones seleccionadas fueran viables y alineadas con los objetivos del proyecto.

Figura 29: Boceto Inicial 1



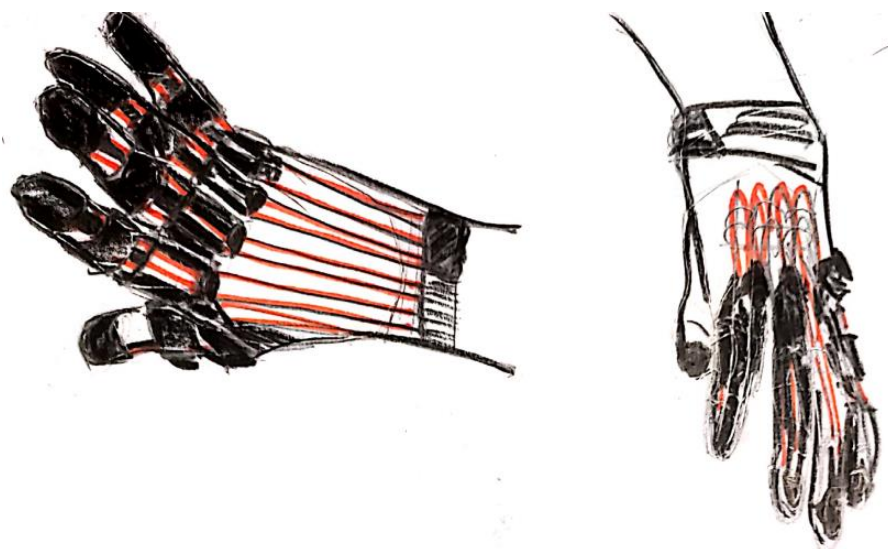
Fuente: Elaboración Propia (2025)

Figura 30: Boceto Inicial 2



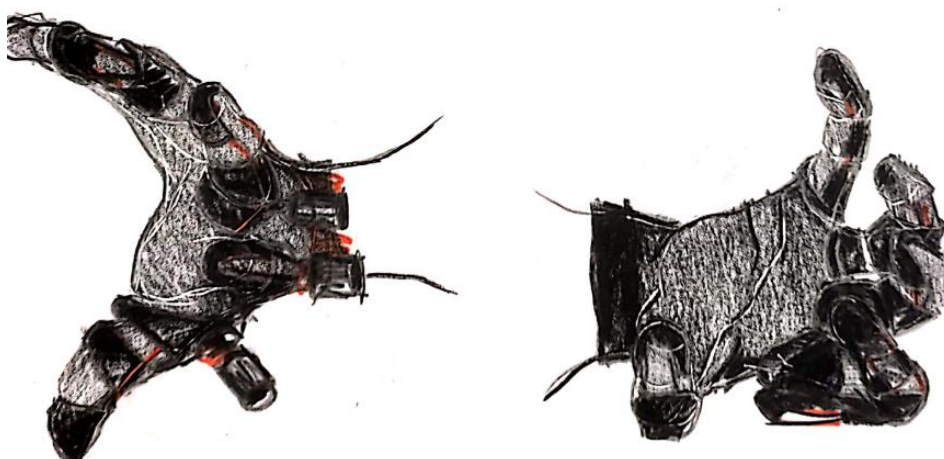
Fuente: Elaboración Propia (2025)

Figura 31: *Boceto Inicial 3*



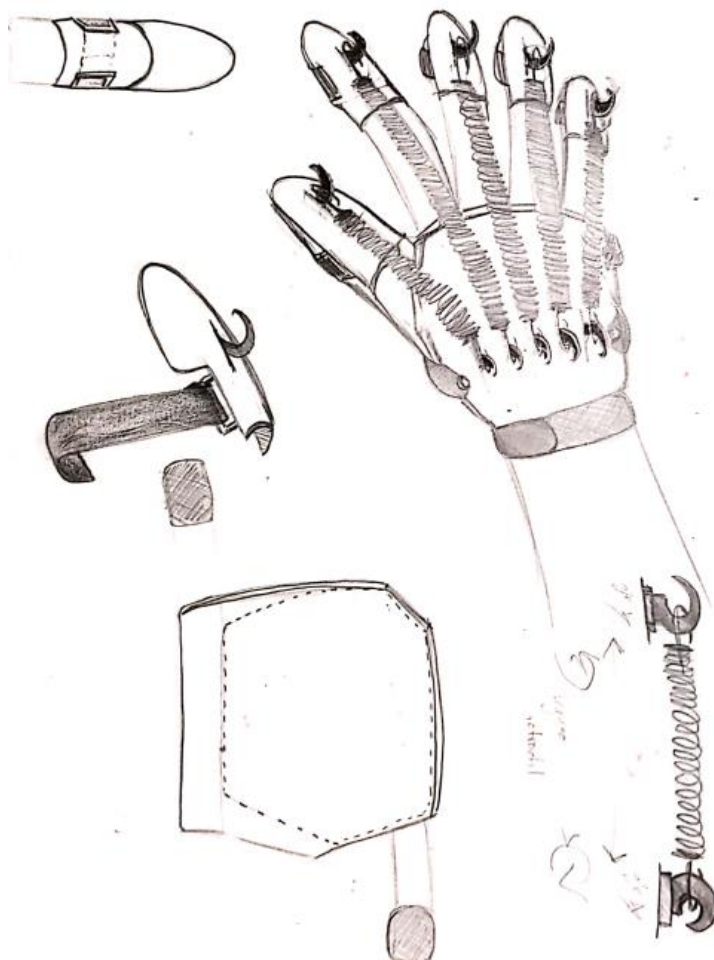
Fuente: Elaboración Propia (2025)

Figura 32: *Boceto Inicial 4*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

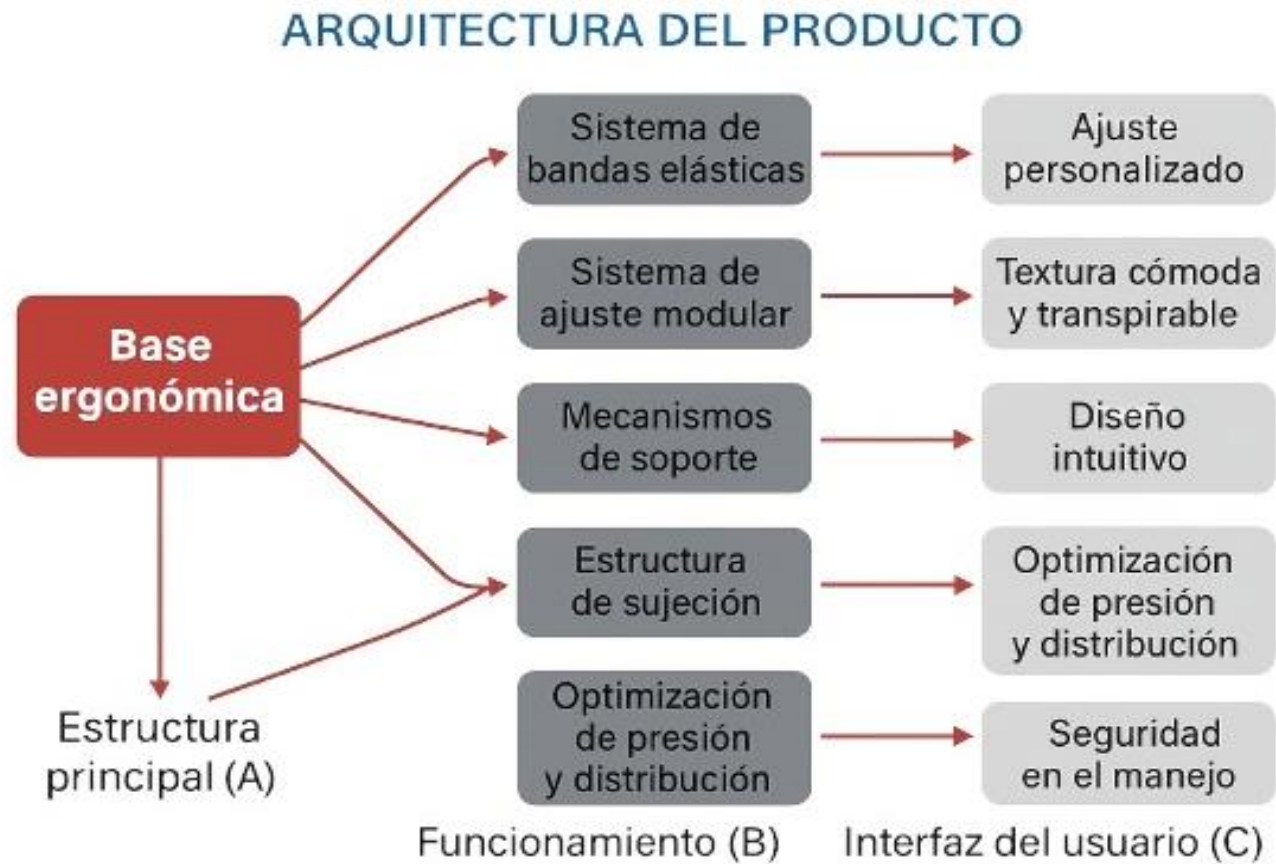
Figura 33: *Boceto Inicial 5*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

5.1.5 Arquitectura del producto

Figura 34: *Arquitectura del producto*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

5.1.6 Conceptualización de la cromática

Figura 35: Conceptualización de la cromática



Fuente: Elaboración Propia (2025)

5.1.7 Determinación del perfil funcional

- Ergonomía
- Portabilidad
- Facilidad de uso
- Durabilidad
- Tecnología
- Simplicidad funcional
- Estética funcional

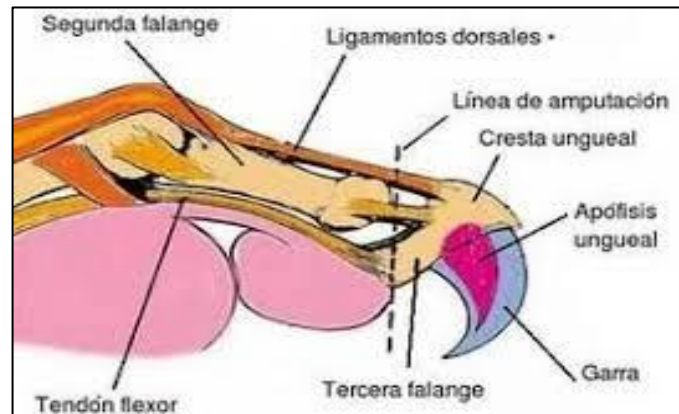
5.1.8 Modelos Naturales

El diseño tiene un enfoque basado en diferentes modelos de la naturaleza especialmente cuando se busca desarrollar dispositivos que simulan el movimiento y la adaptabilidad humana. En el caso de un guante terapéutico diseñado con el uso de bandas elásticas para flexionar y contraer los dedos.

Sistema muscular de los felinos

El sistema muscular de los felinos, particularmente en sus patas, que destacan por su capacidad de retraer y extender las garras con precisión. Este mecanismo se basa en un sistema de tendones y ligamentos que, al contraerse, generan movimientos rápidos y controlados. Inspirado en este principio, el diseño del guante incorpora bandas elásticas que simulan los tendones, conectando los dedos con un punto fijo en la muñeca. Este sistema permite que el paciente pueda realizar movimientos de flexión y extensión de manera controlada, favoreciendo la rehabilitación al replicar patrones naturales de movimiento.

Figura 36: *Modelo Natural felino*

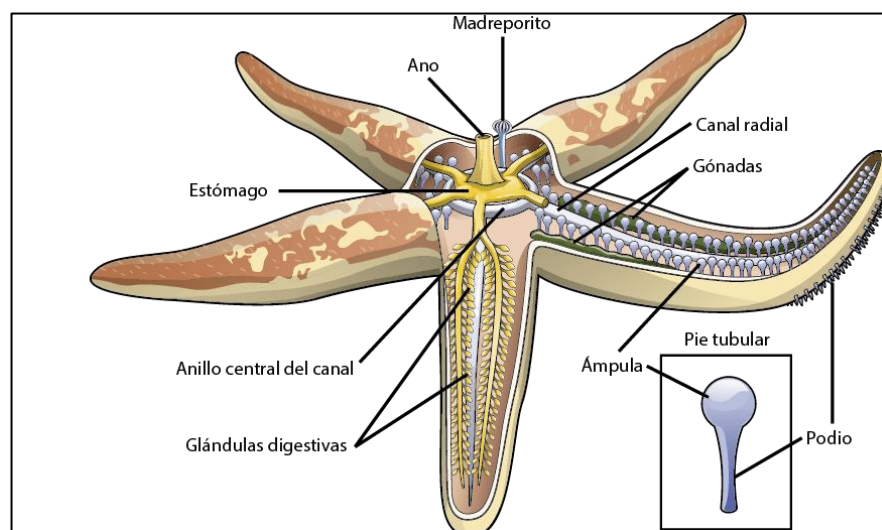


Fuente: Elaboración propia (2025)

Sistema hidráulico de las estrellas de mar

Utiliza pequeños tubos llenos de fluido para mover sus extremidades con precisión y suavidad. Este principio se ha abstraído para diseñar un guante que aproveche la elasticidad de las bandas como un sistema de tracción controlado. La tensión generada en las bandas elásticas imita el flujo de energía en los sistemas hidráulicos, permitiendo que los dedos se muevan de forma gradual y equilibrada, reduciendo el esfuerzo del paciente y mejorando la efectividad de los ejercicios terapéuticos.

Figura 37: *Modelo Natural estrella de mar*

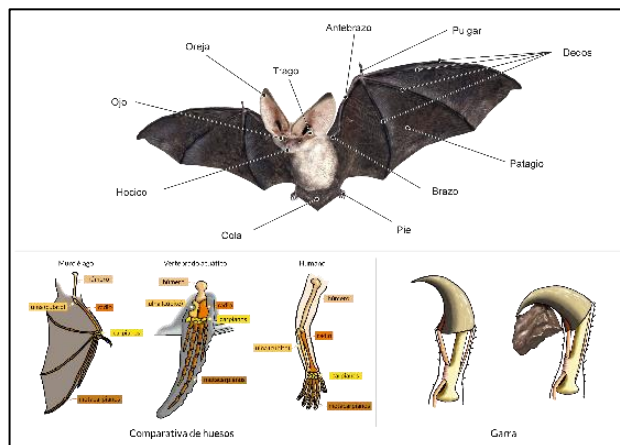


Fuente: Elaboración propia (2025)

Sistema de despliegue de las alas de los murciélagos

Ofrece una inspiración única. Las membranas elásticas que conectan los huesos de las alas les permiten extenderse y contraerse con facilidad, adaptándose a diferentes tensiones durante el vuelo. En el diseño del guante, este principio se traduce en el uso de materiales flexibles y ligeros que conectan las bandas elásticas con la tela base, asegurando que el movimiento de los dedos sea natural y sin restricciones, al tiempo que se mantiene la comodidad y la estabilidad del dispositivo.

Figura 38: *Modelo Natural murciélago*

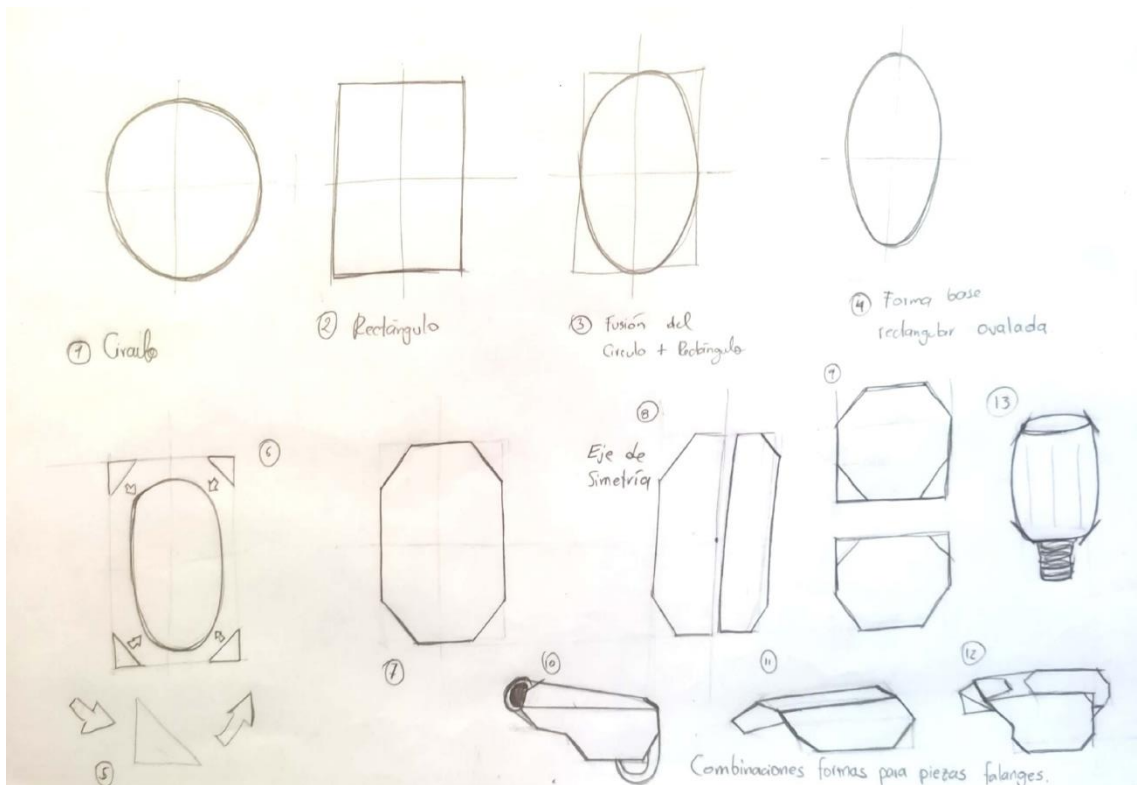


Fuente: Elaboración propia (2025)

5.1.9 Conceptualización de la forma

En el desarrollo del diseño, se llevó a cabo la conceptualización de la forma como un paso esencial para transformar ideas iniciales en propuestas visuales y funcionales. Este proceso permitió explorar diferentes alternativas que equilibran la estética, la funcionalidad y las necesidades del paciente. Para ello, se analizaron aspectos importantes como la proporción, la ergonomía y los materiales, logrando generar soluciones que respondan de manera práctica e intuitiva a los objetivos del proyecto.

Figura 39: *Conceptualización de forma*



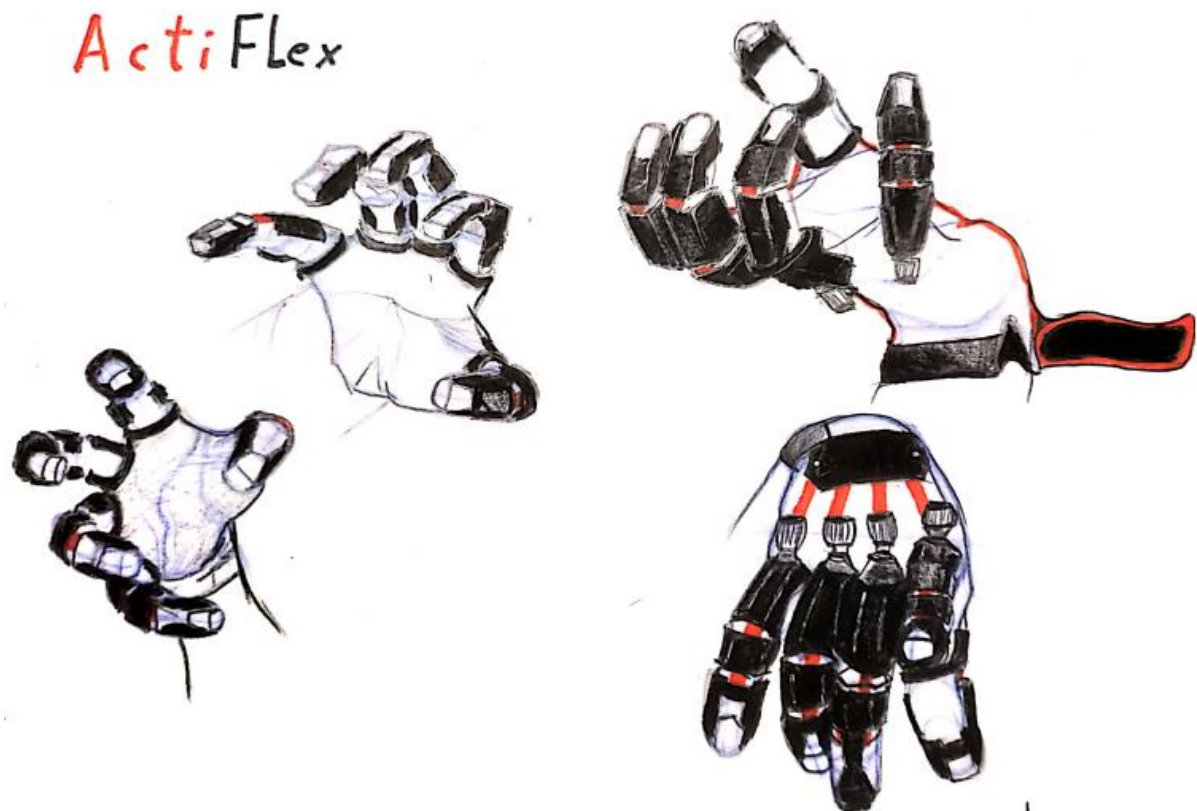
Fuente: Elaboración Propia (2025)

5.1.10 Bocetos

Como parte del desarrollo del diseño, se realizaron bocetos finales que sirvieron como una guía precisa para la fabricación del producto. Estos dibujos detallados reflejaron la propuesta seleccionada, integrando aspectos funcionales, estéticos y ergonómicos, de acuerdo con las necesidades del paciente y los objetivos del proyecto.

Los bocetos cumplieron el propósito de establecer una representación clara del diseño, facilitando su materialización en las etapas posteriores del proceso. Este enfoque aseguró que cada detalle del producto estuviera alineado con la visión planteada desde la conceptualización.

Figura 40: *Boceto Final*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

5.1.11 Desarrollo de criterios de selección y evaluación

5.1.11.1 Estándares de aceptación

Tabla 15: *Estándares de aceptación*

Criterio	Pregunta	Análisis
Inspección	¿Es necesario que el producto se ajuste a normas específicas?	El producto debe cumplir con normativas de seguridad, ergonomía y calidad como la ISO 13485 para dispositivos médicos y las regulaciones de ARCSA
Prueba	¿Es necesario probar el producto?	Pruebas de durabilidad de materiales, elasticidad y resistencia del sistema de flexión.
Servicio	¿Cuáles son las pruebas?	Pruebas funcionales de agarre y flexión bajo condiciones simuladas del uso diario.
Estándares	¿Qué estándares se necesitan?	Se deben cumplir con los siguientes estándares norma IEC y ISO 14971

Fuente: Elaboración Propia (2025)

5.1.11.2 Requerimientos Operacionales

Tabla 16: *Requerimientos Operacionales*

Criterio	Análisis
Instalación	Fácil instalación, se busca ajustar las bandas elásticas dependiendo al caso
Mantenimiento	Revisión constante de materiales, elasticidad y resistencia de flexión.
Seguridad	Diseño con materiales adecuados para el uso sin que lastime la mano
Uso	El dispositivo es pasivo, por lo que no requiere alimentación externa; las bandas elásticas pueden ser reemplazadas fácilmente.
Legislación	Cumplir con la resolución sanitaria para control de dispositivo médico.

Fuente: Elaboración Propia (2025)

Diseño detallado de producto

5.1.12 Selección de materiales

Tabla 17: *Selección de Materiales*

Material	Especificación Técnica	Justificación
Filamento TPU	Material flexible con una dureza Shore de 85A, resistencia a la tracción de hasta 40 MPa y alta elasticidad.	Ideal para crear componentes flexibles, ligeros y resistentes, garantizando comodidad en el uso prolongado.
Impresión 3D	Tecnología de fabricación aditiva que permite precisión dimensional de ± 0.1 mm y diseños personalizados.	Permite fabricar piezas precisas y adaptadas a las necesidades ergonómicas del paciente.
Bandas elásticas	Capacidad de elongación superior al 300%, alta resistencia a la deformación y disponibles en varios niveles de tensión.	Garantiza movimientos controlados en la terapia, proporcionando soporte y ajuste personalizado.
Tela transpirable	Tejido poroso que permite el paso del aire, densidad baja y propiedades antialérgicas.	Contribuye a la comodidad del paciente al mantener la piel fresca y libre de irritaciones.
Adhesivos	Fuerza adhesiva superior a 2 N/cm, compatible con múltiples superficies y resistente a temperaturas moderadas.	Permite unir los diferentes componentes del dispositivo de manera segura y duradera.

Fuente: Elaboración Propia (2025)

5.1.13 Especificaciones técnicas del producto

El dispositivo terapéutico para la rehabilitación de manos con hipertonía se ha diseñado considerando factores ergonómicos, funcionales y sostenibles. Su construcción busca ofrecer una solución práctica y cómoda que promueva la recuperación de los pacientes.

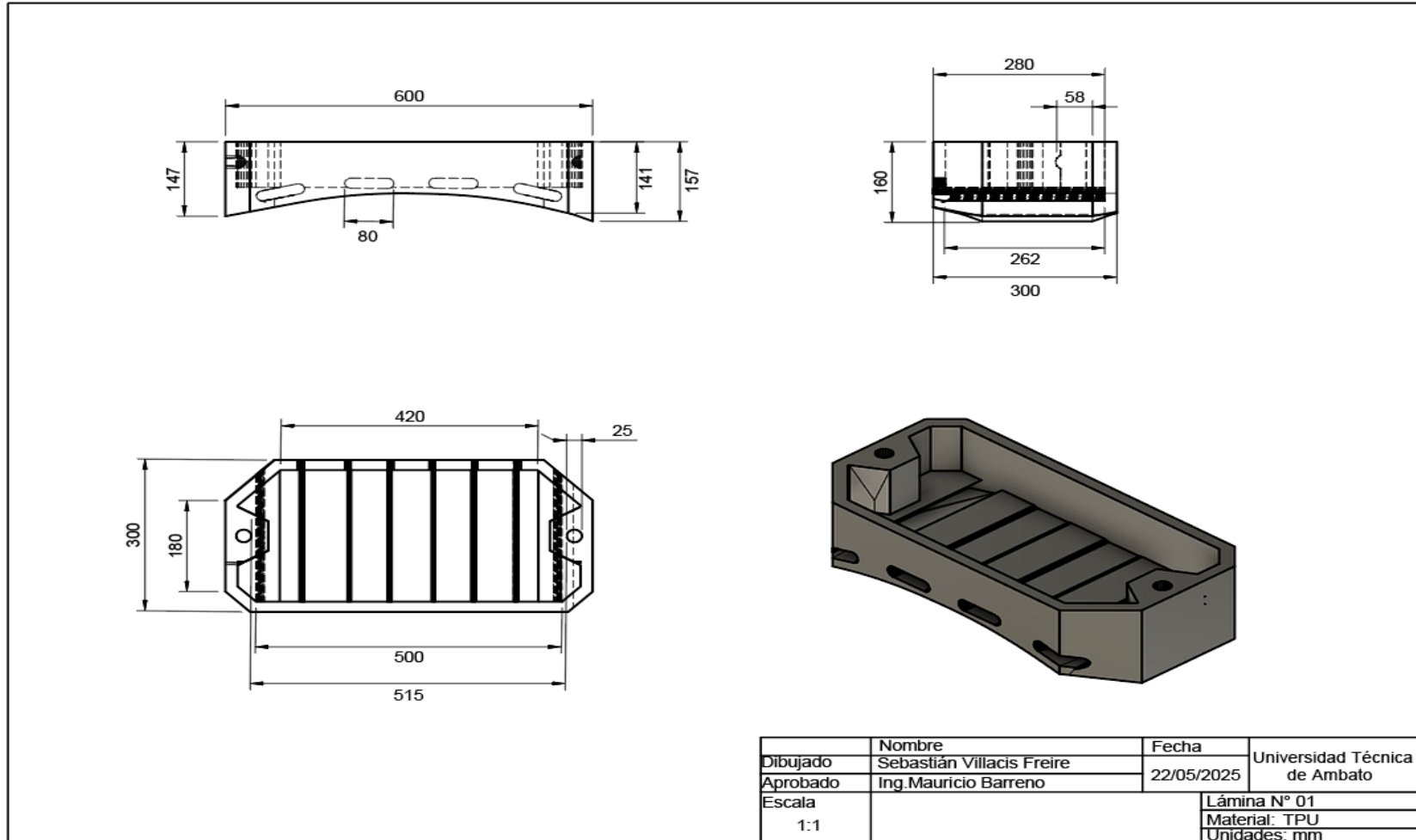
El filamento TPU (poliuretano termoplástico) se utiliza para la fabricación de las partes principales del dispositivo mediante impresión 3D. Este material es altamente flexible, resistente al desgaste y presenta una excelente elasticidad, características fundamentales para un dispositivo que estará sometido a movimientos repetitivos. El dispositivo utiliza una combinación de lycra y poliéster como revestimiento interno. Esta mezcla textil es ampliamente usada en guantes terapéuticos por su elasticidad, transpirabilidad y confort al contacto con la piel, permitiendo un ajuste anatómico sin generar presión excesiva y facilitando el uso prolongado durante las sesiones de rehabilitación, las bandas elásticas, diseñadas para soportar tracción continua, se integran en las zonas de los dedos y la muñeca. Estas bandas imitan el funcionamiento de los tendones naturales.

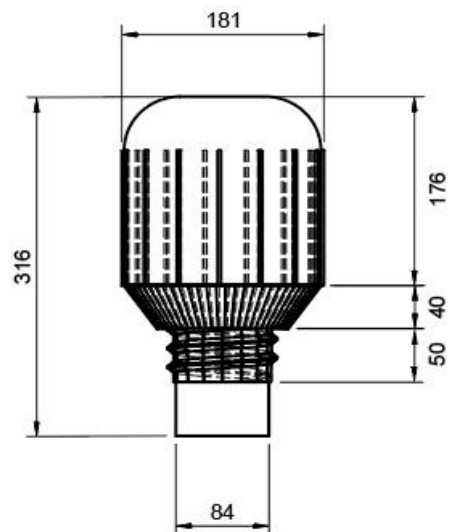
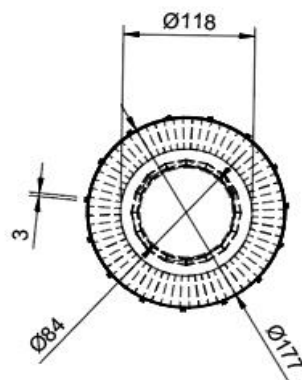
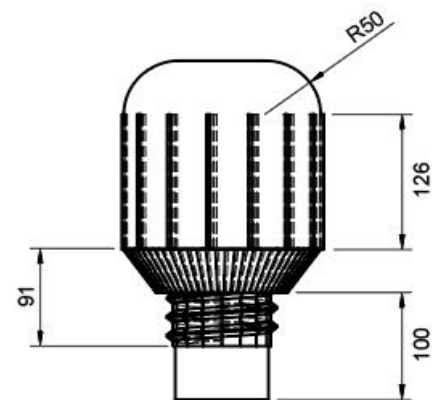
El dispositivo presenta un diseño enfocado al paciente, lo que permite el reemplazo de componentes individuales en caso de desgaste o daño, aumentando su vida útil y reduciendo los costos de mantenimiento. Además, el ajuste personalizable a manos de diferentes tamaños mediante bandas elásticas y componentes flexibles asegura que el dispositivo pueda ser utilizado por una amplia gama de pacientes.

El proceso de fabricación incluye técnicas modernas como la impresión 3D para las estructuras principales. Este método garantiza precisión y permite personalizar los dispositivos según las necesidades específicas de cada paciente.

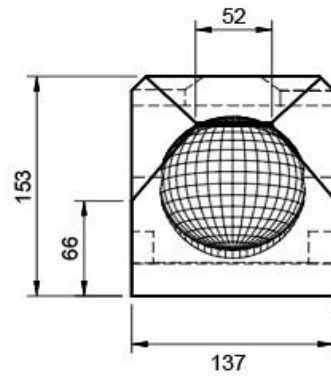
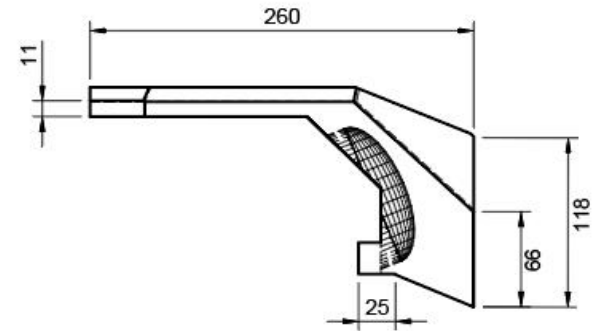
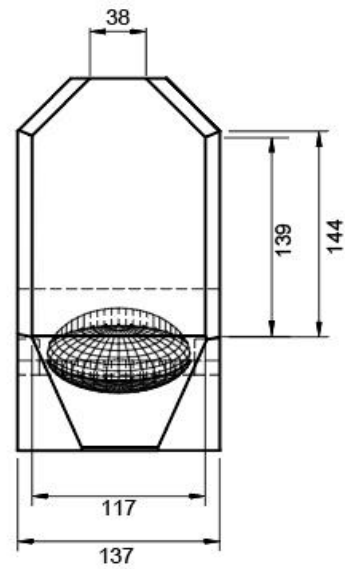
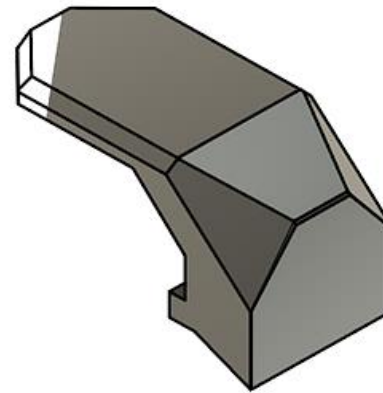
5.1 Generación del modelo del producto

5.1.1 Desarrollo de planos técnicos del producto

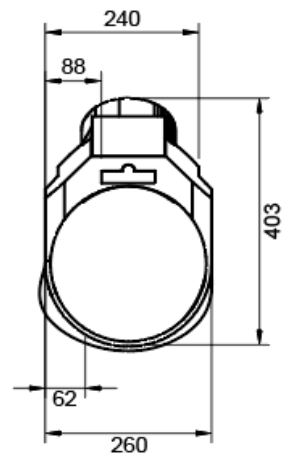
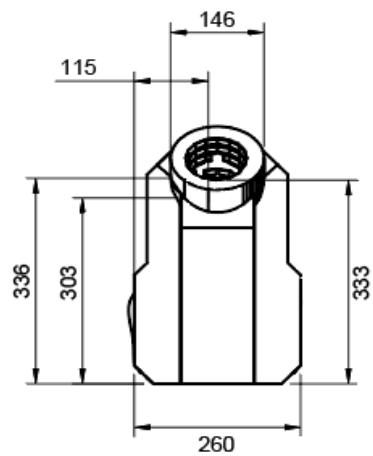
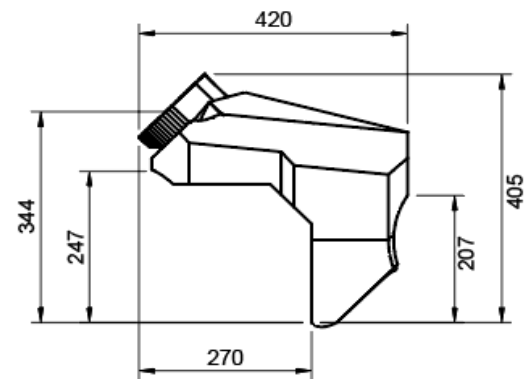
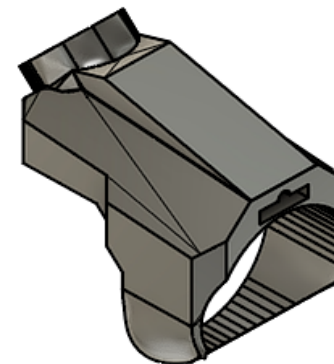




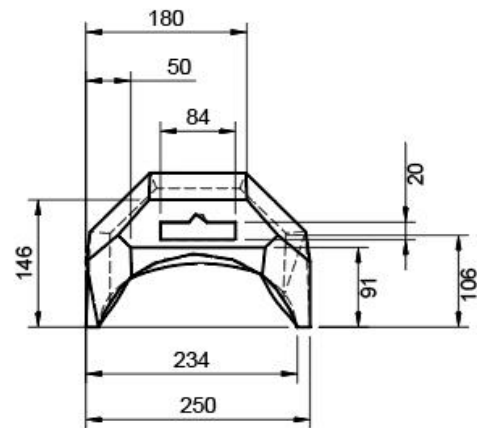
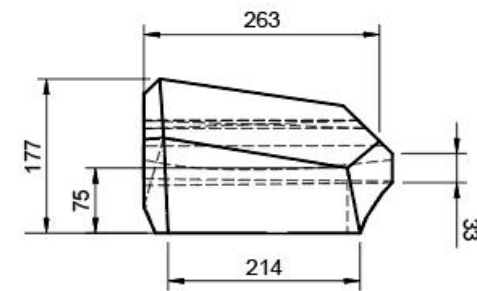
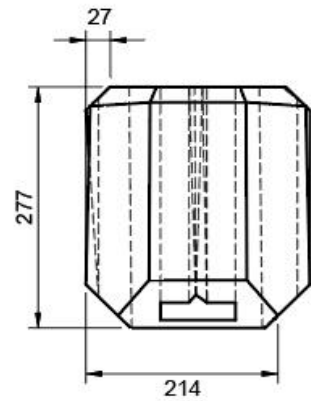
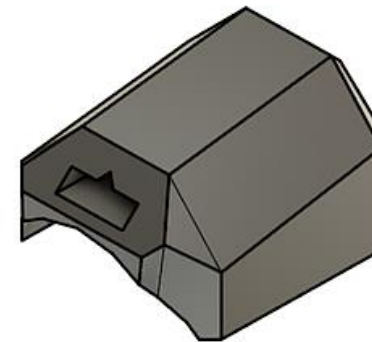
Dibujado	Nombre	Fecha	Universidad Técnica de Ambato
Aprobado	Sebastián Villacis Freire Ing. Mauricio Barreno	22/05/2025	
Escala			Lámina N°: 02
1:1			Material TPU
			Unidades: mm



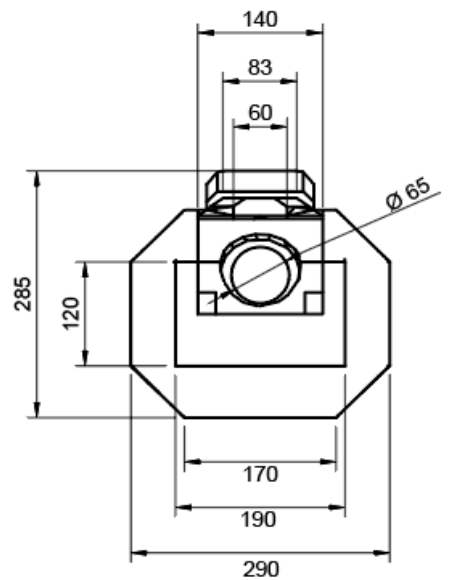
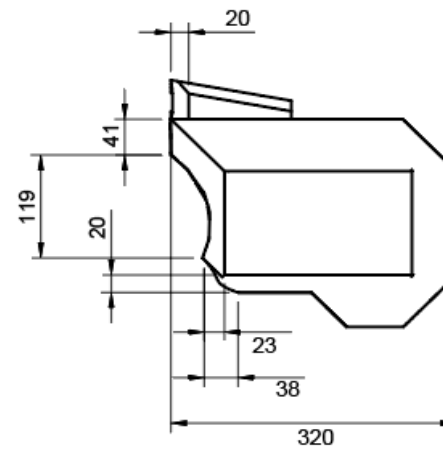
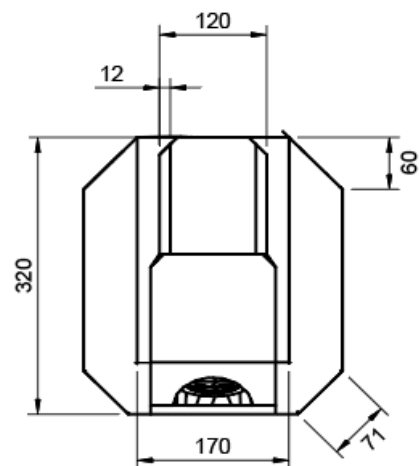
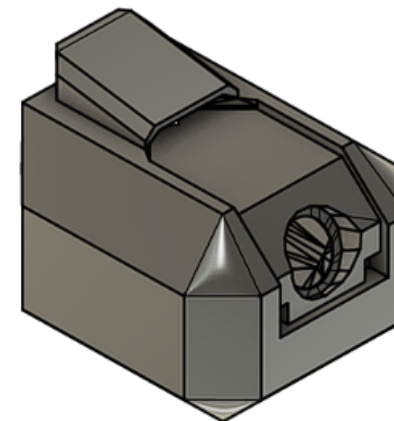
Nombre		Fecha	Universidad Técnica de Ambato
Dibujado	Sebastián Villacis Freire	22/05/2025	
Aprobado	Ing. Mauricio Barreno		
Escala		Lámina N° 03	
1:1		Material TPU	
		Unidades: mm	



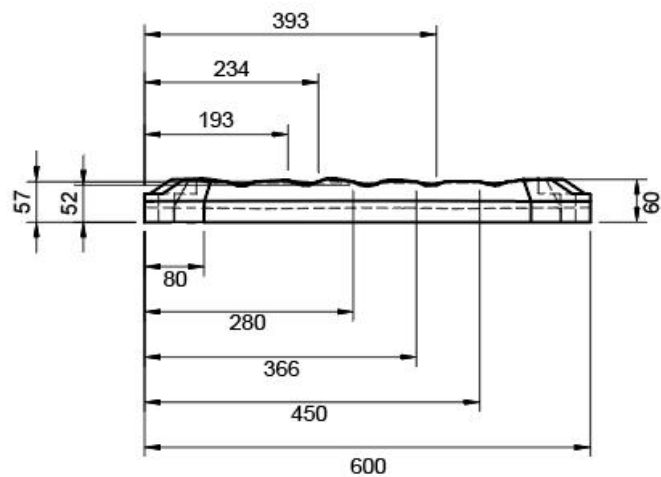
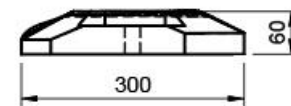
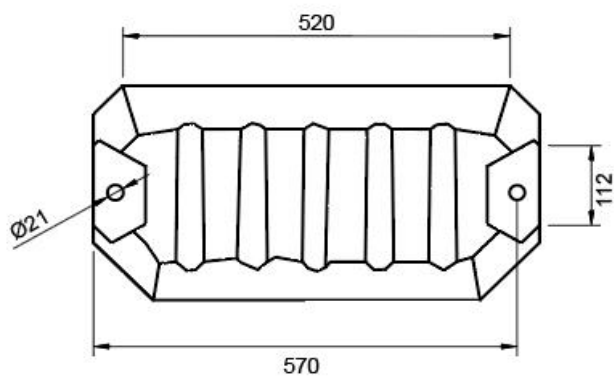
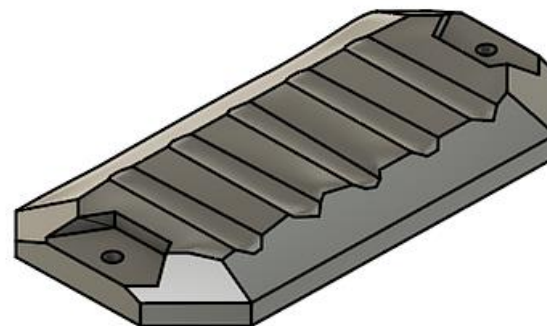
	Nombre	Fecha	Universidad Técnica de Ambato
Dibujado	Sebastián Villacis Freire	22/05/2025	
Aprobado	Ing.Mauricio Barreno		
Escala 1:1			Lámina N° 04
			Material TPU
			Unidades: mm



	Nombre	Fecha	Universidad Técnica de Ambato
Dibujado	Sebastián Villacis Freire	22/05/2025	
Aprobado	Ing. Mauricio Barreno		
Escala		Lámina N° 05	
1:1		Material TPU	
		Unidades: mm	



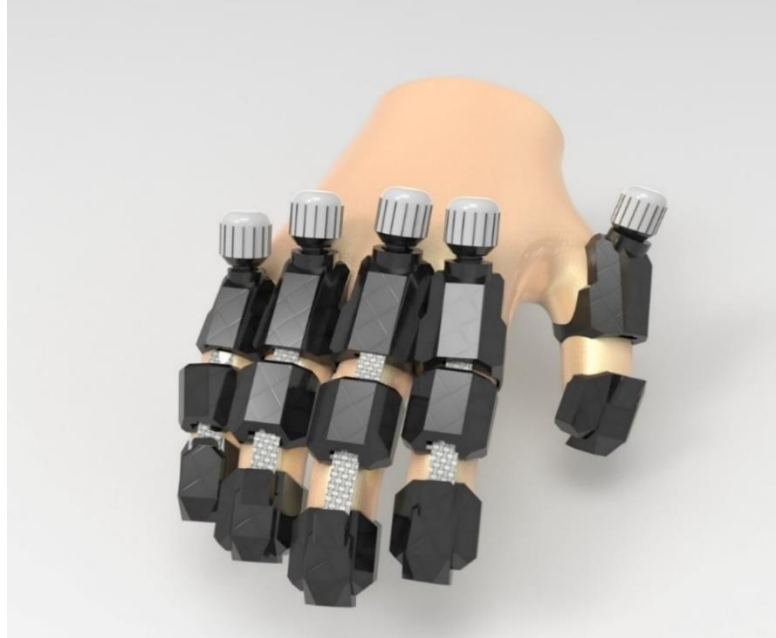
	Nombre	Fecha	Universidad Técnica de Ambato
Dibujado	Sebastián Villacis Freire	22/05/2025	
Aprobado	Ing. Mauricio Barreno		
Escala		Lámina N° 06	
1:1		Material TPU	
		Unidades: mm	



	Nombre	Fecha	Universidad Técnica de Ambato
Dibujado	Sebastián Villacis Freire	22/05/2025	
Aprobado	Ing.Mauricio Barreno		
Escala		Lámina N° 07	
1:1		Material TPU	
		Unidades: mm	

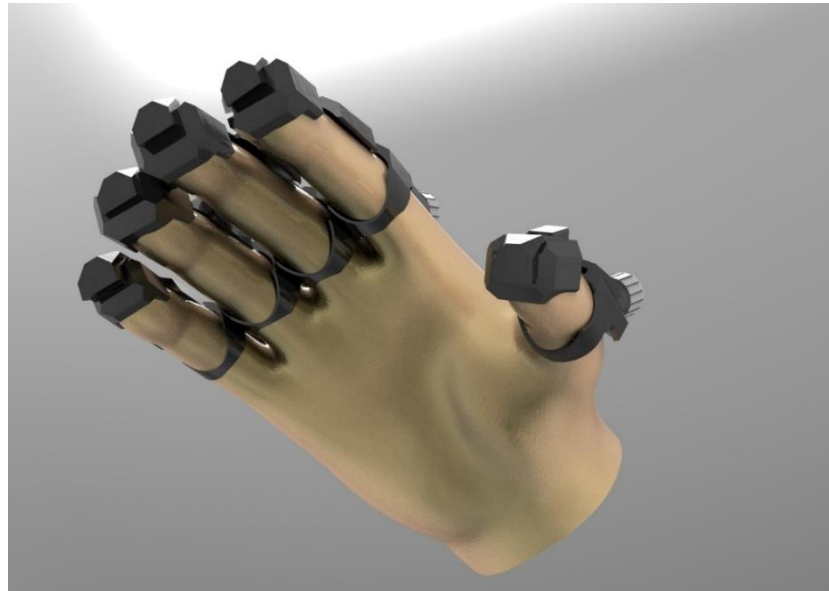
Diseño final e ingeniería detallada del producto

Figura 41: *Diseño final 1*



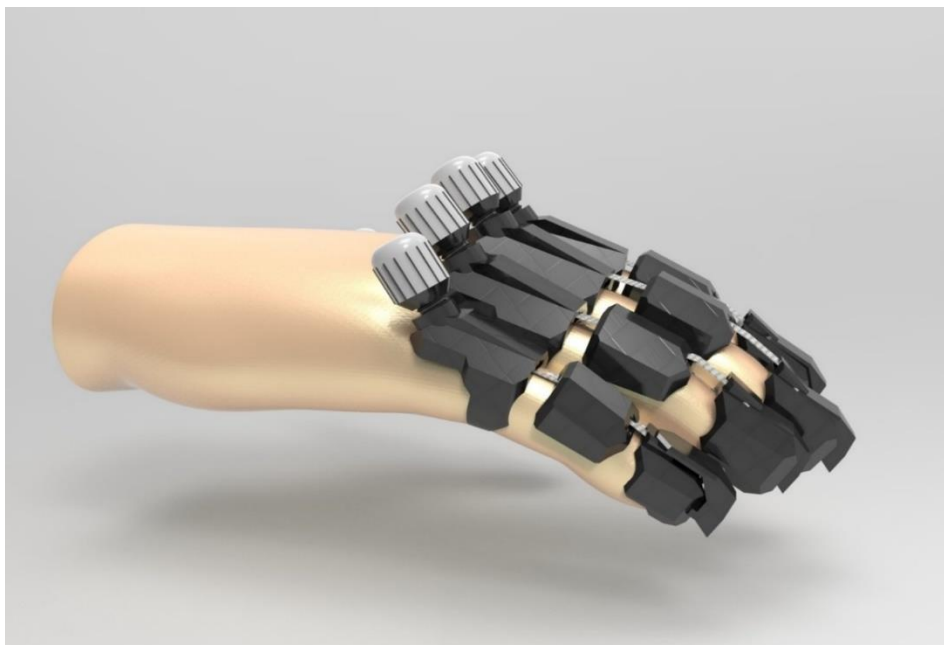
Fuente: Elaboración Propia (2025)

Figura 42: *Diseño final 2*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

Figura 43: *Diseño Final 4*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

Figura 44: *Diseño Final 5*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

Figura 45: *Diseño Final 6*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

5.1.1 Proceso de producción

Figura 43: *Proceso de producción*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

5.1.2 Cálculo de carga

El cálculo de carga constituye una etapa crucial para garantizar la funcionalidad y resistencia del dispositivo diseñado. Este proceso permite determinar las fuerzas que el producto debe soportar durante su uso, asegurando que cumpla con los requisitos ergonómicos y estructurales establecidos.

En este caso, se analizó la carga generada por la interacción entre la mano del paciente y el dispositivo, considerando una fuerza inicial estimada en un rango de 3 Newtons por dedo y 15 Newton por mano. Este valor corresponde a los movimientos básicos realizados durante actividades cotidianas y rehabilitación, y se estableció como referencia para evaluar la viabilidad del diseño.

El cálculo se realizó empleando la fórmula básica de fuerza:

$$F = k \cdot x$$

Donde

F: Fuerza aplicada

K: Constante de elasticidad 150 N/m

X: Estiramiento de resorte 0.02 m

- Fuerza por dedo

$$F = k \cdot x$$

$$F = 150 \text{ N/m} \cdot 0.02 \text{ m}$$

$$F = 3 \text{ N}$$

- Fuerza por la mano

$$F_{\text{total}} = F_{\text{dedo}} \cdot \text{número de dedos}$$

$$F = 3 \text{ N} \cdot 5 \text{ dedos}$$

$$F = 15 \text{ N}$$

El dispositivo fue diseñado para soportar una fuerza total de 15 N de manera uniforme, asegurando que las tensiones generadas se distribuyeran de forma equilibrada entre los materiales y componentes. Para lograrlo, se seleccionaron cuidadosamente materiales como bandas elásticas, garantizando que pudieran mantener esta carga sin deformarse ni comprometer su funcionalidad durante el uso.

Evaluación del producto

5.1.3 Evaluaciones Técnicas

Tabla 18: *Evaluaciones Técnicas*

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
SI/NO/MEJORAR(M)										
Facilidad de uso	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Comodidad	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Atractivo estético	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Adaptabilidad	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	M	SI	SI
Seguridad	SI	SI	SI	M	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Portabilidad	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Impacto funcional	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	M	SI	SI
Facilidad de mantenimiento	SI	M	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Relación Calidad/precio	M	SI	M	NO	SI	SI	SI	SI	M	SI
Satisfacción general	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	9	9	9	8	9	10	10	8	9	10

Fuente: Elaboración Propia (2025)

5.1.4 Validación del producto

Tabla 19: *Validación del producto*

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PARÁMETRO	VALOR OBTENIDO
Eficiencia terapéutica	0–10% (sin mejora) a 90–100% (mejora significativa)	75% de mejora funcional reportada
Comodidad y ergonomía	1 (muy incómodo) a 5 (muy cómodo)	4.5 (9/10 pacientes lo consideran cómodo)
Facilidad de colocación y uso	1–5 min (muy fácil) a 15+ min (muy difícil)	5 minutos (fácil de usar)
Seguridad	0 (ningún incidente) a 3+ incidentes	0 incidentes, 1 paciente sugiere mejora menor
Durabilidad del sistema de encaje	0–50 ciclos (poco duradero) a 500+ ciclos (muy duradero)	180 ciclos sin fallas (según pruebas técnicas)
Adecuación al público objetivo	1 (muy insatisfecho) a 5 (muy satisfecho)	4.6 (buena aceptación, satisfacción general alta)
Facilidad de mantenimiento	1–5 min (muy fácil) a 30+ min (muy difícil)	8 minutos (fácil mantenimiento, 2 pacientes sugieren mejoras)
Impacto en la autonomía	1 (nula independencia) a 5 (independencia total)	4.2 (mayor independencia al realizar tareas básicas)

Fuente: Elaboración Propia (2025)

El dispositivo ha demostrado ser eficaz, seguro y fácil de usar, con un 75% de mejora funcional y una valoración general de 9.1/10.

CONCLUSIONES

A lo largo del proceso investigativo en el Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades “El Peral 1”, se logró identificar las condiciones funcionales que enfrentan los adultos con hipertensión. Las entrevistas con terapeutas y la observación directa permitieron comprender las principales dificultades motoras y definir necesidades concretas, lo cual orientó el diseño hacia soluciones centradas en el usuario y contextualizadas a su entorno real.

El análisis de dispositivos existentes evidenció deficiencias en adaptabilidad, costos elevados y limitaciones ergonómicas. Frente a esta situación, la propuesta planteada priorizó características como la accesibilidad, el confort y la funcionalidad específica, evitando tecnologías complejas que no se ajustan a las condiciones locales de uso ni a los recursos disponibles en centros terapéuticos públicos.

Como resultado, se desarrolló un dispositivo terapéutico funcional y replicable que responde efectivamente a los requerimientos de rehabilitación en personas con hipertensión. Gracias a la tecnología de impresión 3D y al uso de materiales textiles accesibles como lycra y poliéster, fue posible lograr una solución cómoda, anatómica y ajustable, pensada para favorecer el movimiento progresivo de los dedos y fortalecer la motricidad fina.

Durante la validación del prototipo, se realizó una prueba con una persona cercana que presenta artritis reumatoide —mi madre—. A partir de su uso, se evidenció una notable disminución del dolor articular y una reducción de los temblores, lo que demuestra la efectividad del dispositivo incluso en condiciones musculoesqueléticas distintas a la hipertensión. Esta experiencia refuerza su valor terapéutico y confirma su aplicabilidad práctica más allá del entorno clínico especializado.

RECOMENDACIONES

Para optimizar la efectividad del dispositivo terapéutico, es clave continuar realizando pruebas con usuarios reales, lo que permitirá ajustar detalles ergonómicos y funcionales según distintos niveles de hipertensión. Este proceso facilita una adaptación progresiva a las necesidades específicas de cada paciente y mejora la interacción del producto con el entorno clínico.

Así mismo, resulta pertinente seguir explorando materiales biocompatibles que ofrezcan un equilibrio entre resistencia, flexibilidad y ligereza. El uso de recursos accesibles a nivel local también puede contribuir a reducir costos y garantizar sostenibilidad en su fabricación.

La integración de mecanismos modulares ajustables, sin requerir herramientas especializadas, puede facilitar su uso tanto por pacientes como por terapeutas. Además, establecer sistemas de retroalimentación dentro del entorno terapéutico permitiría perfeccionar el diseño en función de la experiencia práctica.

Finalmente, fomentar la colaboración entre diseñadores, profesionales de la salud e instituciones especializadas puede impulsar la implementación efectiva del dispositivo en contextos de rehabilitación con recursos limitados.

Bibliografía

servicio nacional de aduanas (SNAD). (2004). <https://www.aduana.gob.ec/>.

Ahmed, T. (2021). Flexohand: A Hybrid Exoskeleton-Based Novel Hand. *Micromachines*, 72-127.

Alvarez, E., & Falfán, L. (2019). El impacto de la impresión 3D en la construcción de una prótesis de mano. *Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 27-31.

Alzoubi, L., & Aljabali, A. (2023). Empowering Precision Medicine: The Impact of 3D Printing. *AAPS PharmSciTech*.

Arévalo, L. (2022). Programa de prevención de desórdenes músculo esqueléticos en trabajadores en casa. *Revista latinoamericana de estudios de medicina*.

Bañegil, R. (2022). INVESTIGACIÓN DE MATERIALES PARA IMPRESIÓN 3D DE TEJIDOS. *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID [Tesis de Grado]*.

Benavides, O., & Pérez, J. (2019). Prototipo rehabilitador para pacientes con lesiones en las manos. *Revista I3*, 59-74.

Bernal, C. (2012). *Metodología de la investigación 3ed*. Mexico: Person Educacion.

Bernatoniene, J. (2024). El futuro de la medicina: cómo la impresión 3D está transformando la industria farmacéutica. *Pharmaceutics*.

Bordianu, D. (2023). La impresión 3D como nuevo modelo de producción. *UNIVERSIDADDE VALLADOLID [tesis de Grado]*.

Bravo Loor, S., & Bernarás Iturrioz, E. (2023). Características psicosociales del alumnado ecuatoriano con discapacidad motora. *TELOS*, 103-123.

- Brito, A., & Coronel, F. (2020). Reconocimiento de tres patrones básicos de movimiento de la mano utilizando electromiografía de superficie y algoritmos inteligentes. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 187-199.
- Cabrera, L., & Córdova, D. (2023). La impresión 3D como herramienta educativa para desarrollar el pensamiento creativo: revisión sistemática. *La apertura*, 88-103.
- Calderón, T. (2019). Espasticidad, conceptos fisiológicos y fisiopatológicos aplicados a la clínica. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 14-148.
- Cámara de Industrias y Producción . (2024). <https://www.cip.org.ec/>.
- Campozaño, I. (2022). Ácido poliláctico: una revisión de los métodos de producción y sus aplicaciones. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 42-53.
- Cantero, R. (2020). Terapia de mano basada en el razonamiento y la práctica clínica. *Universidad Internacional de Andalucía*.
- Capece, S. (2019). El diseño centrado en el paciente: principios y nuevos escenarios para el producto inclusivo. *Sostenibilidad ID*, 77-80.
- Carreras, M., & Planas, E. (2022). Efectividad de la terapia por ondas de choque en lesiones de tendones y ligamentos del sistema osteomioarticular. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología*.
- Carrillo, N. (2020). Prototipado rápido en la fabricación de moldes impresos en 3D para soplado de plástico. *Ingenius*.
- Chirino, J., & Pérez, J. (2021). *Introducción a las técnicas de muestreo*. Mexico: Ediciones Pirámide.
- Consejo Nacional para la desigualdad de discapacidades [CONADIS] . (2024, 06 11). *Consejo Nacional para la desigualdad de discapacidades*. Retrieved from Consejo Nacional para la desigualdad de discapacidades: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/>

- Consejo Nacional para la igualdad de discapacidades [CONADIS]. (2024, JULIO 3). *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*. Retrieved from Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/>
- Constitución de la República del Ecuador*. (2008). Retrieved from <https://www.lexis.com.ec/biblioteca/constitucion-republica-ecuador>
- Copaci, D., & Collado, S. (2016). EXOESQUELETO ACTUADO POR SMA PARA MOVILIZACION DE LA MUÑECA. *Universidad de Coruña*, 368-373.
- Dávila-Vilchis, J. (2020). Criterios de diseño de exogantes blandos para tareas de asistencia a la rehabilitación de la mano. *Biónica y biomecánica aplicada*.
- Delgado, M. (2005). Clasificación y definición de los trastornos que causan hipertonía en la infancia. *Pediatrics*.
- Díaz, A. (2019). DISEÑO ORIENTADO A IMPRESIÓN 3D DE MANO PROTÉSICA. *Universidad Politécnica de Madrid [tesis de posgrado]*.
- Diaz, C. (2020). La rehabilitación como herramienta fundamental para la movilidad. *Praxis Latinoamericana*.
- Dragusanu, M. (2024). MGlove-TS: Un guante blando modular basado en actuadores de cuerdas retorcidas y estructuras flexibles. *Mecatrónica*.
- Evans, S., & Cameron, M. (2017). Hypertonia. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, 161-166.
- Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Fernández, M. (2020). Prototipado rápido en Design Thinking. *Technical Report JWNRA*.

- Ganguly, J., Kulshreshtha, D., & Almotiti, M. (2021). Fisiología y anomalías del tono muscular. *Toxins*.
- García, C. (2017). Espacios de innovación y transformación: el caso de IDEO. *ARQ*, n. 66 *Espacios de trabajo*, 54-59.
- García, E. (2004). Fisioterapia de la espacidad: Técnicas y metodos. *Fisiotermpia*.
- Gassert, R., & Dietz, V. (2018). Robots de rehabilitación para el tratamiento de déficits sensoriomotores: una perspectiva neurofisiológica. *Revista de Neuroingeniería y Rehabilitación* .
- Gavilanes, M. (2014). EQUIPO PARA REHABILITACIÓN DE PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL. *TESIS DE MAESTRIA [Universidad del Azuay]*.
- Gavilanez, R., & Paredes, E. (2023). Analisis de una industria Ecuatoriana. *social y ecologico*.
- Gómez, J. C. (2020). Espasticidad. *Universitas Medica* , 38-51.
- Gómez, J., & Ocampo, M. (2021). Espasticidad. *Universidad Medica*, .
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.umed>.
- Gómez, J., Moreno, J., Medina, J., Jimena, B., GilHenao, G., & GilGuerrero, M. (2020). Rehabilitación robótica en espasticidad de mano y muñeca. *Rev Col Med Fis Rehab*, 103-115.
- Grand View Research. (2024). Rehabilitation Equipment Market Size & Trends, 2024–2030. *Informe de investigación de mercado*.
- Granit, R. (2005). Control de la motilidad, hipertonía y espasticidad. *Acta Neurol*, 333-343.
- Guerra, B. (2019). MOVILIZACION DE LA MUÑECA. *Universidad Carlos III de Madrid*.

- Guerrero Carvajal, J. R. (2024). Publicación: Diseño y construcción de prototipo de prótesis para dedos amputados en accidentes de trabajo, utilizando tecnologías de fabricación 3D. *Universidad Central del Ecuador [Tesis de Grado]*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2016). *Metodología de la investigación*. Colombia: McGraw-Hill.
- Herrera, H. (2012). Materiales una nueva herramienta para la fabricación de prótesis. *Reflexiones*.
- Ibarra, I. (2024). Dispositivos Robóticos Suaves como Auxiliares en Terapias de Rehabilitación para Pacientes de ACV: Revisión Literaria, 2024. *Revista electrónica CTES*, Vol. 11 Núm. 22.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2023). *Ecuador en cifras* . Retrieved from Noticias : <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/en-el-ecuador-7-de-cada-100-personas-tienen-dificultad-funcional-para-hacer-alguna-actividad-cotidiana/>
- Jiménez Moya, R. (2023). Estudio sistémico de una estructura exoesquelética para la rehabilitación de la atrofia muscular de la mano en personas con artritis reumatoide. *Design of a Prosthetic*.
- Juárez, Á., & Meza, A. (2018). Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*.
- Kabir, R. (2022). Hand Rehabilitation Devices: A Comprehensive. *micromachines*, 20-36.
- La Organización mundial de diseño [WDO] . (2024, MARZO 8). *WDO*. Retrieved from DISEÑO INDUSTRIAL: <https://wdo.org/>

- Ley Orgánica de Discapacidades.* (2012). Retrieved from https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/ley_organica_discapacidades.pdf
- López, L. (2015). Neuroplasticidad y sus implicaciones en la rehabilitación. *Universidad y Salud*, 40-56.
- Lopez, R. (2015). Modelado y Control de un Exoesqueleto para la Rehabilitación'. *Revista Iberoamericana de Automática e Industrial*.
- Martínez, M. (2018). Intervenciones de los dispositivos robóticos de mano en la rehabilitación motora del accidente cerebrovascular. *Fisioglia*, 26-34.
- Mata, E. (2023). Propuesta para la incorporación del modelado e impresión 3D para la enseñanza de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica. *Revista Educación*, 1-39.
- Mebarki, A. (2021). Impacto de la rehabilitación en manos con dinámica de sistemas complejos. *Revista de prevención de pérdidas en las industrias de proceso*.
- Ministerio de Salud Publica [MSP]. (2024, 03). *Ministerio de Salud Publica Datos Abiertos*. Retrieved from <https://www.salud.gob.ec/datos-abiertos/>
- Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información [MINTEL]. (2023). Retrieved from <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) . (2023). <https://www.ambiente.gob.ec/>.
- Moore, S. (2018). Síndrome de Klinefelter: integración de genética, neuropsicología y endocrinología. *Revista oxford academic*.
- Moreno, C. L. (2022). manejo del dolor crónico musculoesquelético y neuropático: una revisión sistemática y un metanálisis en manos. *Reseñas de neurociencia y bioconducta*.

- Navarro, J. (2022). Importancia de la investigación de la anatomía de la mano. *Revista Científica Episteme Y Tekne*.
- Nef, T., & Guidali, M. (2009). ARMEO Robot exoesqueleto para la rehabilitación de accidentes cerebrovasculares. *IFMBE Proceedings*, 127-130.
- Odremán, J. (2017). Impresión 3D en la Industria: Un acercamiento a la tecnología y su influencia en la Industria Petrolera. *Revista Universidad ciencia y tecnología*.
- Organización internacional del trabajo [OIT]. (2024, 4 18). *Estadísticas* . Retrieved from Estadísticas : <https://www.ilo.org/es/acerca-de-la-oit>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2024). *Datos Estadísticos de enfermedades*. Retrieved from <https://www.paho.org/es/datos-estadisticos>
- Pacheco, S., & Ayala, Ó. (2022). Factores socioculturales de la vulnerabilidad en la industria. *Salud Publica Mex*.
- Park, L., Villamil, J., & Camargo, E. (2024). Diseño de dispositivo de apoyo en terapias de rehabilitación a nivel distal de los dedos de la mano. *ITECKNE*.
- Patterson, R. (2020). Una revisión actual del estado de la impresión 3D en la rehabilitación de la mano. *Revista de terapia* .
- Pérez, J. (2019). Prototipo rehabilitador para pacientes con lesiones en las manos. *Facultad de Ciencias e Ingeniería*, 59-75.
- Quinga Escobar, P. A. (2018). Modelado 3D personalizado y creación de prótesis externa del dedo índice izquierdo, para un funcionamiento biomecánico eficiente. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo [Tesis de Grado]*.
- Rincon, Á. (2025). Tendencias clave en manufactura aditiva de plásticos para 2025. *Plastics Technology Mexico*.

- Rinderknecht, M. (2018). Fiabilidad, validez y viabilidad clínica de una evaluación rápida y objetiva de los déficits en la propiocepción de la mano posteriores a un accidente cerebrovascular. *Revista de Neuroingeniería y Rehabilitación*.
- Rivera, J. (2022). Exoesqueletos de Rehabilitación. *Revista Mexicana de ingeniería*.
- Robles, D. (2024). Funciones ejecutivas en el aprendizaje del movimiento de las manos. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*.
- Robles, J., Reyes, J., Hernández, L., & Palacios, J. (2024). Exoesqueletos de Rehabilitación: una Revisión Sistemática de Literatura. *REVISTA MEXICANA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA*, 78-99.
- Rodríguez, S. (2020). Evaluación y exploración de la mano neurológica. *Universidad Internacional de Andalucía*.
- Sainz, E. (2022). Rehabilitación y capacidad funcional en la salud del siglo XXI. *Sistema sanitario de Navarra*, 2-9.
- Sánchez, J., & Martínez, P. (2018). *Metodología de la investigación: Fundamentos y enfoques aplicados*. Mexico: Editorial Académica.
- Sánchez, M. (2021). Traje ortopédico para la rehabilitación de desórdenes neurológicos y sensoriales. *Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud*.
- Secretaría Nacional de Planificación . (2023). *Atención Integral e Integradora a personas con discapacidad, rehabilitación y cuidados especiales en salud a nivel nacional* . Ecuador .
- Segnini, J., Vaca, D., & Vergara, M. (2019). DISEÑO DE UNA ÓRTESIS ACTIVA PARA REHABILITACIÓN DE CODO CON TÉCNICAS DE IMPRESIÓN EN 3D. *Axioma*, 46-52.
- Shih, T. (2019). Percepción de robots suaves mediante sensores blandos integrados y redes neuronales recurrentes. *Robótica científica*.

- Soto, L. (2011). Importancia de la ergonomía en el diseño de productos . *Diseño en Parlermo*, 201-206.
- Suardíaz, J., & Pérez, M. (2021). Combinando Impresión 3D y electrónica como estrategia para mejorar la experiencia de aprendizaje. *RIED*, 115-130.
- Suárez Garcia, D. A. (2024). Estudio de impresión 3D no planar en dos tipos de impresoras 3D: Cartesiana y delta. *Escuela Politécnica Nacional [Tesis de Grado]*.
- Trujillo, M. (2016). Los métodos más característicos del diseño centrado en el paciente -DCU-, adaptados para el desarrollo de productos materiales. *Iconofacto*, 215-236.
- Valenzuela, F., Torres, C., & Ravelo. (2024). 1029Int. J. Morphol.,42(4):1029-1032, 2024.¿Hipotonía o Flacidez en Rehabilitación?Una Recomendación desde el Origen Etimológico. *Int. J. Morphol*, 1029-1032.
- Vallejo, E., & Moya, D. (2017). TERAPIA OCUPACIONAL Y TERAPIA ROBÓTICA ASISTIDA CON AMADEO. *REVISTA DE INTERNET*, 80-96.
- Vargas, C. (2024). Desarrollo de Biomecatrónica de un Sistema de Exoesqueleto Robótico con Mecanismo Articulado Móvil-Prismático para la Rehabilitación Pasiva de la Mano Usable. *Salud*.
- Vargas, M., & Castro, K. (2019). La influencia de tecnologías emergentes en la rehabilitación de la mano. *revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*.

ANEXOS

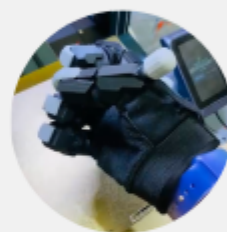
Manual de uso



“**ActiFlex**” es un dispositivo terapéutico diseñado para simplificar la rehabilitación manual de personas adultas que padecen hipertensión, ofreciendo soporte ergonómico, estimulación sensorial y ayuda a los músculos tensores de los dedos. Posee una estructura modular, elaborada con la utilización de la impresión 3D y componentes de sujeción flexibles, permitiendo adaptar el dispositivo a distintas morfologías de la mano enfocado en los niveles de rigidez muscular.



- PLA (impresión 3D)
- Goma EVA (acolchado interno)
- Cintas de velcro (sujeción)
- Tornillos plásticos (uniones ajustables)
- Tela suave lavable (revestimiento interior).



**¿SABÍAS QUE EJERCITAR LOS MÚSCULOS TENSORES DE LOS
DEDOS MEJORA LA MOVILIDAD Y FUERZA DE AGARRE EN UN
35% DURANTE LOS PRIMEROS 3 MESES DE TERAPIA
ACTIVA?
(KABIR ET AL., 2022)**

PASO 1 Preparación del entorno



- Sitúe el dispositivo sobre una superficie estable.
- Verifique que esté limpio y seco.
- Compruebe que las piezas móviles estén funcionales y sin oclusiones.
- Insertar la mano y encajar primero el guante de tela.



PASO 2 Posicionamiento de la mano



- Ajuste con cautela las cintas de sujeción y que no produzcan incomodidad.
- Compruebe que los dedos se encuentren alineados con las guías del dispositivo.



PASO 3 Ejercicio terapéutico



- Constatar que la estructura de cuerdas estén tensionadas, según sus necesidades.
- Empiece generando movimientos cortos : realice flexión y extensión de cada dedo manteniendo un mecanismo articulado.
- En pacientes con más movilidad, permita que intenten realizar movimientos frecuentes.
- Comprobar constantemente la expresión facial del paciente y la función muscular.



PASO 4 Finalización de la sesión

- Aparte con cautela las cintas de sujeción.
- Auxilie al paciente a retirar la mano del dispositivo.
- Limpie con un paño húmedo antes de almacenar.



Recomendaciones de **Uso**

- Utilizar en un espacio apacible y con iluminación adecuada.
- Ejecutar ejercicios entre 10 a 20 minutos por sesión, 1 o 2 veces al día, bajo prescripción fisioterapéutica.
- Empezar con movimientos suaves para evadir tensiones musculares.
- No usar, si el paciente presenta inflamación, dolor agudo o heridas abiertas.
- Emplear bajo supervisión siquiera durante las primeras 3 semanas de uso.

Mantenimiento



- Limpiar el dispositivo después de cada uso, empleado con un paño húmedo y jabón.
- No remojar en agua ni usar productos químicos agresivos.
- Verificar cada semana las cintas, tornillos y piezas móviles.
- Cambiar piezas desgastadas o rotas.
- Almacene en un lugar seco y sin contacto directo a la luz solar.



Advertencias

- No usar el dispositivo como instrumento de fuerza.
- No depositar el producto en manos del paciente sin supervisión.
- Impedir el uso del dispositivo si se constata incomodidad o irritación.
- Preguntar al fisioterapeuta a cargo antes de agregar nuevos movimientos.

Documento de validación del producto

Ambato, 05 de del 2025
RESOLUCIÓN-0569-CD-FDA-2025

**CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN Y SUSTANCIACIÓN DEL PROYECTO DE
TITULACIÓN**

Lcda. Gladys Villegas
Directora del Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades "El Peral 1", Ambato-Ecuador.

Por medio del presente, quienes suscribimos a continuación, en calidad de personal técnico y responsable del Centro Asistencial Municipal Inclusivo de Discapacidades "El Peral 1", dejamos constancia de nuestra colaboración, participación y aprobación en el desarrollo del proyecto de titulación realizado por:

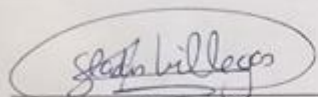
Nombre del estudiante: Enrique Sebastian Villacis Freire
Cédula de ciudadanía: 1805277405
Carrera: Diseño Industrial
Universidad: Universidad Técnica de Ambato

Título del proyecto de titulación:
"Diseño de un producto terapéutico para la rehabilitación de las manos en adultos con hipertonia

Este proyecto fue llevado a cabo dentro de nuestras instalaciones con acompañamiento, observación y apoyo por parte del personal terapéutico y técnico del centro, durante el periodo correspondiente al desarrollo de la investigación y validación funcional del prototipo. La ejecución del proyecto respetó en todo momento los principios de ética profesional, inclusión, funcionalidad, seguridad, accesibilidad y pertinencia terapéutica, alineándose con los objetivos institucionales de atención integral a personas con discapacidad.

El producto desarrollado fue orientado a contribuir activamente en los procesos de rehabilitación física de los usuarios con hipertensión, facilitando la estimulación motriz, la mejora de la movilidad manual y la incorporación de tecnologías accesibles en el ámbito terapéutico.

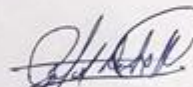
En base a lo anterior, reconocemos y respaldamos el compromiso, la responsabilidad y el impacto positivo de este trabajo de titulación en el campo de la rehabilitación funcional, y por lo tanto, aprobamos su aplicación, evaluación y validación como parte del proceso académico y profesional del estudiante dentro de nuestra institución.



Lcda. Gladys Villegas
Directora del Centro Asistencial
Municipal Inclusivo de Discapacidades
"El Peral 1", Ambato-Ecuador.



Lcda. Maribel Arauz
Terapeuta Ocupacional del Centro Asistencial
Municipal Inclusivo de Discapacidades
"El Peral 1", Ambato-Ecuador.



Lic. Rafael Acosta
Fisioterapeuta del Centro Asistencial
Municipal Inclusivo de Discapacidades
"El Peral 1", Ambato-Ecuador.



Sebastian Villacis
Estudiante de la Carrera Diseño Industrial
De la Universidad Técnica de Ambato

Entrevistas



Toma de medidas



Validación del prototipo

