

Escuela Superior Politécnica del Litoral



Facultad de Arte, Diseño y Comunicación Audiovisual

**Diseño de Instrumento de Fisioterapia y Rehabilitación de la
Movilidad en Manos de Adultos Mayores**

ARTE-615

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Licenciatura en Diseño de Productos

Presentado por:

Dayeline Ariana Bowen Medina

Fernando Xavier Rivera Peláez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

A mis padres, por su apoyo, esfuerzo y confianza a lo largo de mi formación; a los adultos mayores, cuya realidad, marcada por aislamiento y barreras de participación, dio sentido a este trabajo; y a quienes contribuyeron a mi desarrollo académico, fortaleciendo mi compromiso con el diseño como herramienta para mejorar la calidad de vida.

Dayeline Bowen

Agradecimientos

Agradezco a Dios por la fortaleza y la guía durante este proceso. A mis padres, por su apoyo incondicional y por sostenerme en cada etapa; y a mis hermanas, por su compañía y ánimo constante. A Soraya, Paula, Geovanny y Eduardo, mis amigos, por hacer la carrera más llevadera y acompañarme en los retos y logros. De manera especial, agradezco a Karla Caicedo, Justine Mera y Víctor Avilés, por impulsar mi crecimiento personal, profesional y académico, motivándome a desarrollar mis habilidades con disciplina y bases sólidas para mi futuro.

Dayeline Bowen

Declaración Expresa

Nosotros Dayeline Ariana Bowen Medina y Fernando Xavier Rivera Peláez acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 23 de octubre del 2025.



Dayeline Bowen

Medina



Fernando Rivera

Peláez

Evaluadores

Jimmy Cañizares Pozo

Profesor de Materia

Francesco Giuseppe Magnone

Tutor de proyecto

(Nota: Nombres completos y firmado electrónicamente)

Resumen

El presente proyecto aborda la baja adherencia a la rehabilitación manual domiciliaria en adultos mayores con disminución de movilidad, problemática que limita el desempeño en actividades de la vida diaria y reduce la autonomía. Con el objetivo de proporcionar una herramienta terapéutica segura, comprensible y motivante, se diseña **Handex**, un sistema híbrido de guante terapéutico y aplicación móvil; la hipótesis plantea que el soporte físico y la guía digital con retroalimentación favorecen la constancia de práctica y la percepción de control del usuario. La investigación se desarrolló con la metodología Design Thinking, integrando entrevistas, encuestas, observación y benchmarking para derivar requisitos de diseño. Se elaboraron prototipos iterativos y un prototipo funcional con textiles elásticos, sistemas de ajuste y componentes termoformados e impresos en 3D, considerando estándares ISO de antropometría, tallaje de guantes y usabilidad. El resultado fue un sistema con regulación de tensión para falanges, soporte de muñeca y una app con perfiles paciente–fisioterapeuta para prescripción de rutinas, guía audiovisual, recordatorios y registro de progreso; las pruebas exploratorias evidenciaron comprensión adecuada, comodidad y percepción de avance. Se concluye que HANDEX es una alternativa viable para apoyar la rehabilitación en casa y fortalecer la autonomía mediante seguimiento y motivación.

Palabras clave: *Rehabilitación de la mano, Dispositivos terapéuticos, Adultos mayores, Design Thinking, Fisioterapia.*

Abstract

This project addresses low adherence to home-based manual rehabilitation in older adults with reduced mobility, a problem that limits performance in activities of daily living and reduces autonomy. With the aim of providing a safe, understandable, and motivating therapeutic tool, Handex was designed, a hybrid system consisting of a therapeutic glove and a mobile application. The hypothesis is that physical support and digital guidance with feedback promote consistency in practice and the user's perception of control. The research was conducted using the Design Thinking methodology, integrating interviews, surveys, observation, and benchmarking to derive design requirements. Iterative prototypes and a functional prototype were developed using elastic textiles, adjustment systems, and thermoformed and 3D-printed components, taking into account ISO standards for anthropometry, glove sizing, and usability. The result was a system with tension regulation for phalanges, wrist support, and an app with patient-physical therapist profiles for prescribing routines, audiovisual guidance, reminders, and progress tracking. Exploratory tests showed adequate understanding, comfort, and perception of progress. It is concluded that Handex is a viable alternative to support home rehabilitation and strengthen autonomy through monitoring and motivation.

Keywords: Hand rehabilitation, Therapeutic devices, Older adults, Design Thinking, Physical therapy.

Índice general

Resumen	6
<i>Abstract</i>	7
Índice general	8
Abreviaturas	14
Índice de figuras	16
Capítulo 1	2
1.1 Introducción.....	3
1.2 Descripción del Problema.....	4
1.3 Justificación del Problema.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
Capítulo 2	7
2. Marco teórico	7
2.1 Envejecimiento y capacidad funcional	7
2.1.1 Envejecimiento saludable y autonomía funcional	7
2.1.2 Actividades de la vida diaria y calidad de vida en adultos mayores.....	8
2.1.3 Envejecimiento poblacional y vulnerabilidad en la vejez.....	8
2.2 Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento	10
2.2.1 Cambios musculoesqueléticos y neuromotores	10

2.2.2	Sarcopenia, dinapenia y reducción de la fuerza funcional.....	11
2.2.3	Cambios sensoriales y cognitivos relevantes para la rehabilitación	12
2.2.4	Factores acumulativos que influyen en el deterioro funcional a lo largo de la vida	13
2.3	Función manual y pérdida de movilidad en adultos mayores	17
2.3.1	Función de la mano en la interacción y el desempeño cotidiano.....	17
2.3.2	Alteraciones de la fuerza, coordinación y control motor fino	18
2.3.3	Impacto funcional psicosocial de la limitación manual.....	18
2.3.4	Bases anatómicas y biomecánicas de la mano aplicadas a la función	19
2.4	Rehabilitación y fisioterapia de la mano	20
2.4.1	Principios de la rehabilitación manual en adultos mayores	20
2.4.2	Ejercicio terapéutico, terapia funcional y transferencia a la vida diaria	21
2.4.3	Rehabilitación domiciliaria y adherencia al tratamiento	22
2.5	Diseño centrado en el usuario y ergonomía aplicada	22
2.5.1	Diseño inclusivo y diseño centrado en el adulto mayor	23
2.5.2	Ergonomía física y cognitiva en productos terapéuticos	24
2.5.3	Usabilidad, seguridad y experiencia de uso en rehabilitación	25
2.6	Materiales, antropometría y criterios técnicos básicos.....	27
2.6.1	Antropometría de la mano aplicada al diseño de productos	27
2.6.2	Materiales y características sensoriales para dispositivos terapéuticos	29
2.6.3	Seguridad y consideraciones normativas generales	30

2.7	Tecnología de apoyo y motivación en la rehabilitación manual	31
2.7.1	Tecnologías actuales aplicadas a la rehabilitación de la mano	31
2.7.2	Retroalimentación, motivación y gamificación en terapia	32
2.7.3	Limitaciones y oportunidades desde el diseño de productos	33
2.8	Contexto social y marco institucional (Ecuador)	34
2.8.1	Envejecimiento poblacional y necesidades de rehabilitación	34
2.8.2	Políticas públicas y acceso a servicios de fisioterapia	35
2.8.3	Marco normativo y programas relacionados con el adulto mayor.....	36
2.8.4	Actores institucionales y redes de atención	38
Capítulo 3	.....	39
3.	Metodología	40
3.1	Design Thinking	40
3.2	Etapas del Design Thinking.....	40
3.2.1	Investigar.....	40
3.2.2	Empatizar	41
3.2.3	Definir	44
3.2.4	Idear	45
3.2.5	Prototipar.....	46
3.2.6	Validar.....	46
Capítulo 4	.....	48
4.	Investigación, resultados y análisis	49

4.1	Introducción.....	49
4.2	Comprensión del usuario y del problema.....	50
4.2.1	Actores involucrados y contexto de uso.....	50
4.2.2	Dificultades funcionales y necesidades identificadas.....	51
4.3	Definición del problema de diseño.....	53
4.4	Hallazgos clave para el diseño.....	54
4.5	Ideación y desarrollo de la propuesta.....	58
4.5.1	Generación de alternativas conceptuales.....	58
4.5.2	Esquema conceptual del flujo de interacción.....	60
4.5.3	Criterios de diseño y proceso de selección.....	61
4.5.4	Prototipado.....	67
4.6	Validación del diseño.....	75
4.6.1	Objetivo de validación.....	75
4.6.2	Variables evaluadas.....	76
4.6.3	Resultados generales.....	77
	Capítulo 5.....	79
5.	Presentación del proyecto.....	80
5.1	Descripción del sistema.....	80
5.2	Análisis de resultados.....	83
5.3	Aspectos conceptuales.....	86
5.4	Aspectos técnicos.....	87

5.4.1	Especificaciones del guante	87
5.4.2	Especificaciones de aplicación móvil	91
5.5	Aspectos estéticos.....	94
5.5.1	Variación de tallas.....	94
5.5.2	Disposición de colores	94
5.5.3	Planos tecnicos.....	96
5.6	Presupuesto.....	97
5.7	Aspectos comunicacion	99
5.7.1	Objetivo de difusión.....	99
5.7.2	Espacios y canales de exposición	100
Capítulo 6	.....	102
6.	CONCLUSIONES	103
6.1	Conclusiones y recomendaciones.....	103
6.1.1	Conclusiones	103
6.1.2	Recomendaciones	104
Referencias	.....	106
ANEXOS	.....	124
7.1	Anexo A: Alternativa de diseño 1 (Alt1).....	124
7.2	Anexo B: Alternativa de diseño 2 (Alt2).....	124
7.3	Anexo C: Alternativa de diseño 3 (Alt3).....	125
7.4	ANEXO D. Análisis de entrevistas	125

7.4.1	ENTREVISTA: TERAPIA OCUPACIONAL EN ADULTOS MAYORES	125
7.4.2	ENTREVISTA: TERAPIA OCUPACIONAL Y TERAPIA FÍSICA EN EXTREMIDADES SUPERIORES	129
7.4.3	ENTREVISTA: FISIOTERAPIA Y ATENCIÓN GERIÁTRICA	133

Abreviaturas

ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno.
ASTM	ASTM International (American Society for Testing and Materials).
AVD	Actividades de la Vida Diaria.
CDC	Centers for Disease Control and Prevention.
CERI	Centros Especializados en Rehabilitación Integral.
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis (análisis de modos de falla y efectos).
GAD	Gobiernos Autónomos Descentralizados.
HEP	Home Exercise Program (programa de ejercicios en casa).
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional.
IESS	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos.
ISO	International Organization for Standardization.
MIES	Ministerio de Inclusión Económica y Social.
MSP	Ministerio de Salud Pública (Ecuador).
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
OIT	Organización Internacional del Trabajo.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
PLA	Ácido poliláctico (Polylactic Acid).
TO	Terapeuta ocupacional / Terapia ocupacional (según el contexto).
TOT	Task-Oriented Training (entrenamiento orientado a la tarea).
USD	United States dollar (dólar estadounidense).
VR	Realidad Virtual.
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines.

W3C

World Wide Web Consortium.

Índice de figuras

Figura 1	9
Figura 2	16
Figura 3	20
Figura 4	50
Figura 5	58
Figura 6	61
Figura 7	67
Figura 8	67
Figura 9	68
Figura 10	69
Figura 11	69
Figura 12	70
Figura 13	71
Figura 14	72
Figura 15	72
Figura 16	73
Figura 17	74
Figura 18	75
Figura 19	78
Figura 20	80
Figura 21	81
Figura 22	88
Figura 23	92

Figura 24	93
Figura 25	95
Figura 26	98

Índice de tablas

Tabla 1	28
Tabla 2	55
Tabla 3	63
Tabla 4	64
Tabla 5	66

Capítulo 1

1.1 Introducción

El envejecimiento poblacional está aumentando la demanda de soluciones que sostengan la capacidad funcional y la autonomía en la vida diaria. Dentro de este marco, la Organización Mundial de la Salud (OMS) plantea que el envejecimiento saludable se relaciona con mantener la funcionalidad mediante la interacción entre las capacidades físicas y mentales y el entorno, promoviendo intervenciones centradas en la persona y la participación activa (World Health Organization, 2020).

La mano tiene una relevancia directa en actividades cotidianas, como vestirse, cocinar, higienizarse, manipular objetos y participar en ocupaciones significativas, siendo uno de los componentes críticos de la funcionalidad de los adultos mayores. Datos recientes de la literatura describen a la fuerza de la prensión manual como indicador asociado al estado funcional general y a riesgos de deterioro, lo que refuerza la necesidad de intervenir de manera temprana implementando estrategias sostenibles (Kemala Sari, y otros, 2025). Del mismo modo, condiciones frecuentes en edades avanzadas como dolor musculoesquelético y osteoartritis, pueden limitar la función, incrementar la dependencia y afectar al bienestar (Long et al., 2021).

La fisioterapia y los ejercicios de rehabilitación son parte esencial de la recuperación de la movilidad, sin embargo, la continuidad del tratamiento fuera de consulta se suele ver afectada por barreras conductuales y contextuales, especialmente cuando estos tratamientos continúan en casa. Como solución a esto, se han incorporado intervenciones digitales que pueden mejorar la adherencia a los ejercicios, especialmente cuando estos contienen recordatorios y soporte en los que se puede apoyar el usuario (Lang et al., 2022).

Asimismo, se reconoce el potencial de la tele rehabilitación y el uso de smartphones para ampliar el acceso, reducir barreras logísticas y sostener procesos terapéuticos en el hogar (Jirasakulsuk, Saengpromma, & Khruakhorn, 2022).

Estas condiciones abren la oportunidad para desarrollar soluciones que integren elementos físicos y digitales con criterios de ergonomía, seguridad, claridad de uso y motivación, de modo que el adulto mayor pueda realizar ejercicios con mayor autonomía, sin perder el acompañamiento profesional.

1.2 Descripción del Problema

En adultos mayores, la disminución de la funcionalidad puede expresarse como dificultad para ejecutar tareas básicas e instrumentales de la vida diaria, con impacto en independencia y calidad de vida. La evidencia reciente señala que la discapacidad funcional en esta etapa puede ser considerable; un metaanálisis reportó una prevalencia de limitación en actividades básicas cercana a una cuarta parte de la población mayor y dificultades aún más frecuentes en actividades instrumentales (Amlak et al., 2025). Estudios como este respaldan que la función de la mano constituye un componente decisivo debido a su papel en la manipulación, el autocuidado y la interacción con el entorno.

Al mismo tiempo, el dolor y trastornos musculoesqueléticos son altamente prevalentes en la vejez, y se asocian a la restricción de actividades. Se ha evidenciado que el dolor es una de las condiciones con mayor relevancia que reduce la participación y aumenta la evitación del movimiento en adultos mayores (Mizutani & Ukawa, 2025). Este contexto presenta constancia en la experiencia de gran parte de los adultos mayores que, aun contando con fisioterapia, enfrentan rigidez, dolor, poca fuerza y reducción de coordinación en manos.

Una parte importante del progreso de la recuperación de la movilidad por medio de fisioterapia depende de la continuidad del tratamiento fuera de consulta. Sin embargo, la adherencia a programas domiciliarios suele ser baja por factores como dolor, falta de comprensión con el ejercicio, desmotivación, olvidos o ausencia de retroalimentación. La literatura sobre implementación de ejercicios terapéuticos reconoce que los procesos de memoria y atención y la falta de supervisión pueden dificultar el cumplimiento de los tratamientos, y que

parte de sostener el hábito en ocasiones es necesario recurrir a instrucciones simples (Dickson et al., 2023).

En consecuencia, el problema no solo comprende la existencia de la alteración de la función manual, sino la conexión entre la prescripción terapéutica y su seguimiento en el hogar, especialmente cuando el usuario necesita de una guía clara, seguridad percibida y estímulos motivacionales. En el uso de dispositivos para respaldar la práctica médica, salud pública y el monitoreo de pacientes, se ha evidenciado que los adultos mayores requieren interfaces y funciones persuasivas adaptadas a sus capacidades (Liu et al., 2021).

Por lo tanto, existe una necesidad concreta de un sistema de rehabilitación manual que, además de responder a los requerimientos físicos, aborde los componentes cognitivos y motivacionales que sostienen la práctica terapéutica en casa, manteniendo un vínculo operativo con el seguimiento profesional.

1.3 Justificación del Problema

Es necesario desarrollar soluciones que faciliten una práctica terapéutica autónoma, segura y comprensible, integrando recursos físicos y digitales que promuevan la constancia, seguimiento y motivación del usuario. Un enfoque de diseño que integre criterios ergonómicos, cognitivos y motivacionales puede transformar la experiencia terapéutica en una actividad más accesible, segura y estimulante, favoreciendo la continuidad del tratamiento y una recuperación más efectiva. De esta manera, el proyecto adquiere relevancia social, científica y técnica, al contribuir con soluciones innovadoras en el campo del diseño de productos orientados a la rehabilitación física y al bienestar integral del adulto mayor.

Esta propuesta cumple con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) detallados a continuación:

- **ODS 3: Salud y bienestar**, al promover la mejora de la movilidad funcional de la mano en adultos mayores, contribuyendo al bienestar físico, la autonomía y el apoyo a procesos de rehabilitación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de herramientas de fisioterapia para la rehabilitación de la mano en adultos mayores, que integre aspectos físicos, cognitivos y motivacionales, optimizando los resultados funcionales y fortaleciendo su autonomía.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Analizar los factores fisiopatológicos y el estilo de vida que afectan la movilidad manual en los adultos mayores, mediante la investigación para identificar sus necesidades y las limitaciones de las herramientas actuales.
2. Identificar las oportunidades de mejora en el diseño de herramientas fisioterapéuticas, enfocándose en la integración de estímulos que promueven la participación activa y la motivación en la terapia.
3. Validar un prototipo funcional de las herramientas de fisioterapia, aplicando criterios ergonómicos para asegurar la comodidad, seguridad y una interacción intuitiva del usuario.

Capítulo 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Envejecimiento y capacidad funcional

2.1.1 *Envejecimiento saludable y autonomía funcional*

El concepto de envejecimiento saludable ha evolucionado en las últimas décadas, pasando de un enfoque centrado exclusivamente en la ausencia de enfermedad a una visión integral basada en la funcionalidad y la autonomía. Según la Organización Mundial de la Salud, el envejecimiento saludable se define como “el proceso de desarrollar y mantener la capacidad funcional que permite el bienestar en la vejez” (World Health Organization, 2021).

La autonomía funcional se refiere a la capacidad del adulto mayor para realizar actividades esenciales de manera independiente, tomar decisiones sobre su vida diaria y participar activamente en su entorno. Estudios recientes señalan que la preservación de la autonomía funcional está estrechamente relacionada con una mejor calidad de vida, menor riesgo de dependencia y reducción de la carga sobre los sistemas de salud y cuidado informal (Cesari & Sadana, 2018).

En este sentido, la rehabilitación física y el diseño de productos terapéuticos juegan un rol clave como facilitadores del envejecimiento saludable. Intervenciones orientadas a mantener la movilidad, la fuerza y la destreza manual contribuyen a prolongar la independencia funcional y favorecen la participación activa del adulto mayor en actividades significativas. Asimismo, el diseño centrado en el usuario permite crear soluciones que respeten las capacidades residuales del individuo, evitando la sobre asistencia y promoviendo la autogestión de su proceso de rehabilitación (Fleming et al., 2016).

2.1.2 Actividades de la vida diaria y calidad de vida en adultos mayores

Las actividades de la vida diaria (AVD) constituyen un indicador fundamental para evaluar la capacidad funcional y el nivel de independencia del adulto mayor. Estas actividades incluyen tareas básicas como la alimentación, el aseo personal, el vestido y el uso de objetos cotidianos, así como actividades instrumentales más complejas relacionadas con la vida en comunidad y el autocuidado.

La literatura científica reciente evidencia que las limitaciones en la ejecución de las AVD se asocian directamente con una disminución de la calidad de vida, un aumento del riesgo de dependencia y mayores niveles de aislamiento social y afectación emocional (Aging Clinical and Experimental Research). En particular, la pérdida de la función manual impacta de forma significativa en la realización de actividades aparentemente simples, pero esenciales para la autonomía, como abotonar prendas, manipular utensilios o sostener objetos.

Desde un enfoque biopsicosocial, la calidad de vida en adultos mayores no solo depende del estado físico, sino también de la percepción de control, dignidad y competencia en la vida diaria. En este contexto, las intervenciones de rehabilitación orientadas a mejorar el desempeño funcional, junto con productos diseñados ergonómicamente, pueden contribuir de manera directa a mejorar la experiencia cotidiana del adulto mayor, fortaleciendo su autoestima y su sentido de independencia (World Health Organization, 2015).

2.1.3 Envejecimiento poblacional y vulnerabilidad en la vejez

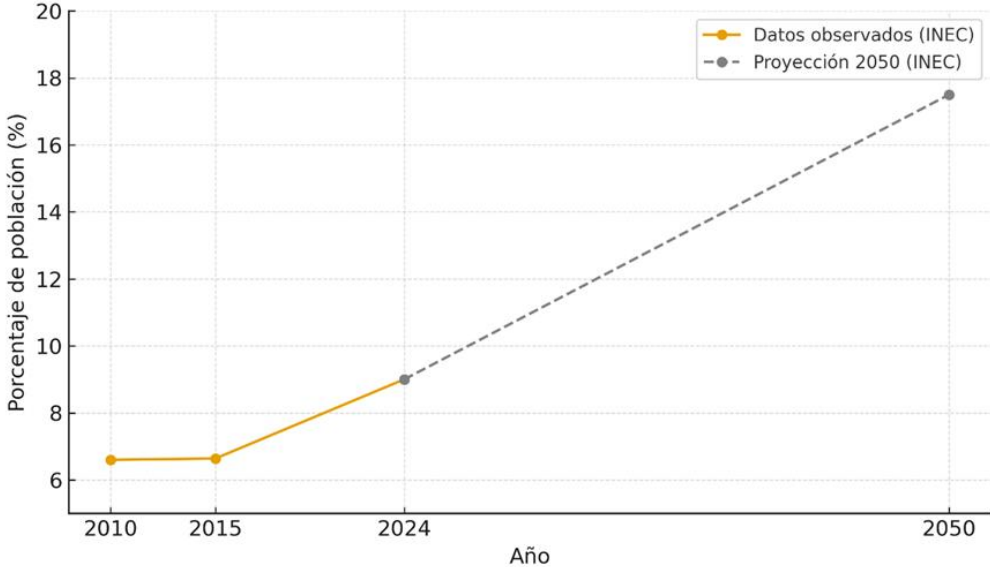
La calidad de vida de una persona está estrechamente vinculada con su capacidad de participar activamente en la sociedad. En el caso de los adultos mayores, las limitaciones físicas y psicológicas que acompañan al envejecimiento pueden generar una disminución en su participación social, tanto dentro del hogar como en su entorno comunitario. Esto puede llevarlos a percibirse como menos útiles o incluso innecesarios en la vida de quienes los rodean, afectando

significativamente su autoestima y bienestar emocional (Piña Morán, Olivo Viana, Martínez Matamala, Poblete Troncoso, & Guerra Guerrero, 2022).

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la proporción de personas a partir de 65 años en Ecuador ha mostrado un crecimiento constante en los últimos diez años, aumentando de un 6.6% en 2010 a un 9% en 2024, estimando que en el 2050 este porcentaje aumente a un 17-18% aproximadamente, como se muestra en la Figura 1. Esta tendencia confirma el avance del envejecimiento poblacional en el país, fenómeno que implica nuevos desafíos en la atención sanitaria, diseño de instrumentos de apoyo y la promoción de la autonomía funcional de los adultos mayores.

Figura 1

Evolución de la población adulta mayor (65 años o más) en Ecuador (2010-2050).



Fuentes: Elaboración propia a partir de datos de Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2024); Consejo Nacional para la Igualdad Intergeneracional (2010)

2.2 Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento

El envejecimiento se asocia a una serie de cambios fisiológicos progresivos que afectan de manera directa la estructura y función de los sistemas musculoesquelético, neuromotor, sensorial y cognitivo. Estos cambios no ocurren de forma uniforme entre individuos, sino que están modulados por factores como el nivel de actividad física, el estado nutricional, la presencia de enfermedades crónicas y el entorno social. No obstante, la evidencia científica coincide en que dichas modificaciones tienen un impacto acumulativo sobre la capacidad funcional y la autonomía del adulto mayor (World Health Organization, 2021).

Desde una perspectiva funcional, los cambios fisiológicos propios del envejecimiento influyen en la disminución de la fuerza, la resistencia, la coordinación y la precisión de los movimientos, lo que afecta de manera significativa el desempeño en actividades de la vida diaria. En particular, las extremidades superiores, y específicamente la mano, presentan alteraciones que condicionan la manipulación de objetos, el control motor fino y la interacción con productos y entornos cotidianos (Cruz-Jentoft & Sayer, 2019; World Health Organization; International Institute for Environment and Development, 2014)

Comprender estos cambios resulta fundamental para el diseño de intervenciones de rehabilitación y para el desarrollo de productos terapéuticos que respondan a las capacidades reales del usuario adulto mayor, evitando enfoques estandarizados que no consideran la variabilidad funcional asociada al envejecimiento.

2.2.1 Cambios musculoesqueléticos y neuromotores

Uno de los principales sistemas afectados por el envejecimiento es el musculoesquelético. A nivel muscular, se observa una reducción progresiva de la masa, la calidad y la elasticidad del tejido muscular, acompañada por cambios en la composición de las fibras y una menor eficiencia metabólica. Paralelamente, el sistema óseo presenta una

disminución de la densidad mineral, mientras que las articulaciones muestran rigidez y reducción del rango de movimiento, lo que impacta en la capacidad funcional del adulto mayor (Cruz-Jentoft & Sayer, 2019) (World Health Organization, 2015).

En el plano neuromotor, el envejecimiento se asocia a una disminución en la velocidad de conducción nerviosa, una menor activación de unidades motoras y alteraciones en los mecanismos de control del movimiento. Estas modificaciones afectan la coordinación intermuscular, la precisión de los gestos y la capacidad de ajustar la fuerza aplicada durante tareas funcionales (Seidler, y otros, 2010).

La combinación de cambios musculoesqueléticos y neuromotores genera un deterioro progresivo de la eficiencia motora, especialmente en tareas que requieren movimientos finos y coordinados, como las que involucran la función manual. Desde el diseño de productos, este fenómeno refuerza la necesidad de considerar demandas físicas reducidas, mecanismos de asistencia graduada y configuraciones que compensen la pérdida de estabilidad y control.

2.2.2 Sarcopenia, dinapenia y reducción de la fuerza funcional

La sarcopenia es una condición asociada al envejecimiento caracterizada por la pérdida progresiva de masa y función muscular. Actualmente, se reconoce como un síndrome geriátrico con impacto directo en la movilidad, la independencia funcional y el riesgo de discapacidad. La dinapenia, por su parte, hace referencia específicamente a la pérdida de fuerza muscular, la cual puede presentarse incluso en ausencia de una reducción significativa de la masa muscular (Cruz-Jentoft & Sayer, 2019).

Estudios recientes señalan que la disminución de la fuerza funcional es un predictor más relevante de limitaciones en la vida diaria que la pérdida de masa muscular por sí sola. En el caso de las extremidades superiores, la reducción de la fuerza de prensión manual se ha asociado con dificultades en actividades como sujetar objetos, abrir envases o manipular herramientas de uso

cotidiano, además de constituir un indicador clínico del estado funcional general del adulto mayor (Dodds et al., 2014; Bohannon, 2019).

La evidencia respalda que intervenciones basadas en ejercicio terapéutico y rehabilitación funcional pueden atenuar los efectos de la sarcopenia y la dinapenia. No obstante, para que estas intervenciones sean efectivas, deben adaptarse a las capacidades residuales del usuario. En este contexto, el diseño de dispositivos terapéuticos debe considerar niveles de resistencia ajustables, estímulos progresivos y una interacción segura que evite la fatiga o el riesgo de lesión.

2.2.3 Cambios sensoriales y cognitivos relevantes para la rehabilitación

Además de las alteraciones musculoesqueléticas, el envejecimiento conlleva cambios sensoriales y cognitivos que influyen directamente en la capacidad del adulto mayor para interactuar con productos terapéuticos y seguir procesos de rehabilitación. A nivel sensorial, se observa una disminución de la sensibilidad táctil, la propiocepción y la percepción vibratoria, especialmente en las extremidades distales, lo que afecta la retroalimentación necesaria para el control preciso del movimiento (Landelle, El Ahmadi, & Kavounoudias, 2018).

En el ámbito cognitivo, pueden presentarse cambios en funciones como la atención, la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento de la información. Si bien estos cambios no implican necesariamente deterioro cognitivo patológico, sí pueden influir en la comprensión de instrucciones, la secuenciación de tareas y la adherencia a rutinas terapéuticas, particularmente en contextos domiciliarios (Kirk, 2024).

Desde la rehabilitación y el diseño de productos, estos factores refuerzan la importancia de incorporar principios de ergonomía cognitiva, como interfaces claras, instrucciones visuales simples, retroalimentación inmediata y estímulos multisensoriales. Considerar estas variables contribuye a mejorar la experiencia de uso, reducir la carga cognitiva y favorecer la constancia en los procesos de rehabilitación manual.

2.2.4 Factores acumulativos que influyen en el deterioro funcional a lo largo de la vida

La movilidad de las manos puede verse afectada por diversos factores que se acumulan con el paso del tiempo, entre ellos los biológicos, conductuales, laborales, socioeconómicos y psicológicos. Estos elementos determinan la capacidad funcional de las personas y explican muchas de las limitaciones motoras presentes en la adultez mayor.

La pérdida de fuerza muscular, la disminución de la flexibilidad articular y la sensibilidad táctil, así como los movimientos repetitivos, el sedentarismo y las condiciones de trabajo prolongadas, contribuyen al deterioro progresivo de la función manual. Por ello, comprender la interacción entre estos factores resulta clave para desarrollar estrategias de rehabilitación y diseñar herramientas terapéuticas que favorezcan la autonomía y el bienestar en esta etapa de la vida.

2.2.4.1 Factores Fisiopatológicos.

A nivel mundial, las enfermedades articulares como la artrosis o la artritis reumatoide representan causas frecuentes de deterioro funcional de las manos en adultos mayores, provocando dolor, rigidez e inflamación que reducen el rango de movimiento (Saldarriaga et al., 2024). Asimismo, enfermedades neurológicas como el accidente cerebrovascular, la esclerosis múltiple y el Parkinson deterioran la coordinación motora fina y la capacidad de realizar movimientos precisos con los dedos (Cai et al., 2022).

Los traumatismos en extremidades superiores y las lesiones nerviosas periféricas también pueden dejar secuelas permanentes si no se tratan correctamente. Durante el envejecimiento, se presenta además una degeneración progresiva del tejido muscular y nervioso (sarcopenia y neuropatía), que disminuye la fuerza, la sensibilidad y la precisión del movimiento (Yamada et al., 2021). Este tipo de enfermedades atroficas causa complicaciones en la movilidad articular de la mano que progresivamente empeoran y afectan otras funciones limitando las actividades diarias.

2.2.4.2 Factores de Estilo de Vida.

El estilo de vida influye en la preservación de la función manual porque la inactividad y la falta de ejercicio específico tienden a reducir la capacidad funcional de la mano, mientras que los programas de rehabilitación basados en ejercicio en personas con osteoartritis de mano han mostrado mejoras a corto plazo en dolor, rigidez, función y fuerza de prensión, lo que respalda la pertinencia de incorporar rutinas de movilidad y fortalecimiento (Huang et al., 2024). De forma complementaria, la exposición continua a cargas elevadas y movimientos repetitivos como prensión/pinza frecuente, flexo-extensión repetida de muñeca, uso de herramientas o vibración se ha asociado con mayor riesgo de desgaste articular en la base del pulgar, lo que sugiere un efecto acumulativo del esfuerzo mecánico sobre el desempeño manual (Hernández et al., 2024).

En el componente nutricional, una ingesta adecuada de proteína se ha relacionado con mejores niveles de fuerza de prensión en población adulta, lo que apoya su relevancia como soporte del mantenimiento muscular en el envejecimiento (Merlin et al., 2022).

Finalmente, condiciones metabólicas como la diabetes pueden comprometer la destreza y la fuerza: en adultos mayores con neuropatía periférica diabética se han descrito disminuciones en la fuerza de pinza y en la destreza manual, lo que afecta tareas cotidianas que requieren motricidad fina (Zhang, y otros, 2021).

2.2.4.3 Factores Laborales y Ocupacionales.

Las ocupaciones que exigen movimientos repetitivos, posturas forzadas o manipulación constante de herramientas suelen generar sobrecarga articular y muscular, aumentando la incidencia de tendinitis, túnel carpiano o artrosis laboral (Amin, Assal, & Iwata, 2020). La falta de pausas activas y de ergonomía en entornos laborales acentúa estas dolencias.

En Ecuador, el diseño de productos para rehabilitación se enfrenta a condiciones laborales con bajo acceso a ergonomía o prevención de lesiones. Por ello, se ha enfatizado la necesidad de crear dispositivos accesibles y adaptables a entornos locales (Sharif & Roth, 2020).

2.2.4.4 Factores Socioeconómicos.

El nivel socioeconómico condiciona directamente el acceso a atención médica, fisioterapia y herramientas de rehabilitación. En sectores de bajos ingresos, los adultos mayores pueden enfrentar barreras para acudir a controles o adquirir dispositivos terapéuticos (McMaughan, 2020). Asimismo, el nivel educativo influye en la adopción de prácticas de autocuidado y la comprensión de los ejercicios terapéuticos.

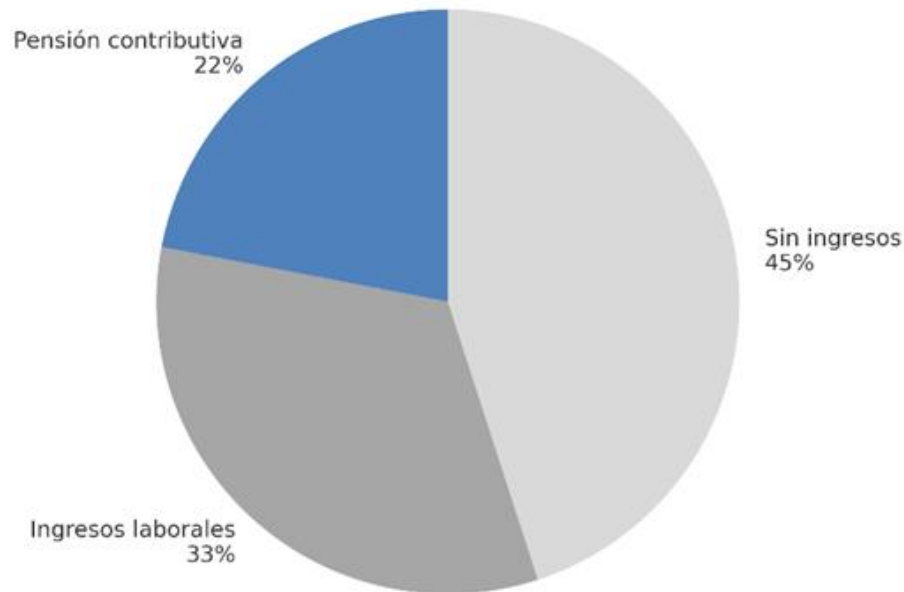
Comprender el impacto social del envejecimiento es fundamental para reconocer los desafíos que enfrentan las personas mayores en su integración y participación comunitaria. La pérdida de autonomía y el temor a las caídas pueden limitar su vida social, generando aislamiento, dependencia y una disminución en su bienestar emocional. A esto se suma el edadismo, que refuerza la exclusión al percibir a los adultos mayores como frágiles o poco productivos, reduciendo sus oportunidades y el acceso a una atención adecuada. Promover su inclusión y participación activa resulta esencial para garantizar un envejecimiento saludable, digno y socialmente integrado (United Nations & World Health Organization, 2021).

En la Figura 2, se presenta la distribución de las principales fuentes de ingreso entre las personas adultas mayores en Ecuador durante el año 2022. Según datos de la Organización Internacional del Trabajo (Casalí et al., 2023), cerca de un 45 % de las personas mayores no recibe ingresos laborales ni pensión contributiva, lo que evidencia un alto grado de vulnerabilidad económica. En contraste, el 33 % obtiene ingresos provenientes de actividades laborales y solo el 22 % accede a una pensión contributiva. Esta estructura refleja la limitada

cobertura de los sistemas de seguridad social y la dependencia del trabajo en edades avanzadas como medio de subsistencia.

Figura 2

Fuentes de ingresos de adultos mayores en Ecuador (2022).



Fuente: Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2023. “La seguridad económica de las personas adultas mayores en Ecuador: situación actual y desafíos para la política pública”. Oficina de la OIT para los Países Andinos.

2.2.4.5 Factores Emocionales y Psicológicos.

El deterioro manual suele asociarse a dolor crónico, pérdida de independencia y frustración, lo que puede desencadenar depresión o ansiedad, afectando la motivación para realizar terapias (Cai, y otros, 2022). La presencia de apoyo social y emocional favorece la adherencia al tratamiento, mientras que el aislamiento o la falta de acompañamiento tienden a agravar la percepción del dolor. Por ello, en los procesos de rehabilitación se incorporan cada

vez más estrategias que estimulan la motivación del paciente, como actividades lúdicas o sistemas de retroalimentación visual (Saldarriaga, Gutierrez-Velasquez, & Colorado, 2024).

2.3 Función manual y pérdida de movilidad en adultos mayores

2.3.1 Función de la mano en la interacción y el desempeño cotidiano

La mano humana no es solo una herramienta biomecánica de prensión, sino el principal medio de interacción física y social del individuo con su entorno. En la población geriátrica, la integridad de la función manual es un predictor crítico de la independencia funcional. Según estudios recientes, la capacidad para realizar Actividades de la Vida Diaria (AVD), tanto básicas (como alimentarse, vestirse y la higiene personal) como instrumentales (gestión de medicación, uso de tecnología y tareas domésticas), depende directamente de la destreza manual y la fuerza de agarre (Centers for Disease Control and Prevention, 2019).

Desde la perspectiva del diseño de productos, es fundamental comprender que la mano actúa como el ejecutor final de la voluntad cognitiva. Investigaciones actuales han establecido una correlación directa entre la función motora manual y las funciones ejecutivas; un deterioro en la destreza manual suele preceder o acompañar al deterioro cognitivo leve, afectando la capacidad de planificación y ejecución de tareas complejas (Ghanbarian et al., 2025). Por tanto, la pérdida de esta funcionalidad no representa únicamente una barrera física, sino que compromete la autonomía del adulto mayor, obligándolo a depender de terceros o de dispositivos de asistencia para subsistir, lo que incrementa el riesgo de resultados de salud adversos y condiciones de vida inseguras (Centers for Disease Control and Prevention, 2019)

2.3.2 Alteraciones de la fuerza, coordinación y control motor fino

El envejecimiento fisiológico conlleva cambios degenerativos inevitables en el sistema musculoesquelético y nervioso que impactan la motricidad fina. El fenómeno más prevalente es la sarcopenia, que implica una reducción significativa de la masa muscular, oscilando entre un 25% y 45% en adultos mayores, lo que resulta en una disminución directa de la fuerza de prensión (Carmeli et al., 2003). Específicamente, se ha documentado que después de los 60 años, la fuerza de agarre puede descender hasta un 25%, afectando la capacidad para manipular objetos cotidianos que requieren torque o presión sostenida (Soriano Molina et al., 2025).

A nivel biomecánico, el deterioro no es solo de fuerza (dinamometría), sino de precisión. La coordinación motora fina se ve comprometida por alteraciones en el control neural y la reorganización de las fibras musculares periféricas, lo que resulta en movimientos más lentos y menos estables (Kaur & Kamboj, 2023).

Esto es crítico para el diseño de interfaces y productos, ya que tareas que requieren movimientos de pinza, rotación de muñeca o manipulación de objetos pequeños se vuelven obstáculos funcionales. Además, existe una relación bidireccional donde la falta de actividad manual acelera este deterioro; el desuso atrofia los músculos internos de la mano, creando un ciclo de retroalimentación negativa que reduce aún más la capacidad de manipulación (Carmeli, Imam, & Merrick, 2003).

2.3.3 Impacto funcional psicosocial de la limitación manual

La restricción en la movilidad manual va más allá de lo físico y comprende la dimensión psicosocial del adulto mayor. La incapacidad para ejecutar tareas manuales se asocia significativamente con una disminución en la calidad de vida y un aumento en el riesgo de aislamiento social. Cuando un adulto mayor pierde la capacidad de interactuar con su entorno

físico de manera autónoma, se genera un sentimiento de carga o dependencia que frecuentemente desemboca en cuadros depresivos y falta de motivación (Guccione et al., 2020).

La evidencia científica sugiere que la discapacidad funcional actúa como una barrera para la participación social, limitando la asistencia a eventos comunitarios y reduciendo las interacciones con pares, lo cual es un factor de riesgo para el deterioro cognitivo acelerado (Li et al., 2025).

Desde una perspectiva de diseño centrado en el usuario, es crucial notar que la rehabilitación o asistencia en la función manual no solo busca restaurar el movimiento, sino también volver a empoderar al usuario. Mantener la funcionalidad manual permite al adulto mayor conservar su rol dentro de la comunidad y su núcleo familiar, fomentando un sentido de propósito y pertenencia que es vital para la salud mental en la vejez (Keane et al., 2025).

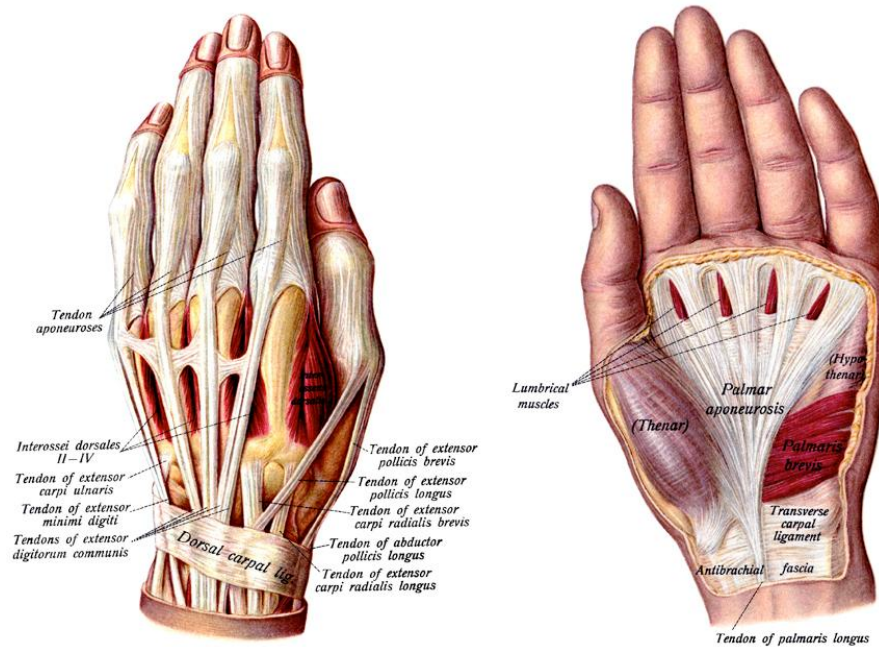
2.3.4 Bases anatómicas y biomecánicas de la mano aplicadas a la función

La mano humana es una estructura compleja y versátil, que permite realizar movimientos que requieren de una gran cantidad de esfuerzo, así como acciones precisas. Funciona debido a la combinación entre huesos, articulaciones, músculos, tendones y estructuras neurovasculares, lo que la hace la principal herramienta de interacción con el entorno.

La estructura de la mano está formada por 27 huesos que ayudan a la flexión, extensión y rotación de los dedos y muñeca; articulaciones y ligamentos, responsables de los movimientos precisos y estabilidad; los músculos que ayudan a la extensión, aducción y abducción simultánea de las articulaciones al realizar movimientos complejos; y tendones que limitan el movimiento para evitar lesiones (Institute for Quality and Efficiency in Health Care, 2025).

Figura 3

Anatomía de la mano



Autor desconocido. (2023, febrero). *Hand anatomy* [Ilustración]. Recuperado de

<https://karenswhimsy.com/wp-content/uploads/2023/02/hand-anatomy.jpg>

La coordinación entre huesos, articulaciones, músculos y tendones permite realizar una amplia gama de movimientos, garantizando la movilidad y firmeza necesarias para realizar tareas funcionales como cerrar el puño, extender o separar los dedos, entre otras. Las partes físicas de la mano, junto con el sistema nervioso, los encargados de proporcionar un control motor fino, permitiendo ejecutar acciones delicadas y precisas (Gilliland & Rowan, 2022).

2.4 Rehabilitación y fisioterapia de la mano

2.4.1 Principios de la rehabilitación manual en adultos mayores

La evidencia científica actual postula que la rehabilitación de la mano en el adulto mayor debe centrarse en la neuroplasticidad compensatoria. Contrario a enfoques tradicionales que

aislaban el fortalecimiento muscular, estudios recientes demuestran que el envejecimiento altera las estrategias de control motor, afectando específicamente la rotación y la coordinación visomotora (Kim, Kim, Kim, & Kim, 2025). Por tanto, la intervención efectiva no debe buscar solo la hipertrofia muscular, sino la reorganización cortical a través de prácticas que desafíen cognitivamente al paciente.

Un principio fundamental validado en la literatura de 2025 es el aprendizaje motor orientado a la tarea (Task-Oriented Training o TOT). Este enfoque sostiene que la repetición mecánica sin contexto tiene una transferencia casi nula a la funcionalidad real. En cambio, la práctica de tareas funcionales completas, activas redes neuronales de neuronas espejo y premotoras que facilitan la retención de la habilidad a largo plazo (Javed et al., 2025). Además, se ha evidenciado que la intervención temprana después de lesiones o ante los primeros signos de deterioro funcional es crítica para prevenir la rigidez articular secundaria y la atrofia por desuso, superando los beneficios de enfoques conservadores o tardíos (Serban et al., 2025).

2.4.2 Ejercicio terapéutico, terapia funcional y transferencia a la vida diaria

Para que el diseño de una herramienta de rehabilitación sea efectivo, debe basarse en el principio de aprendizaje motor orientado a la tarea. Esto significa que el cerebro aprende mejor cuando el movimiento tiene un propósito real en lugar de un ejercicio abstracto.

Estudios de 2025 explican que, en lugar de repetir el mismo movimiento 50 veces seguidas, es más beneficioso alternar diferentes tipos de agarres o fuerzas de manera aleatoria. Esta variabilidad obliga al cerebro a recalcular el movimiento cada vez, lo que resulta en una retención de la habilidad mucho más duradera y aplicable a la vida real, aunque al principio parezca más difícil de ejecutar (Javed et al., 2025).

Asimismo, se valora el uso de neuronas espejo, un sistema cerebral que se activa no solo al hacer una acción, sino al observar o imaginar cómo se hace, lo que sugiere que el diseño debe ofrecer pistas visuales claras de cómo debe moverse la mano (Kim, Kim, Kim, & Kim, 2025).

2.4.3 Rehabilitación domiciliaria y adherencia al tratamiento

La adherencia a los programas de ejercicios en casa (HEP) es un problema crítico, con tasas de abandono que superan el 35-50% sin supervisión directa. Investigaciones publicadas en 2023 y 2025 identifican que la autoeficacia y el apoyo social son los predictores más fuertes de la adherencia real, más que la severidad de la patología física (Cai, Zhang, & Wang, 2023). El uso de formatos de papel ha demostrado ser inferior en comparación con formatos de video o aplicaciones interactivas, ya que estos últimos reducen la ansiedad por hacerlo mal y mejoran la confianza del paciente (Toci et al., 2023).

En este contexto, la telerrehabilitación asincrónica mediante aplicaciones móviles ha sido validada como una alternativa clínica viable. Un ensayo controlado aleatorizado de 2025 demostró que un programa de 4 semanas basado en una App para adultos mayores con sarcopenia logró mejoras en la fuerza de agarre y en las AVD comparables a la terapia presencial (Zhang, y otros, 2025). Esto valida científicamente el desarrollo de sistemas híbridos como solución para descentralizar la atención y asegurar la continuidad del tratamiento en el hogar.

2.5 Diseño centrado en el usuario y ergonomía aplicada

En el desarrollo de productos terapéuticos orientados a rehabilitación, el diseño centrado en el usuario constituye una estrategia metodológica para asegurar que el sistema responda a necesidades reales, capacidades funcionales y contextos de uso específicos. En términos normativos, el enfoque de diseño centrado en el ser humano promueve comprender a los

usuarios, sus tareas y entornos, iterar soluciones y evaluar con evidencia la calidad de la interacción, con el objetivo de mejorar efectividad, eficiencia, accesibilidad y satisfacción de uso (International Organization for Standardization, 2019).

Cuando el usuario final es una persona mayor, el proceso de diseño requiere incorporar el envejecimiento como condición heterogénea, donde coexisten variaciones en fuerza, destreza, rango articular, visión, atención, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento. Esta variabilidad impacta directamente en el desempeño funcional y en la forma en que se aprende, utiliza y mantiene una rutina terapéutica, especialmente en escenarios domiciliarios. En línea con el enfoque de envejecimiento saludable, se prioriza la funcionalidad y la capacidad de la persona para realizar actividades significativas, lo que refuerza la pertinencia de diseñar herramientas que favorezcan autonomía, adherencia y seguridad durante la rehabilitación (World Health Organization, 2024; World Health Organization, 2021).

2.5.1 Diseño inclusivo y diseño centrado en el adulto mayor

El diseño inclusivo busca que productos y servicios puedan ser utilizados por el rango más amplio posible de personas, considerando diversidad de capacidades, limitaciones y contextos. En el caso de población mayor, la inclusión no se limita a accesibilidad física, también se extiende a accesibilidad cognitiva y a barreras de interacción que pueden excluir a usuarios por complejidad, ambigüedad, baja legibilidad o secuencias de uso extensas. Un marco útil para abordar estas barreras se encuentra en lineamientos de accesibilidad cognitiva, que orientan el diseño de sistemas con menor carga mental, señales más claras, tolerancia a errores y consistencia en la interacción (International Organization for Standardization, 2020).

En salud digital y tecnologías de apoyo, la evidencia reciente enfatiza que la inclusión en población mayor se fortalece mediante enfoques participativos como co-diseño y pruebas iterativas con usuarios reales, porque permiten identificar barreras de adopción asociadas a

confianza, comprensión, motivación, accesibilidad y contexto socio técnico. Una revisión sistemática en herramientas de e salud con adultos mayores reporta que los procesos de co diseño se aplican para alinear funcionalidades, lenguaje, navegación y soporte con necesidades reales, evitando suposiciones del equipo técnico y reduciendo fallas de aceptabilidad en uso cotidiano (Cole et al., 2022).

De forma complementaria, revisiones recientes sobre directrices inclusivas para intervenciones digitales en adultos mayores señalan que la inclusión efectiva no se logra solo con ajustes visuales, también requiere decisiones de interacción que contemplen diversidad cognitiva, experiencia tecnológica previa, condiciones crónicas y apoyos disponibles. En este sentido, se proponen conjuntos de heurísticas inclusivas para guiar el diseño, desde la claridad de objetivos y retroalimentación hasta mecanismos de apoyo, recuperación ante errores y adaptación al ritmo del usuario (Denecke, Cvijic, & Petersen, 2025).

En aplicaciones móviles de apoyo terapéutico, una revisión sistemática reciente sintetiza barreras frecuentes en usuarios mayores, como tipografía poco legible, navegación compleja, interacción con objetivos táctiles pequeños y exceso de pasos para completar tareas, y recomienda estrategias de diseño acorde a la edad del usuario que reduzcan carga cognitiva, mejoren legibilidad y fortalezcan la orientación durante la ejecución de tareas (Denecke, Cvijic, & Petersen, 2025).

2.5.2 Ergonomía física y cognitiva en productos terapéuticos

La ergonomía aplicada a productos terapéuticos integra dimensiones físicas y cognitivas para optimizar el desempeño seguro, cómodo y comprensible durante ejercicios repetitivos. En rehabilitación de mano, la ergonomía física se relaciona con ajuste antropométrico, distribución de presiones, facilidad de colocación y retiro, compatibilidad con rangos articulares reducidos y minimización de posturas forzadas. Para órtesis y dispositivos de mano, revisiones recientes destacan la importancia de requisitos centrados en el usuario, incluyendo comodidad, facilidad

de uso, tolerancia a variaciones anatómicas, y compatibilidad con actividades funcionales, debido a que el uso sostenido depende tanto de beneficios terapéuticos como de la experiencia física del dispositivo durante el uso (Michalec, Schusser, Weidner, & Brandstötter, 2024).

En sistemas tipo guante de rehabilitación, estudios recientes reportan que el diseño debe balancear asistencia mecánica con portabilidad, ajuste y aceptabilidad de uso para sostener la adherencia en el hogar. Investigaciones aplicadas en guantes con componentes interactivos y lúdicos también señalan que la motivación y el compromiso pueden fortalecerse cuando el sistema reduce barreras de uso y hace explícito el objetivo de cada ejercicio, especialmente en programas repetitivos (Lee, Tan, Pham, Kawaja, & Theng, 2024).

La ergonomía cognitiva, por su parte, se enfoca en cómo el producto se entiende, se aprende y se ejecuta sin errores, considerando atención, memoria y carga mental. En contextos clínicos y de atención, revisiones en ergonomía cognitiva muestran que el diseño de tareas y sistemas puede reducir carga innecesaria y apoyar procesos mentales relevantes, lo que es extrapolable a productos terapéuticos que requieren seguimiento de pasos, retroalimentación y registro de progreso (Li-Wang, Townsley, & Katta, 2023).

Para operacionalizar criterios de accesibilidad cognitiva en productos y servicios, los lineamientos específicos recomiendan consistencia, claridad de señales, reducción de complejidad, prevención de errores y apoyo a la comprensión, aspectos clave cuando el usuario debe ejecutar rutinas terapéuticas sin supervisión constante (International Organization for Standardization, 2020).

2.5.3 Usabilidad, seguridad y experiencia de uso en rehabilitación

En rehabilitación, la usabilidad no solo se vincula con satisfacción, también se relaciona con seguridad, debido a que errores de uso pueden generar abandono del tratamiento, ejecución

incorrecta de ejercicios o riesgos por manipulación inadecuada. En el ámbito de dispositivos médicos, la ingeniería de usabilidad se formaliza mediante procesos orientados a identificar peligros relacionados con el uso, especificar requisitos de interfaz y evaluar el sistema con usuarios previstos, priorizando mitigación de riesgos asociados a uso correcto y errores de uso en condiciones normales (International Electrotechnical Commission, 2020; International Organization for Standardization, 2018).

En tecnologías de salud móvil dirigidas a población mayor, la evidencia indica que la usabilidad es un determinante de adopción y continuidad. Una revisión de alcance sobre evaluación de usabilidad de aplicaciones de salud para personas mayores describe que los métodos de evaluación deben adaptarse a barreras propias del envejecimiento, y destaca el uso combinado de pruebas con tareas, observación, entrevistas y escalas estandarizadas para capturar dificultades reales y percepciones del usuario (Wang et al., 2022).

En rehabilitación física mediada por tecnología, revisiones y estudios aplicados reportan que la evaluación debe contemplar no solo facilidad de uso, también experiencia global, comprensión de instrucciones, capacidad de completar tareas sin asistencia y percepción de utilidad clínica. Investigaciones en software y entornos inmersivos para rehabilitación de extremidad superior, evaluados desde la perspectiva de profesionales, muestran que identificar problemas de navegación, retroalimentación insuficiente o secuencias confusas permite mejoras concretas de diseño que impactan la aceptabilidad y el uso sostenido (Hong, Choi, & Kweon, 2025).

Respecto a instrumentos de medición, trabajos recientes en intervenciones móviles para rehabilitación y salud reportan el uso frecuente de escalas estandarizadas y métodos de análisis de tareas para cuantificar desempeño y problemas de interacción, y recomiendan seleccionar herramientas coherentes con la etapa de desarrollo y con el perfil del usuario, especialmente cuando existe variación en alfabetización digital (Hach, Alder, Stavric, Taylor, & Signal, 2024).

2.6 Materiales, antropometría y criterios técnicos básicos

En productos terapéuticos para rehabilitación de mano, los criterios técnicos básicos se sostienen en tres pilares complementarios. Antropometría para asegurar ajuste y compatibilidad con la variabilidad morfológica del usuario. Selección de materiales para equilibrar desempeño mecánico, confort sensorial y mantenimiento. Y criterios generales de seguridad y normativa para reducir riesgos asociados al uso repetido y al contacto con la piel en entornos clínicos y domiciliarios. Estos pilares permiten traducir necesidades funcionales en requisitos verificables para el diseño y la validación del producto.

2.6.1 Antropometría de la mano aplicada al diseño de productos

La antropometría de la mano aporta medidas base para definir dimensiones, holguras, zonas de contacto y rangos de ajuste. En diseño de productos para rehabilitación, es especialmente relevante porque pequeñas variaciones en ancho de palma, perímetros y longitudes digitales cambian la presión local, la estabilidad del dispositivo y la facilidad de colocación. Estudios recientes de antropometría manual reportan percentiles y valores normativos útiles para dimensionar productos y contemplar diferencias por sexo y variación poblacional, lo que facilita diseñar tallas o sistemas ajustables con criterios cuantificables (Rodríguez-Vega & Rodríguez-Vega, 2024).

En población mayor, además de dimensiones, conviene considerar indicadores relacionados con desempeño funcional, ya que el diseño debe apoyar el uso con menor fuerza y destreza. La evidencia en adultos mayores muestra asociaciones entre medidas corporales, fuerza de prensión y capacidad funcional, lo que refuerza que el diseño debe reducir esfuerzos de agarre y priorizar soluciones que se establezcan sin requerir fuerza sostenida (Borges da Silva, Bergamin, Tomczak, Dias, & Ribeiro da Silva, 2026).

En la Tabla 1 se puede observar las dimensiones más importantes al momento del desarrollo o diseño de elementos para las manos en base a las normas [ISO 7250-1:2017](#) (*Basic*

human body measurements for technological design - Part 1: Body measurement definitions and landmarks), [ISO 15535:2012](#) (*General requirements for establishing anthropometric databases*).

Tabla 1

Dimensiones antropométricas clave de la mano y antebrazo

N°	Descripción	Valor promedio	
		Adultos Mayores (cm)	Norma
1	Longitud total de la mano (muñeca a punta del dedo medio)	17.5 – 18.5	ISO 7250-1:2017
2	Ancho máximo de la mano (metacarpofalanges)	7.5 – 8.5	ISO 7250-1:2017
3	Longitud de palma (muñeca a base de los dedos)	9.5 – 10.5	ISO 7250-1:2017
4	Longitud de dedo pulgar	5.5 – 6.5	ISO 7250-1:2017
5	Longitud del dedo medio	7.5 – 8.5	ISO 7250-1:2017
6	Circunferencia de la muñeca	16 – 18	ISO 7250-1:2017
7	Longitud de antebrazo	24 - 26	ISO 15535:2012

Nota: Datos obtenidos de la literatura de fisioterapia y la norma **ISO 7250-1:2017**, complementados con estudios de movilidad funcional en adultos mayores (Van Beek et al., 2019).

En el contexto de productos biomédicos o de rehabilitación, la antropometría está complementada con normas de seguridad y desempeño. La norma ISO 22523:2006 ayuda a definir los requisitos generales y métodos de ensayos para órtesis y prótesis externas, asegurando su calidad, resistencia y comodidad que le brinda al usuario (International Organization for Standardization, 2006).

Criterios aplicables al diseño basados en antropometría

- Definir tallas con percentiles objetivo y un mecanismo de ajuste para cubrir variabilidad.
- Dimensionar zonas de agarre y correas para colocación con una sola mano.
- Controlar presiones mediante superficies de contacto amplias y bordes suaves.
- Evitar interferir con pliegues de flexión y zonas de alto movimiento en dedos y muñeca.

2.6.2 Materiales y características sensoriales para dispositivos terapéuticos

En dispositivos terapéuticos de mano, los materiales no solo cumplen una función estructural. También determinan la experiencia sensorial y la adherencia al uso. En ortesis y soportes, la literatura reciente describe que el desempeño del material influye en comodidad, ajuste, facilidad de fabricación y cumplimiento de requisitos funcionales, especialmente cuando se emplean termoplásticos y procesos de manufactura digital para personalización (Michalec, Schusser, Weidner, & Brandstötter, 2024).

Además, comparaciones recientes entre alternativas como ortesis impresas en 3D, termoplásticos y yesos o materiales de inmovilización reportan diferencias relevantes en comodidad, ventilación, peso y experiencia de uso, variables que impactan directamente la aceptación del usuario y la continuidad terapéutica (Domenighetti & Ozelie, 2024).

Criterios básicos para seleccionar materiales en rehabilitación de mano

- Confort sensorial: baja rugosidad, tacto agradable, mínima irritación y control de temperatura.
- Higiene: facilidad de limpieza, baja absorción de sudor y resistencia a olores

- Seguridad en contacto: compatibilidad con piel y uso prolongado en la zona de contacto.
- Desempeño mecánico: elasticidad o rigidez según el objetivo terapéutico y resistencia a fatiga.
- Peso y ventilación: minimizar carga y favorecer transpirabilidad para uso domiciliario.

2.6.3 Seguridad y consideraciones normativas generales

La seguridad en dispositivos terapéuticos de uso repetido se gestiona como un proceso de identificación de peligros, evaluación de riesgos y control de fallas previsibles. En el ámbito de dispositivos médicos, esta lógica se articula con la gestión de riesgos a lo largo del ciclo de vida, incluyendo riesgos por errores de uso, materiales en contacto con el cuerpo y condiciones reales de uso en casa. En investigación reciente sobre análisis de riesgos en dispositivos médicos se discuten alcances y límites de métodos como FMEA dentro del marco de gestión de riesgos alineado con estándares del sector, reforzando la necesidad de documentar riesgos, controles y verificación (Nolan & McDermott, 2025).

Cuando existe contacto con la piel, un criterio normativo transversal es la evaluación biológica y de biocompatibilidad del dispositivo en su forma final. La guía de la autoridad sanitaria de Estados Unidos sobre el uso del estándar internacional de evaluación biológica actualiza recomendaciones para planificar ensayos y justificar seguridad biológica en función del tipo y duración del contacto, dentro de un proceso de gestión de riesgos (U.S. Food and Drug Administration, 2023).

Para complementar, la versión vigente del estándar internacional de evaluación biológica para dispositivos establece el marco general y su alineación con gestión de riesgos, lo que resulta útil como referencia normativa de alto nivel para definir requisitos de seguridad por contacto con piel (International Organization for Standardization, 2025).

Criterios técnicos generales de seguridad aplicables al diseño

- Minimizar puntos de pellizco y bordes rígidos en zonas de flexión.
- Evitar presión localizada sostenida que comprometa confort o circulación.
- Definir límites de uso y mantenimiento para evitar degradación por limpieza y fatiga.
- Establecer advertencias e instrucciones claras para uso domiciliario.
- Planificar evaluación biológica y justificación de biocompatibilidad según contacto con piel.

2.7 Tecnología de apoyo y motivación en la rehabilitación manual

La rehabilitación manual requiere repetición, progresión y constancia para lograr cambios funcionales. En la práctica, la baja adherencia aparece cuando las rutinas se perciben como monótonas o difíciles de sostener en casa, especialmente en personas mayores. En este escenario, la tecnología de apoyo aporta tres ventajas de diseño relevantes. Permite aumentar intensidad de práctica fuera de consulta, ofrece retroalimentación para guiar el movimiento y genera datos de seguimiento para el terapeuta, favoreciendo ajustes oportunos del programa (Bok et al., 2023).

2.7.1 Tecnologías actuales aplicadas a la rehabilitación de la mano

Las tecnologías actuales para rehabilitación de mano incluyen dispositivos robóticos tipo guante y exoesqueleto, sensores para medir movimiento o fuerza, entornos virtuales y aplicaciones móviles para guiar ejercicios y monitorear el avance. En guantes robóticos blandos, la evidencia de revisión reporta que estos sistemas se utilizan para apoyar el desempeño de

actividades y entrenamientos repetitivos, con un énfasis frecuente en seguridad, portabilidad y alineación con la biomecánica de la mano (Proulx et al., 2020).

A nivel de implementación domiciliaria, existe evidencia de programas auto administrados apoyados por guantes robóticos que reportan mejoras funcionales en usuarios con condiciones neurológicas, lo que respalda el potencial de tecnologías portátiles como complemento del trabajo clínico (Osuagwu et al., 2020).

En paralelo, las aplicaciones y plataformas de telerehabilitación han mostrado beneficios cuando integran guía, retroalimentación y monitoreo. Un ensayo controlado con gran muestra en lesiones de mano y muñeca comparó un programa domiciliario tradicional frente a una aplicación con ejercicios guiados y seguimiento, reportando mejores resultados clínicos en el grupo con soporte digital, lo que refuerza el valor del feedback y la progresión estructurada en casa (Suero-Pineda et al., 2023).

2.7.2 Retroalimentación, motivación y gamificación en terapia

La retroalimentación guía la ejecución correcta y sostiene el aprendizaje motor cuando el usuario practica sin supervisión constante. En rehabilitación mediada por juegos serios, la evidencia sintetizada describe que los entornos lúdicos suelen incorporar objetivos claros, refuerzos inmediatos y métricas visibles de desempeño, lo que puede aumentar participación y compromiso en ejercicios repetitivos (Zhou, Dell, Calloway, Lin, & Shi, 2020).

En población mayor, la gamificación y las intervenciones a través del juego se asocian con mejoras en compromiso y disposición a participar, aunque la literatura también señala variabilidad metodológica y la necesidad de diseñar cuidadosamente los elementos del sistema para evitar frustración o abandono (Jonna & Malik, 2021).

Desde evidencia más reciente, una revisión sistemática sobre intervenciones móviles gamificadas en adultos mayores identificó incrementos en actividad física con componentes frecuentes como metas y recompensas, lo que sugiere que estructuras de progreso y refuerzo

pueden ser útiles para sostener la conducta terapéutica cuando se implementan de forma accesible (Chen, Jang, Li, Zong, & Yu, 2025).

De manera consistente, una revisión sistemática y metaanálisis en adultos mayores sobre videojuegos activos reportó potencial de mejora en disfrute y satisfacción, variables relacionadas con la adherencia, aunque con certeza de evidencia limitada, por lo que se recomienda evaluar aceptabilidad y seguridad en contextos reales de uso (Park, Choi, & Lee, 2025).

2.7.3 Limitaciones y oportunidades desde el diseño de productos

Desde diseño de productos, las limitaciones más frecuentes en tecnologías de rehabilitación manual se concentran en barreras de adopción, continuidad y contexto real de uso. En sistemas de exoesqueleto de mano, estudios de requisitos de usuario y métodos de involucramiento destacan desafíos recurrentes como peso, volumen, complejidad para colocación y ajustes, además de incompatibilidades con actividades cotidianas, factores que reducen uso sostenido fuera del laboratorio o la clínica (Süner-Pla-Cerdà, Şahin, & Arıkan, 2024).

En entornos domiciliarios, también se observa una tensión entre precisión técnica y simplicidad de uso. La oportunidad de diseño consiste en priorizar soluciones que reduzcan carga física y cognitiva, integren orientación clara y ofrezcan progresión visible sin aumentar fricción de interacción. Para lograrlo, se proponen criterios aplicables al sistema guante más app:

Criterios de oportunidad para el diseño

- Colocación y retiro simplificados, con tolerancia a baja destreza y fuerza limitada, para reducir dependencia de terceros (Süner-Pla-Cerdà et al., 2024).
- Retroalimentación breve y comprensible por ejercicio, enfocada en ejecución y progreso, para apoyar práctica autónoma (Suero-Pineda et al., 2023).

- Gamificación de baja complejidad basada en metas claras, progreso acumulativo y recompensas moderadas, para sostener motivación sin saturar al usuario (Koivisto & Malik, 2021).
- Personalización de dificultad y ritmo según desempeño, para evitar frustración y favorecer adherencia a largo plazo (Koutsiana et al., 2020).
- Diseño de uso en casa con seguridad y seguimiento remoto opcional, para complementar el control clínico y reducir abandonos por falta de acompañamiento (Bok et al., 2023).

2.8 Contexto social y marco institucional (Ecuador)

El diseño de soluciones terapéuticas para rehabilitación manual en Ecuador se inserta en un escenario de envejecimiento poblacional acelerado y aumento de necesidades asociadas a funcionalidad. A nivel nacional, los datos oficiales del Censo 2022 reportan 1.520.590 personas de 65 años y más, equivalentes al 9 por ciento de la población, con mayor proporción de mujeres (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2023; Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2024). Esto implica una mayor demanda de servicios y herramientas que sostengan la autonomía en actividades cotidianas, especialmente en un contexto donde el mantenimiento de la capacidad funcional es un objetivo prioritario de salud pública (Ministerio de Salud Pública, 2022).

2.8.1 Envejecimiento poblacional y necesidades de rehabilitación

Las proyecciones demográficas oficiales evidencian una transición hacia una estructura poblacional con mayor peso relativo de personas mayores. En Ecuador, el INEC reporta que hacia 2050 se proyecta un aumento sustantivo de la población de 60 años y más y un cambio marcado en la relación entre personas mayores y población infantil, lo que anticipa mayores

necesidades de cuidado, prevención de discapacidad y rehabilitación en el sistema de salud (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2024).

En este contexto, la rehabilitación adquiere relevancia como respuesta a la mayor probabilidad de limitaciones funcionales asociadas al curso de vida y a condiciones crónicas que afectan la participación y el desempeño en actividades cotidianas. El Plan Decenal de Salud 2022 a 2031 plantea lineamientos orientados al fortalecimiento de la respuesta del sistema ante necesidades de la población a lo largo del curso de vida y al abordaje de la funcionalidad, lo cual fundamenta la pertinencia de soluciones terapéuticas seguras y sostenibles para uso continuo, incluyendo escenarios domiciliarios (Ministerio de Salud Pública, 2022).

2.8.2 Políticas públicas y acceso a servicios de fisioterapia

En Ecuador, el acceso a servicios de salud para personas mayores se sustenta en un marco de derechos que establece atención prioritaria y especializada, y orienta a las instituciones públicas a garantizar prestaciones integrales acordes a las necesidades de esta población, incluyendo acciones de prevención, tratamiento y rehabilitación (Asamblea Nacional del Ecuador, 2019). Este enfoque se complementa con disposiciones reglamentarias que buscan operativizar la protección integral y la corresponsabilidad institucional para la garantía de derechos de las personas adultas mayores (Consejo Nacional para la Igualdad Intergeneracional, 2020).

Desde la política sanitaria, el Plan Decenal de Salud 2022 a 2031 plantea lineamientos de fortalecimiento del Sistema Nacional de Salud y la articulación de servicios, lo que es pertinente para la continuidad terapéutica, especialmente cuando la rehabilitación requiere seguimiento, frecuencia y coordinación entre niveles de atención (Ministerio de Salud Pública, 2022). En la oferta pública, el Ministerio de Salud Pública cuenta con Centros Especializados en Rehabilitación Integral, cuya misión se orienta a planificar y coordinar atención especializada y cuidados, articulados con los niveles de atención del sistema, lo que constituye una referencia

institucional directa para el acceso a rehabilitación en el país (Ministerio de Salud Pública, 2022). A nivel territorial, existen establecimientos específicos como el Centro Especializado en Rehabilitación Integral número 2 en Guayaquil que reporta cartera de servicios vinculada a rehabilitación y terapias, lo que evidencia la existencia de oferta especializada en determinadas zonas urbanas (Ministerio de Salud Pública, s.f.).

En el sistema de seguridad social, el IESS también reporta provisión de servicios de rehabilitación y terapia física en unidades hospitalarias, lo que muestra que el acceso puede darse por distintas rutas institucionales según afiliación y derivación clínica (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2020).

Adicionalmente, el IESS ha documentado modalidades de fisioterapia con seguimiento remoto y uso de videollamadas y material audiovisual, lo que resulta relevante para la continuidad en casa y para propuestas de diseño que integren guía y acompañamiento fuera del centro de atención (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2020).

En términos de implicación para el diseño de productos terapéuticos, este marco institucional sugiere que las soluciones con mejor ajuste al contexto ecuatoriano son aquellas que complementan la terapia presencial con apoyo domiciliario, facilitan el seguimiento, y reducen barreras de continuidad vinculadas a desplazamiento, disponibilidad de citas o necesidad de acompañamiento constante. Esto es consistente con la orientación institucional hacia servicios articulados y con iniciativas que han utilizado formatos remotos para mantener la rehabilitación cuando el acceso presencial se ve limitado (Ministerio de Salud Pública, 2022).

2.8.3 Marco normativo y programas relacionados con el adulto mayor

En Ecuador, el envejecimiento de la población ha impulsado el desarrollo de un marco jurídico orientado a garantizar la protección integral y la participación activa de las personas adultas mayores. La Constitución de la República del Ecuador (2008) reconoce a este grupo

como sujeto de atención prioritaria, estableciendo la obligación del Estado de asegurar su inclusión social, el acceso a la salud, la jubilación universal y la protección frente a la discriminación y la dependencia.

En el ámbito específico, la Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores (Asamblea Nacional del Ecuador, 2019), constituye el principal instrumento legal que regula la garantía de derechos para quienes superan los 65 años. Esta norma promueve la autonomía, la atención integral y la participación comunitaria de las personas mayores, y dispone la creación del Sistema Nacional Especializado de Protección Integral de los Derechos de las Personas Adultas Mayores, encargado de coordinar acciones entre instituciones públicas y privadas.

De manera complementaria, el Reglamento para la aplicación de la Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores (Consejo Nacional para la Igualdad Intergeneracional, 2010), disposiciones para el acceso a servicios de salud especializados, rehabilitación física y atención gerontológica. Por su parte, la Ley Orgánica de Discapacidades (2012) incluye medidas específicas para garantizar la accesibilidad, la rehabilitación y la equiparación de oportunidades para personas con discapacidad motriz, lo cual se relaciona directamente con las condiciones derivadas del envejecimiento.

Asimismo, programas públicos como “Mis Mejores Años”, implementado por el Ministerio de Inclusión Económica y Social (Ministerio de Desarrollo Humano, 2025), brindan acompañamiento integral y transferencias monetarias a personas mayores en situación de vulnerabilidad. Estas políticas reflejan el esfuerzo estatal por promover el envejecimiento activo y la autonomía funcional, principios que se alinean con el propósito de desarrollar herramientas de fisioterapia que fortalezcan la movilidad manual y la independencia física de este grupo poblacional.

2.8.4 Actores institucionales y redes de atención

La atención a las personas adultas mayores en Ecuador se sostiene sobre una red institucional que articula diversos niveles del Estado y organizaciones sociales. En el plano nacional, el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) lidera la formulación de políticas públicas para este grupo poblacional, ejecutando programas de acompañamiento, atención domiciliaria y fortalecimiento comunitario. Paralelamente, el Ministerio de Salud Pública (Álvaraz Yánez, Pazmiño Figueroa, Villalobos, & Villacís, 2010) desarrolla estrategias de prevención, atención médica integral y servicios de fisioterapia en centros de salud y unidades gerontológicas.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) también cumplen un papel fundamental al implementar políticas locales que promueven la participación social y el acceso a servicios adaptados a las necesidades de las personas mayores. Ejemplos de ello son los centros de día y programas municipales de recreación y cuidado, como los desarrollados por el Municipio de Quito y otras ciudades del país (Unidad Patronato Municipal San José, 2025).

El trabajo articulado entre instituciones públicas, privadas y comunitarias resulta esencial para fortalecer la atención integral de las personas mayores y garantizar su bienestar. En este contexto, el desarrollo de tecnologías y herramientas terapéuticas que favorezcan la movilidad y la autonomía funcional puede representar un aporte significativo a las políticas nacionales de envejecimiento activo.

Capítulo 3

3. METODOLOGÍA

3.1 Design Thinking

Para el desarrollo de este proyecto se empleó la metodología Design Thinking, la cual ofreció un proceso estructurado que facilitó comprender en profundidad las necesidades y limitaciones del público objetivo, permitiendo orientar el diseño hacia soluciones útiles y contextualizadas. Esta metodología contiene seis etapas que permitieron detectar los desafíos, explorar oportunidades y validar las ideas, asegurando que la propuesta final generará un impacto positivo y responderá de manera efectiva a los problemas identificados.

3.2 Etapas del Design Thinking

3.2.1 Investigar

Se recolectó información contextual y teórica que permitió comprender el problema desde un marco amplio. El propósito fue construir un panorama que sirviera como base para empatizar con los usuarios y delimitar correctamente la problemática.

Este proceso se llevó a cabo mediante la revisión de literatura científica relacionada con los temas principales como el envejecimiento, funciones de la mano, pérdida de movilidad, fisioterapia, entre otros. Por otro lado, se analizaron estudios previos que aplicaron la ergonomía y el diseño adaptado a los adultos mayores. Como último se exploraron los métodos, materiales y mecanismos utilizados actualmente en fisioterapia, los cuales sirvieron como referencia para el proyecto desarrollado, permitiendo identificar tendencias en productos de apoyo y refuerzo de la movilidad articular de la mano.

3.2.2 *Empatizar*

En la etapa de empatizar se buscó comprender de manera profunda a los actores involucrados en la problemática, identificando sus necesidades, limitaciones, frustraciones y expectativas dentro de su contexto real. Esta fase permitió construir una base sólida de información cualitativa que orientó el desarrollo del proyecto desde una perspectiva centrada en el usuario, priorizando la experiencia humana sobre supuestos teóricos.

Para la recolección de información se emplearon entrevistas semiestructuradas, dirigidas tanto a expertos como a usuarios potenciales. Los participantes fueron seleccionados en función de su conocimiento técnico o de su experiencia directa con la problemática de la movilidad manual, lo que permitió obtener una visión integral del fenómeno desde dimensiones físicas, funcionales y emocionales.

En este estudio se consideraron tres perfiles de expertos: fisioterapeutas, profesionales en rehabilitación física en adultos mayores y cuidadores de adultos mayores. Estas entrevistas tuvieron como objetivo comprender los métodos utilizados para el diagnóstico y tratamiento, las herramientas empleadas en los procesos de rehabilitación, así como las dificultades y oportunidades identificadas desde una perspectiva física y emocional.

3.2.2.1 Preguntas de entrevistas

Se formularon preguntas para cada perfil de experto, orientadas a comprender el abordaje clínico y terapéutico de la movilidad manual, así como las limitaciones existentes.

Para expertos en terapia ocupacional en adultos mayores:

1. ¿Qué tipo de discapacidades atiende con mayor frecuencia en su práctica con adultos mayores?

2. Desde su experiencia, ¿qué factores considera más determinantes para que un adulto mayor se mantenga motivado y participe activamente en la terapia?
3. ¿Qué estrategias utiliza para adaptar las actividades a las capacidades y necesidades de cada paciente?
4. ¿De qué manera logra que las actividades resulten significativas o agradables para los adultos mayores?
5. ¿Qué papel desempeñan la familia o los cuidadores en el proceso terapéutico y en la adherencia del paciente?
6. ¿Cómo maneja los casos en los que el paciente muestra desinterés o dificultad para seguir las indicaciones durante las sesiones?
7. ¿Qué tipo de actividades o dinámicas generan una mejor respuesta emocional o de compromiso por parte de los adultos mayores?
8. ¿Qué barreras observa con mayor frecuencia que limiten la continuidad del tratamiento, ya sean físicas, cognitivas o emocionales?
9. ¿Cómo evalúa la evolución o el progreso motivacional de sus pacientes a lo largo del tratamiento?
10. Desde su perspectiva, ¿qué aspectos deberían fortalecerse en los programas o espacios de terapia ocupacional para mejorar la motivación y bienestar de los adultos mayores?

Para expertos en terapia física y rehabilitación de extremidades superiores:

1. ¿Podría contarme brevemente en qué consiste su trabajo como terapeuta físico u ocupacional y en qué áreas se especializa?
2. ¿Con qué tipo de pacientes trabaja con mayor frecuencia y cuáles son los objetivos principales de su intervención terapéutica?

3. ¿Qué tipo de lesiones o condiciones de la mano trata con mayor frecuencia en su práctica profesional?
4. ¿Cómo se estructura normalmente un plan de tratamiento o rehabilitación de la mano?
5. ¿Qué tipo de ejercicios, técnicas o métodos considera más efectivos para recuperar movilidad, fuerza y destreza en la mano?
6. ¿Qué herramientas, dispositivos o materiales suele utilizar en las sesiones y con qué propósito terapéutico?
7. ¿Qué criterios o indicadores utiliza para evaluar el progreso del paciente a lo largo del tratamiento?
8. ¿Cómo maneja la motivación y participación del paciente durante el proceso de rehabilitación?
9. ¿Qué dificultades o limitaciones encuentra con mayor frecuencia en el proceso de recuperación de la mano?
10. ¿De qué manera adapta las actividades o herramientas a las necesidades específicas de cada paciente (edad, tipo de lesión, nivel funcional)?
11. Desde su experiencia, ¿qué características debería tener un dispositivo o recurso terapéutico para ser realmente funcional y útil en la rehabilitación de la mano?
12. ¿Qué aspectos del proceso terapéutico o de los recursos disponibles considera que podrían mejorarse para optimizar los resultados en la rehabilitación manual?

Para expertos en fisioterapia:

1. ¿Podría contarme sobre su experiencia profesional como fisioterapeuta y los tipos de pacientes con los que trabaja con mayor frecuencia?
2. En su práctica, ¿qué tipos de lesiones o condiciones suelen afectar más la movilidad articular en las extremidades, tanto superiores como inferiores?

3. Cuando se trata de la rehabilitación del movimiento, ¿cuáles son los principios o etapas que considera más importantes en cualquier proceso terapéutico?
4. En el caso específico de las extremidades superiores, ¿qué diferencia suele encontrar entre la rehabilitación del hombro, el codo, la muñeca y los dedos?
5. Centrándonos en la muñeca y los dedos, ¿qué movimientos o ejercicios suelen ser clave para recuperar la extensión y la movilidad funcional?
6. ¿Con qué frecuencia recomienda que se realicen estos ejercicios, y cómo suele variar según la condición o edad del paciente?
7. ¿Qué tipo de materiales, herramientas o elementos de apoyo utiliza para trabajar la movilidad fina y la fuerza de la mano?
8. ¿Cuáles son los principales retos o dificultades que enfrentan los pacientes al realizar ejercicios de muñeca y dedos, especialmente en la extensión?
9. Desde su experiencia, ¿qué características debería tener una herramienta terapéutica para que facilite el trabajo con pacientes y estimule su progreso?
10. Finalmente, ¿qué aspectos considera fundamentales para que un dispositivo de apoyo terapéutico logre mantener la motivación y la adherencia del paciente durante el proceso de rehabilitación?

3.2.3 Definir

En esta etapa se integraron los resultados obtenidos en las dos fases anteriores, consolidando la fase de análisis e interpretación. Los hallazgos derivados de la investigación primaria y secundaria fueron organizados, clasificados y categorizados, lo que permitió identificar de manera clara los principales puntos de dolor, las barreras existentes y las oportunidades de intervención a través del diseño.

A partir de este análisis fue posible definir el perfil del usuario de la solución, así como las condiciones de uso del sistema propuesto. Asimismo, se estableció una estrategia de diseño orientada a articular la evidencia obtenida desde la experiencia del usuario con factores funcionales y tendencias relevantes, permitiendo el desarrollo de una solución coherente y pertinente para el contexto planteado.

3.2.4 *Idear*

En esta etapa se utilizó la creatividad a partir de los hallazgos y criterios establecidos previamente. Se generaron alternativas de solución mediante métodos de creación de ideas, con el fin de obtener opciones viables.

Se aplicó la técnica de lluvia de ideas basada en los criterios de diseño definidos, lo que permitió direccionar la solución sin perder el enfoque del proyecto, considerando aspectos de funcionalidad y estética. Las ideas generadas fueron analizadas mediante la comparación con soluciones existentes, evaluando su funcionalidad y su potencial innovador dentro del campo de intervención, en este caso, el de las herramientas de fisioterapia.

A partir de las ideas identificadas se realizaron bocetos y esquemas que permitieron visualizar de manera más clara las opciones propuestas, definiendo la forma y los posibles materiales a utilizar, tomando en cuenta al usuario principal y su comodidad.

El objetivo de la etapa de ideación fue explorar diversas posibilidades y seleccionar aquellas propuestas que respondieran de mejor manera a la problemática planteada y se adaptaran a las necesidades de los usuarios.

3.2.5 Prototipar

En esta etapa, las ideas seleccionadas se materializaron mediante modelos funcionales preliminares. El desarrollo de prototipos de baja y media fidelidad, permitieron evaluar tanto la funcionalidad como la estética de la propuesta, con un énfasis en criterios de ergonomía y antropometría orientados a beneficiar a los adultos mayores.

A través de estos prototipos fue posible probar los mecanismos propuestos, la resistencia de los materiales, las dimensiones del sistema y la interacción del usuario con el producto. Asimismo, en el componente tecnológico se evaluó la facilidad de uso de la interfaz y la claridad de los pasos requeridos para su correcta utilización.

La etapa de prototipado permitió validar hipótesis de diseño, identificar oportunidades de mejora y refinar el concepto antes de avanzar a la fase de validación o testeo.

3.2.6 Validar

En esta etapa se evaluó el desempeño del prototipo con usuarios reales pertenecientes a la población objetivo, mediante pruebas de usabilidad centradas en la comodidad de uso, la manipulación del dispositivo y el rango de movimiento alcanzado. De manera paralela, se registró la experiencia del usuario, incluyendo comentarios, percepciones y dificultades identificadas durante la interacción con el prototipo.

La validación se aplicó tanto al concepto general como a los prototipos desarrollados a lo largo del proyecto, con el propósito de verificar si la solución respondió de manera efectiva a las necesidades previamente identificadas y si aportó mejoras perceptibles en la experiencia y funcionalidad para el usuario final.

La metodología aplicada permitió estructurar de manera ordenada y coherente el desarrollo del proyecto, facilitando la toma de decisiones fundamentadas a lo largo del proceso de diseño. La aplicación de las distintas etapas posibilitó una comprensión profunda del usuario y del contexto, así como la traducción de los hallazgos en criterios de diseño claros y verificables.

Asimismo, el enfoque metodológico empleado aseguró que la solución desarrollada respondiera a las necesidades identificadas y pudiera ser evaluada de forma progresiva, garantizando coherencia entre la investigación, el diseño y la validación del prototipo. De este modo, la sección metodológica estableció una base sólida para la interpretación de los resultados y el desarrollo de las conclusiones del proyecto.

Capítulo 4

4. INVESTIGACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Introducción

Este capítulo presenta los resultados derivados de la aplicación de la metodología Design Thinking en el desarrollo del proyecto de diseño. La metodología se emplea como un marco para analizar la problemática relacionada con la pérdida de movilidad manual en adultos mayores y para transformar dicha información en criterios que orienten la generación de ideas y el desarrollo de la propuesta de diseño.

Durante el proceso se recogió información cualitativa y cuantitativa que permitió identificar limitaciones funcionales, patrones de uso y necesidades asociadas al desempeño manual en actividades cotidianas. El análisis de estos resultados permitió comprender cómo la disminución de fuerza, estabilidad y coordinación en las manos afecta la autonomía del adulto mayor, estableciendo una base objetiva para la formulación del problema de diseño y la construcción del concepto del producto.

La interpretación de los datos se realizó integrando principios del diseño de productos y la ergonomía, con énfasis en la adecuación del objeto a las capacidades físicas del usuario y a su contexto de uso. De esta manera, los resultados expuestos en el capítulo fundamentan las decisiones conceptuales, funcionales y formales del diseño, orientadas a favorecer el control manual, la estabilidad de la muñeca y la realización de ejercicios funcionales de forma segura.

En cuanto al tratamiento de la información obtenida, los datos se presentan de manera agregada y sin referencias personales, garantizando la confidencialidad de los participantes. Asimismo, se incorporan tablas y representaciones gráficas que facilitan

la lectura de los resultados y permiten identificar con claridad los aspectos más relevantes del proceso de diseño desarrollado.

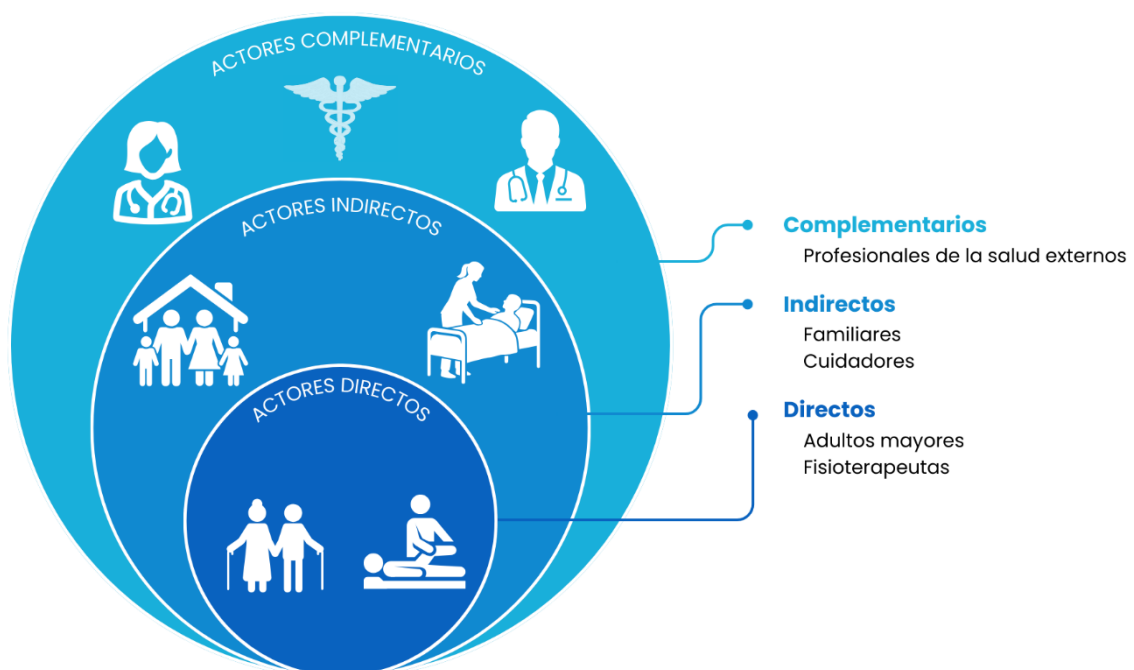
4.2 Comprensión del usuario y del problema

4.2.1 Actores involucrados y contexto de uso

El sistema propuesto se desarrolla en torno a un enfoque de rehabilitación funcional que integra un producto físico y una aplicación digital, por lo que en su uso intervienen distintos actores con roles diferenciados, detallado en el mapa de actores mostrado en la Figura 4. Entre los actores directos se encuentran el adulto mayor con disminución de la movilidad manual, quien utiliza el guante como herramienta de apoyo para la realización de ejercicios funcionales, y el fisioterapeuta, responsable de la evaluación inicial, el registro del paciente y la definición de las rutinas terapéuticas a través de la aplicación móvil.

Figura 4

Mapa de actores considerado para sistema de fisioterapia Handex.



El adulto mayor interactúa principalmente con el sistema en el entorno doméstico, donde realiza las rutinas de ejercicio de manera guiada y registra su progreso mediante la aplicación. Este contexto de uso busca favorecer la comodidad, la motivación y la continuidad del tratamiento, elementos clave para la adherencia a procesos de rehabilitación en esta etapa de la vida. El fisioterapeuta, por su parte, utiliza la aplicación en el contexto de la consulta para establecer parámetros de trabajo, realizar seguimiento y ajustar las rutinas de acuerdo con la evolución del usuario.

Como actores indirectos se identifican los familiares y cuidadores, quienes pueden acompañar al adulto mayor durante la realización de los ejercicios en el hogar, brindando apoyo y supervisión cuando sea necesario. Asimismo, se consideran actores complementarios a profesionales de la salud de otras especialidades, cuyos tratamientos pueden complementar el proceso de recuperación y aportar información relevante para la toma de decisiones terapéuticas.

En cuanto a la caracterización general del usuario, el sistema está orientado a adultos mayores de 65 años que presentan dificultades en la movilidad manual y cuentan con acceso a servicios de fisioterapia y a un dispositivo móvil compatible con la aplicación. Estas condiciones sitúan al usuario dentro de un contexto socioeconómico medio–alto, lo cual influye tanto en la viabilidad de uso del sistema como en los recursos tecnológicos disponibles para su implementación.

4.2.2 Dificultades funcionales y necesidades identificadas

Durante la etapa de empatía se identificó que una de las principales dificultades presentes en los adultos mayores es la pérdida progresiva de fuerza y coordinación manual, lo cual repercute directamente en la ejecución de actividades cotidianas.

Acciones como sostener objetos, manipular elementos pequeños, abrir envases o mantener un agarre estable requieren un mayor esfuerzo, generan inseguridad y, en muchos casos, conducen a la evitación de estas tareas.

La disminución de la coordinación entre dedos y muñeca se manifiesta también en movimientos menos precisos y en una menor capacidad para controlar la fuerza aplicada, lo que incrementa el riesgo de que los objetos se deslicen o caigan. Estas limitaciones no solo afectan el desempeño funcional, sino que inciden en la percepción de autonomía del adulto mayor, al dificultar la realización independiente de actividades básicas del día a día.

Adicionalmente, la investigación permitió identificar que estas dificultades suelen estar asociadas a lesiones y afecciones frecuentes en la tercera edad, tales como rigidez articular, desgaste de las articulaciones de los dedos y disminución de la estabilidad de la muñeca. Estas condiciones refuerzan la necesidad de contar con soluciones que faciliten el movimiento guiado, reduzcan la exigencia física y promuevan el uso seguro de la mano durante ejercicios funcionales.

A partir de estos hallazgos se evidenció la necesidad de un sistema que contribuya a mejorar la fuerza, la coordinación y la estabilidad manual, permitiendo al adulto mayor ejercitar las manos de manera controlada y adaptada a sus capacidades. Estas necesidades funcionales constituyen un insumo clave para la definición del problema de diseño y orientan el desarrollo de una propuesta enfocada en apoyar la realización de actividades cotidianas y el proceso de rehabilitación en el entorno doméstico.

4.3 Definición del problema de diseño

Los resultados obtenidos en la etapa de empatía evidencian que la disminución de la movilidad manual en adultos mayores se manifiesta principalmente a través de la pérdida de fuerza y coordinación, afectando de manera directa la realización autónoma de actividades cotidianas. Estas limitaciones se ven reforzadas por afecciones frecuentes en la tercera edad, como la rigidez articular de los dedos y la inestabilidad de la muñeca, lo que incrementa la dificultad para ejecutar movimientos precisos y controlados.

El análisis de estos hallazgos permitió identificar que, si bien los adultos mayores pueden acceder a procesos de fisioterapia, la continuidad del tratamiento fuera del entorno clínico representa un desafío. En el contexto doméstico, los ejercicios suelen realizarse sin supervisión directa, lo que puede generar inseguridad, desmotivación o una ejecución incorrecta de los movimientos, disminuyendo la efectividad del proceso de rehabilitación. Esta situación evidencia una brecha entre la evaluación y planificación terapéutica realizada por el fisioterapeuta y la práctica diaria que el adulto mayor debe llevar a cabo en su hogar.

A partir de esta síntesis, el problema de diseño se define como la ausencia de un sistema que facilite y guíe el ejercicio funcional de las manos en adultos mayores, permitiendo mejorar la fuerza, la coordinación y la estabilidad manual durante la realización de actividades cotidianas, de manera segura y adaptable al entorno doméstico. Esta carencia limita la autonomía del usuario y dificulta la adherencia a rutinas de rehabilitación orientadas a la mejora de la movilidad manual.

Durante el proceso de análisis, la necesidad inicial de “ejercitar la mano” fue redefinida, ampliando su alcance hacia la integración de un sistema que combine soporte físico y acompañamiento digital, capaz de adaptarse a las capacidades del usuario y de articular el seguimiento profesional con el uso independiente en casa. De

este modo, la necesidad de diseño no se limita únicamente al fortalecimiento muscular, sino que incorpora aspectos de estabilidad, control del movimiento, guía en la ejecución de ejercicios y registro del progreso, elementos clave para una rehabilitación funcional efectiva en la tercera edad.

Esta definición del problema y la redefinición de la necesidad constituyen la base conceptual para la etapa de ideación, orientando la generación de propuestas de diseño que respondan de manera coherente a los hallazgos obtenidos y a las condiciones reales de uso del sistema.

4.4 Hallazgos clave para el diseño

Los hallazgos obtenidos a lo largo de las etapas de empatía y definición constituyen la base para la toma de decisiones en el desarrollo del producto. Estos resultados permiten establecer criterios claros que orientan el diseño del sistema, asegurando que la propuesta responda a las necesidades reales del usuario y a las condiciones de uso identificadas. Para su análisis, los hallazgos se organizan en tres categorías principales: funcionales, ergonómicos y relacionados con el uso y la experiencia del usuario.

Tabla 2

Insights principales como resultado de la investigación realizada.

	Insights	Aplicación
Hallazgos Funcionales	Mejoras funcionales en tareas cotidianas.	Comparar mejoras en relación a actividades cotidianas.
	Los tratamientos generan mejores resultados si existe constancia.	Integración de recordatorios, metas y mensajes de refuerzo.
	La terapia se debe adaptar a la condición de cada paciente.	Ajustes a la rutina para cada paciente, supervisado por un profesional.
	Retroalimentación clara y útil para paciente y fisioterapeuta.	Comunicación constante entre paciente y fisioterapeuta para seguimiento del tratamiento.
	Variación en tamaño y movilidad de las manos de cada paciente.	Sistema de talla y ajustes para adaptarse a las manos del paciente.
Hallazgos ergonómicos	Los dispositivos deben ser seguros y cómodos.	Materiales suaves, transpirables de fácil limpieza.
	Colocación simple considerando la limitación manual del paciente.	Aperturas amplias, cierres fáciles.
Hallazgos de uso y experiencia	Resistencia dosificable para evitar fatiga.	Niveles progresivos configurables.
	Interfaces claras y predecibles aptas para personas mayores.	Tipografías grandes, botones amplios, pocos pasos de acción.

La motivación aumenta cuando el progreso es visible y significativo.

Visualización simple del progreso, metas pequeñas y feedback inmediato después de cada ejercicio.

Recordatorios adaptables al contexto sin saturar al usuario.

Configuración de horarios realizada por los usuarios.

Nota. Datos obtenidos como resultado de investigación para este proyecto.

Hallazgos funcionales

Los hallazgos funcionales se sustentan en que la rehabilitación manual en adultos mayores cobra valor cuando se traduce en mejoras observables en actividades cotidianas y, por tanto, en mayor autonomía. En este sentido, la solución debe estructurar un proceso terapéutico medible y comprensible, donde el progreso no se limite al número de ejercicios, sino a avances funcionales relevantes para el usuario. Dado que el uso se plantea en el hogar, la adherencia se identifica como una variable crítica; por ello, se justifican mecanismos de seguimiento, retroalimentación y ajuste de rutinas según evaluación clínica, incorporando además criterios de seguridad para prevenir sobrecarga y favorecer un uso sostenido.

Hallazgos ergonómicos

Los hallazgos ergonómicos se justifican porque el guante es la interfaz física principal del sistema y condiciona directamente la aceptación y continuidad de uso. La variabilidad antropométrica y las limitaciones motoras propias del envejecimiento aumentan el riesgo de mal ajuste, incomodidad o interferencias con la movilidad residual, lo que puede derivar en abandono temprano. Por ello, la investigación respalda decisiones orientadas a ajuste adaptable, colocación sencilla, control de volumen/rigidez

y selección de materiales que reduzcan fricción y acumulación de calor. Asimismo, se considera necesario dosificar la asistencia o resistencia según el nivel funcional, priorizando confort y seguridad en uso repetido.

Hallazgos de uso y experiencia

Los hallazgos de uso y experiencia se fundamentan en que la app debe facilitar la terapia y no añadir complejidad, especialmente en población adulta mayor con diferentes niveles de alfabetización digital. En consecuencia, se justifica una interfaz clara, legible y predecible, con pasos mínimos para acceder a la rutina, ejecutar ejercicios y registrar avances. Además, la motivación influye directamente en la constancia del tratamiento, por lo que se respaldan estrategias de retroalimentación y visualización del progreso, y recursos de gamificación alineados a objetivos terapéuticos. Finalmente, los recordatorios configurables y las opciones de apoyo para cuidadores, cuando apliquen, contribuyen a la continuidad sin comprometer la autonomía del usuario.

Los insights obtenidos orientan el diseño al evidenciar tres necesidades centrales: en lo funcional, la rehabilitación debe vincularse con mejoras apreciables en actividades cotidianas, por lo que se priorizan criterios que permitan seguimiento del avance y ajustes progresivos para sostener la adherencia y la seguridad; en lo ergonómico, la variabilidad de tallas y las limitaciones motoras propias de la edad exigen considerar adaptabilidad, comodidad y facilidad de manipulación para evitar incomodidad y abandono; y en uso y experiencia, se confirma que la interacción debe ser simple y clara para no aumentar la carga cognitiva, incorporando recursos de retroalimentación y motivación que favorezcan la constancia. En conjunto, estos

hallazgos delimitan qué aspectos deben convertirse en criterios de diseño para que la propuesta sea viable, segura y aceptada en el uso repetido.

4.5 Ideación y desarrollo de la propuesta

4.5.1 Generación de alternativas conceptuales

Con el fin de comprender el rango de posibilidades del proyecto antes de definir una dirección de desarrollo, se exploraron y contrastaron distintas alternativas conceptuales tanto para el componente físico (guante/herramienta de rehabilitación) como para la aplicación digital. Esta etapa permitió visualizar cómo podría operar el sistema en escenarios reales de uso y qué configuraciones de producto–servicio resultaban más coherentes con el objetivo de rehabilitación manual. En este sentido, se estructuró una visión general de la arquitectura del sistema actores, componentes y relaciones, como base para discutir las alternativas planteadas (Figura 5).

Figura 5

Esquema conceptual de la arquitectura del sistema de rehabilitación.



4.5.1.1 Alternativas conceptuales del componente físico

- **Estructura mayoritariamente rígida tipo órtesis con resistencia integrada**

Se planteó un prototipo con rigidez predominante y mínimos elementos de ajuste, enfocado en asistir el entrenamiento de falanges mediante un accesorio que aportara resistencia. La intención fue aproximarse a una solución tipo órtesis funcional, donde la estructura guiara el movimiento y el componente de resistencia reforzara el ejercicio.

- **Adaptación individual mediante termoformado**

Se consideró un sistema físico fabricado con técnicas de termoformado, con el objetivo de lograr un ajuste más directo a la mano de cada paciente. Esta alternativa se orientó a la personalización desde la fabricación, buscando que el propio proceso de conformado permitiera adaptar la geometría al usuario.

- **Personalización avanzada mediante escaneo de mano y adaptación de modelo 3D**

Otra línea conceptual propuso mantener un “modelo base” estandarizado y ajustarlo a partir del escaneo de la mano del usuario. La premisa fue integrar personalización morfológica con un modelo tridimensional parametrizable, permitiendo variaciones controladas según la anatomía individual.

4.5.1.2 Alternativas conceptuales de la aplicación móvil

- **Formato de guía de ejercicios: imágenes vs. instrucciones escritas**

Se evaluaron dos enfoques para presentar las rutinas: una guía principalmente visual (por imágenes) y otra basada en instrucciones escritas. Ambas propuestas se analizaron como opciones de comunicación de ejercicios, considerando su claridad y facilidad de consulta durante la terapia.

- **Registro de cumplimiento: sin registro vs. seguimiento estructurado**

Se contempló un escenario en el que la aplicación funcionara únicamente como guía sin almacenar el cumplimiento de ejercicios; sin embargo, esta alternativa se descartó conceptualmente al identificarse que el registro aporta valor para consolidar información, visualizar progreso y sostener el seguimiento del tratamiento.

4.5.2 Esquema conceptual del flujo de interacción

A nivel de uso, las alternativas se representaron mediante un esquema secuencial que describe la interacción del usuario con el sistema desde el inicio de la rutina hasta la visualización del progreso. En esta lógica general, el profesional configura o supervisa la rutina, mientras que el usuario realiza los ejercicios en entorno doméstico apoyado por el componente físico y una guía digital; posteriormente, el avance se registra y se consolida para el seguimiento y eventuales ajustes (Figura 6).

Figura 6

Esquema conceptual del flujo de rehabilitación utilizando el sistema.



4.5.3 Criterios de diseño y proceso de selección

Con el fin de seleccionar la alternativa más adecuada, se definieron criterios de diseño basados en los objetivos del proyecto y en las necesidades del usuario final.

Entre los principales criterios considerados se encuentran la ergonomía, la facilidad de uso, la seguridad, la adaptabilidad a distintos niveles de movilidad, la viabilidad técnica y el potencial de integración con herramientas digitales de seguimiento terapéutico.

- **Gradualidad de la resistencia y adaptabilidad terapéutica**

El producto debe permitir una variación progresiva y controlada de la resistencia, de modo que se ajuste a las distintas etapas del proceso de rehabilitación. Este criterio busca garantizar que el sistema pueda acompañar la evolución funcional del usuario, evitando sobrecargas y favoreciendo una adaptación segura y personalizada al tratamiento.

- **Ergonomía y seguridad articular**

Se prioriza un diseño que respete la biomecánica natural de la mano y las articulaciones involucradas, minimizando riesgos de movimientos forzados o posturas inadecuadas. La ergonomía se considera fundamental para asegurar un uso prolongado sin generar molestias, lesiones o fatiga excesiva.

- **Comodidad de agarre y materiales de contacto**

El diseño debe incorporar superficies de agarre confortables, con materiales que transmitan una sensación cálida y agradable al contacto con la piel. Este criterio responde tanto a consideraciones sensoriales como funcionales, especialmente relevantes en usuarios con sensibilidad reducida o dolor articular.

- **Facilidad de uso e independencia del usuario**

El sistema debe ser intuitivo y de fácil comprensión, permitiendo que el usuario pueda colocarlo, ajustarlo y utilizarlo de manera autónoma, sin requerir asistencia constante. Este criterio refuerza la autonomía del adulto mayor y reduce barreras de uso en contextos domiciliarios.

- **Estimulación emocional y motivacional**

Se considera la capacidad del producto para generar una experiencia positiva que incentive la constancia en la terapia. Elementos que refuercen la percepción de progreso, logro y control sobre el proceso terapéutico son valorados como parte integral del diseño.

- **Simplicidad de mantenimiento e higiene**

El producto debe permitir una limpieza sencilla y segura, así como un mantenimiento básico que no requiera procedimientos complejos. Este criterio resulta especialmente relevante en dispositivos de uso frecuente y en contacto directo con la piel, tanto en entornos domiciliarios como semiclínicos.

Después de establecer los criterios de diseño, se utilizó una matriz de decisión como herramienta para comparar de manera sistemática las alternativas generadas. Esta matriz permitió evaluar cada propuesta en función de los criterios definidos, asignando un valor cuantitativo a su desempeño relativo y facilitando la selección de la alternativa más adecuada para el desarrollo posterior del producto, ponderación que se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3

Ponderación de criterios de diseño para selección de propuesta

Criterio	Ponderación (%)	Justificación
Gradualidad de resistencia y adaptabilidad terapéutica.	25	Impacta directamente en la efectividad y seguridad del proceso de rehabilitación.
Ergonomía y seguridad articular.	20	Reduce riesgos de lesión y asegura compatibilidad biomecánica.
Facilidad de uso e independencia del usuario.	20	Favorece la autonomía y el uso domiciliario.
Comodidad de agarre y materiales de contacto.	15	Influye en la adherencia y el confort durante la terapia.
Estimulación emocional y motivacional.	10	Refuerza la constancia y la percepción de logro.

**Simplicidad de
mantenimiento e higiene.**

10

Garantiza viabilidad de uso
continuo y seguro.

Cada criterio fue ponderado según su relevancia dentro del contexto terapéutico y de uso del sistema. Posteriormente, las alternativas fueron evaluadas mediante una escala de valoración ordinal (Tabla 4), considerando el grado en que cada una responde a los criterios establecidos.

Tabla 4

Escala de evaluación considerada para selección de propuesta

Valor	Interpretación
1	No cumple el criterio
2	Cumple de forma limitada
3	Cumple de manera adecuada
4	Cumple de manera destacada
5	Cumple plenamente el criterio

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos en la matriz de decisión mostrados en la Tabla 5, se seleccionó la alternativa con mayor puntaje total como base para el desarrollo del diseño final. Esta alternativa demostró un mejor equilibrio entre funcionalidad terapéutica, ergonomía, facilidad de uso y experiencia del usuario, respondiendo de manera más adecuada a los objetivos planteados para el proyecto.

Para facilitar la comprensión de las alternativas evaluadas, las representaciones visuales de cada propuesta conceptual se presentan en los anexos correspondientes.

Estas alternativas son referenciadas en la matriz de evaluación mediante figuras,

permitiendo contrastar visualmente cada propuesta con los criterios de diseño establecidos

Tabla 5*Matriz de selección de alternativas en base a criterios de diseño*

Criterio	Peso	Alt1 (ver Anexo A)	Puntaje	Alt2 (ver Anexo B)	Puntaje	Alt3 (ver Anexo C)	Puntaje
Gradualidad y adaptabilidad	0.25	3	0.75	3	0.75	4	1
Ergonomía y seguridad	0.20	3	0.60	2	0.40	3	0.6
Facilidad de uso	0.20	3	0.60	2	0.40	3	0.6
Comodidad de agarre	0.15	3	0.45	2	0.30	4	0.6
Estimulación motivacional	0.10	2	0.20	3	0.30	3	0.3
Mantenimiento e Higiene	0.10	2	0.20	3	0.30	4	0.4
Total	1		2.8		2.45		3.5

4.5.4 Prototipado

4.5.4.1 Componente físico

Aunque se seleccionó una alternativa a nivel conceptual, se optó por materializar y evaluar varias configuraciones antes de definir una solución definitiva. Esta estrategia permitió contrastar, en condiciones reales de uso, aspectos de ajuste, estabilidad, ergonomía y factibilidad constructiva del guante.

En una primera fase se elaboraron reproducciones de mano en yeso para disponer de una referencia física consistente sobre la cual ajustar geometrías y dimensiones, como se muestra en la Figura 7. Con esta base se desarrollaron prototipos iniciales en fomix, aprovechando su maleabilidad para explorar rápidamente la forma de la estructura rígida: curvaturas necesarias, cobertura mínima de material y modo de adaptación a la mano sin interferir con el movimiento.

Figura 7

Reproducción de yeso con prototipo provisional hecho en fomix



Figura 8

Prototipo en fomix moldeable para determinar la curvatura del prototipo



Una vez obtenida una geometría preliminar, se avanzó hacia prototipos tridimensionales de la parte rígida de estabilización (orientada a aportar soporte de muñeca y prevenir lesiones). Se evaluaron distintas tecnologías y materiales: acrílico de 3 mm cortado en láser (Figura 9) y termoformado mediante calor, así como impresión 3D con filamentos PLA y ABS (Figura 10). Las pruebas se realizaron inicialmente con piezas planas como se muestra en la Figura 11 para moldearlas con pistola de calor y determinar curvaturas finales.

Figura 9

Prototipo en acrílico moldeado con calor

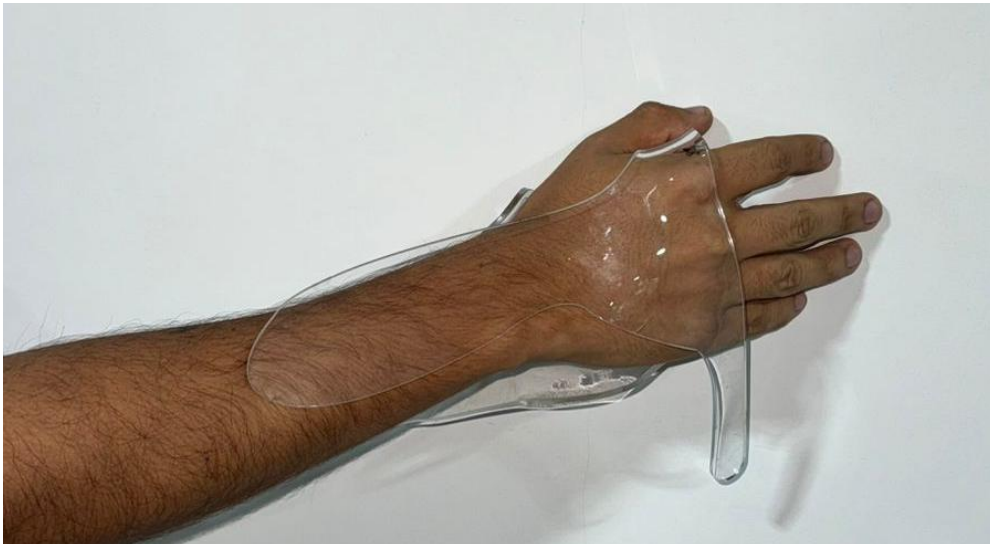


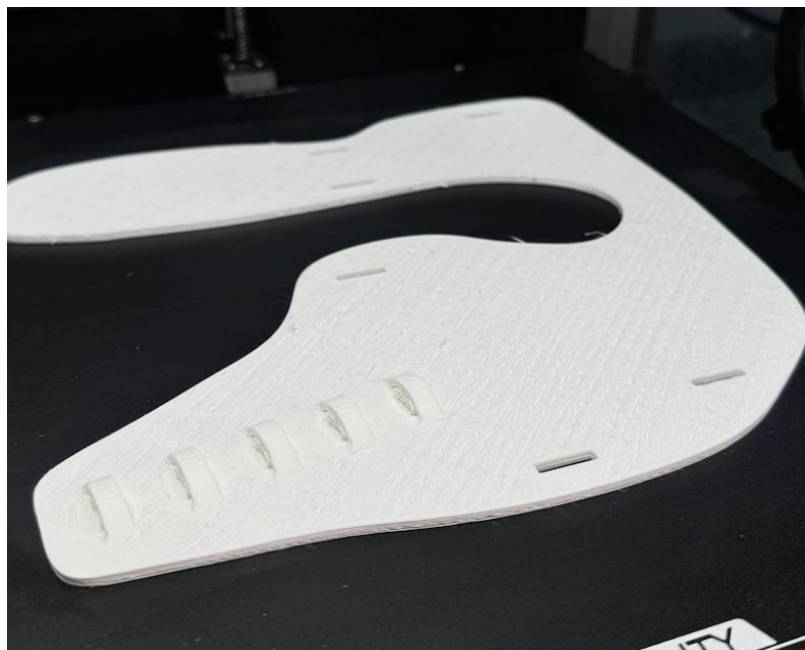
Figura 10

Prototipo impreso en PLA moldeado con calor.



Figura 11

Impresión de pieza plana en PLA



Posteriormente se exploró la impresión directa con la forma definitiva (Figura 12). También se ensayó una configuración en dos piezas (palma y dorso) con espacios para correas; sin embargo, la separación generó desplazamientos durante el uso, afectando la estabilidad en las zonas de apoyo.

Figura 12

Prototipo impreso en PLA con las curvaturas adaptadas a la anatomía de la mano.



De manera complementaria, se compararon métodos de conformado térmico, incluyendo pistola de calor y agua caliente, considerando esta última como opción viable por su uso extendido en la fabricación de órtesis. Con base en los resultados, se replanteó la distribución de los apoyos rígidos, concluyendo que la solución más eficiente era un conjunto de piezas

removibles que cubrieran laterales, palma y dorso (Figura 13), facilitando tanto el ajuste como el mantenimiento del sistema.

Figura 13

Distribución de las piezas rígidas



En paralelo se prototipó el mecanismo de ejercicio de los dedos, basado en el uso de elásticos tubulares para generar tensión controlada. Se evaluaron alternativas para fijación y guiado: los anillos fueron descartados por falta de dirección del elástico (provocando desplazamientos y afectación del movimiento). Posteriormente se probaron canales de guiado integrados al guante: primero completos como se muestra en la Figura 14, siendo funcionales, pero con impacto estético, y luego canales parciales (Figura 15), que lograron mantener el elástico en su posición sin cubrir innecesariamente los dedos, equilibrando funcionalidad y apariencia.

Figura 14

Canales completos para direccionamiento de elásticos tubulares



Figura 15

Canales parciales para direccionamiento de elásticos tubulares



La integración final del sistema combinó estructura rígida y guante textil, definiendo el ajuste por correas en tres zonas clave: articulaciones metacarpofalángicas, muñeca y antebrazo, para asegurar estabilidad y distribución de presión. Finalmente, para adaptar la resistencia terapéutica, se establecieron niveles de tensión integrados en el guante. Los elásticos se fijan a estos niveles mediante un gancho de fácil manipulación; aunque se consideró uno metálico, se optó por un componente impreso en 3D para mantener coherencia estética con los colores del producto y mejorar la integración visual del sistema.

Figura 16

Última versión de prototipo físico



4.5.4.2 Componente digital

En la creación de la aplicación móvil se tomó el wireframe que se elaboró como una plantilla para entender el proceso de la comunicación entre el fisioterapeuta y el paciente de acuerdo con su avance progresivo y como se relacionaría entre sí, mediante el software de diseño y prototipado Figma se hizo una aplicación de fácil acceso para ambos usuarios utilizando la inteligencia artificial como herramienta de diseño, se pudo hacer un esquema que sea organizado para el fisioterapeuta y un portal para el paciente con un diseño distinto para que sea fácil de leer y utilizar ya que será usado por personas de la tercera edad.

Figura 17

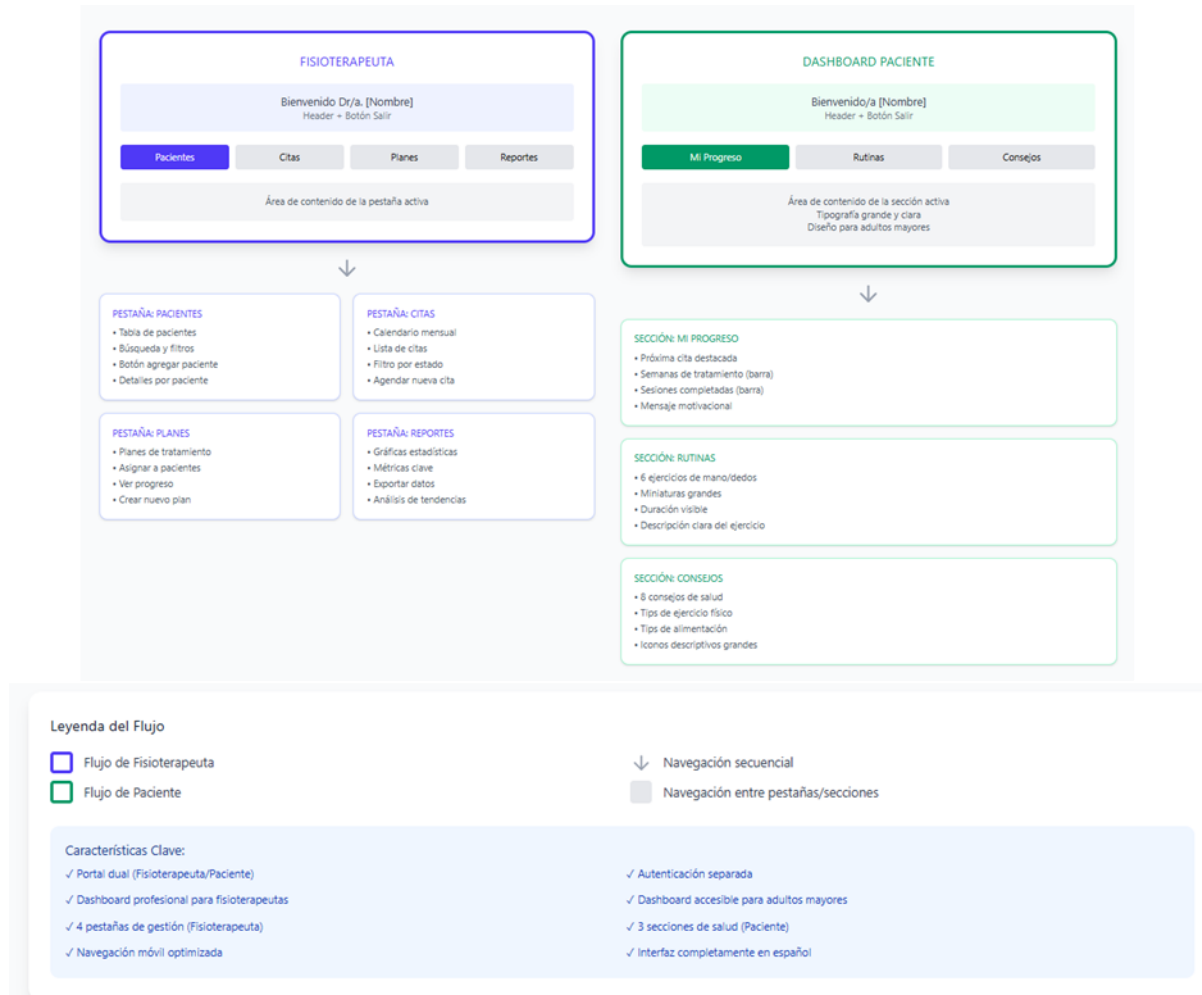
Wireflow de la pantalla de inicio de aplicación móvil



Una vez dentro, la información es mostrada al fisioterapeuta en forma de gráficos que muestra el avance progresivo de sus pacientes además de reportes de información, notificaciones para agendar nuevas citas y personalización de las rutinas. Por el contrario, el portal del paciente presenta una funcionalidad básica donde se presentan el progreso y las rutinas que debe de seguir para continuar con su tratamiento.

Figura 18

Función de portales (Fisioterapeuta, Paciente)



4.6 Validación del diseño

4.6.1 Objetivo de validación

El objetivo de la validación fue evaluar de manera preliminar la pertinencia del diseño desarrollado en relación con los criterios funcionales, ergonómicos y de experiencia de uso definidos durante el proceso de diseño. Esta validación se orientó a identificar si la propuesta

responde adecuadamente a las necesidades del usuario objetivo y al contexto terapéutico planteado, así como a detectar oportunidades de mejora antes de una etapa de desarrollo más avanzada.

Cabe recalcar que esta validación no tuvo como finalidad comprobar la eficacia clínica del sistema, sino analizar su desempeño desde una perspectiva de diseño, considerando aspectos de uso, comprensión, comodidad y percepción general del producto.

4.6.2 Variables evaluadas

Las variables evaluadas durante el proceso de validación se definieron a partir de los criterios de diseño establecidos previamente y se centraron en aspectos cualitativos y funcionales del producto. Entre las principales variables consideradas se incluyen:

- Adaptabilidad terapéutica percibida, relacionada con la capacidad del sistema para ajustarse a distintos niveles de resistencia y etapas del proceso de rehabilitación.
- Ergonomía y seguridad en el uso, evaluando la adecuación del diseño a la biomecánica de la mano y la ausencia de incomodidades o riesgos percibidos durante la interacción.
- Facilidad de uso e independencia, asociada a la comprensión del funcionamiento, el montaje y la posibilidad de uso autónomo por parte del usuario.
- Comodidad de agarre y materiales de contacto, considerando sensaciones térmicas, textura y confort durante el uso prolongado.
- Percepción de motivación y progreso, vinculada a la experiencia emocional del usuario y a la claridad de los indicadores de avance.
- Facilidad de mantenimiento e higiene, relacionada con la limpieza y cuidado general del producto en contextos de uso frecuente.

Estas variables permitieron evaluar el diseño de forma integral, alineándolo con los objetivos planteados en las etapas iniciales del proyecto.

4.6.3 Resultados generales

Los resultados de la validación evidencian una respuesta favorable del sistema respecto a los criterios evaluados. En términos de comprensión, se observó que los participantes lograron interpretar adecuadamente el propósito del producto y su lógica de funcionamiento, manifestando percepciones asociadas a claridad y aprendibilidad.

“Es un guante, no hay como perderse. Solo hay que saber cómo ponérselo”

(Participante anónima, grupo focal de validación)

En cuanto al uso y la experiencia, se reportó una interacción fluida, con una valoración positiva vinculada a la simplicidad operativa del sistema. Asimismo, se registraron apreciaciones que relacionan el sistema con una mayor sensación de control y seguimiento del avance durante la rutina, aspecto relevante para la adherencia terapéutica

“En el celular se puede ver todo, o sea que lo puedo hacer yo sola” (Bella Jácome,

Participante de validación)

Respecto a la ergonomía y los materiales de contacto, la experiencia fue descrita como confortable y compatible con el contexto de uso previsto. Finalmente, aunque la retroalimentación fue predominantemente positiva, se identificaron oportunidades puntuales de mejora para iteraciones posteriores, lo cual confirma la utilidad de la validación como instancia de refinamiento previo al desarrollo final.

Figura 19

Evidencias de validaciones de prototipo final



Capítulo 5

5. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

5.1 Descripción del sistema

Handex es un sistema de rehabilitación manual orientado a adultos mayores con disminución de movilidad, diseñado para facilitar la ejecución de rutinas terapéuticas funcionales dentro del entorno doméstico, manteniendo la continuidad con el seguimiento profesional. El sistema integra dos componentes principales:

1. Guante terapéutico

Elemento físico portátil que actúa como soporte para ejercicios funcionales de las falanges de los dedos de la mano, manteniendo la estabilidad de la muñeca, facilitando colocación, estabilidad, agarre y control de movimiento durante la rutina.

Figura 20

Dispositivo físico de sistema de fisioterapia Handex

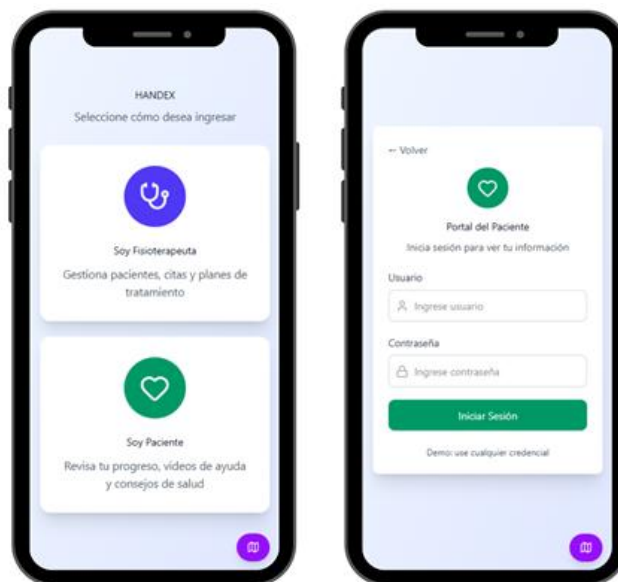


2. Aplicación móvil

Herramienta digital que organiza la rutina del tratamiento, guía al usuario en la ejecución con instrucciones claras y secuenciales, registra el avance y permite el seguimiento por parte del fisioterapeuta.

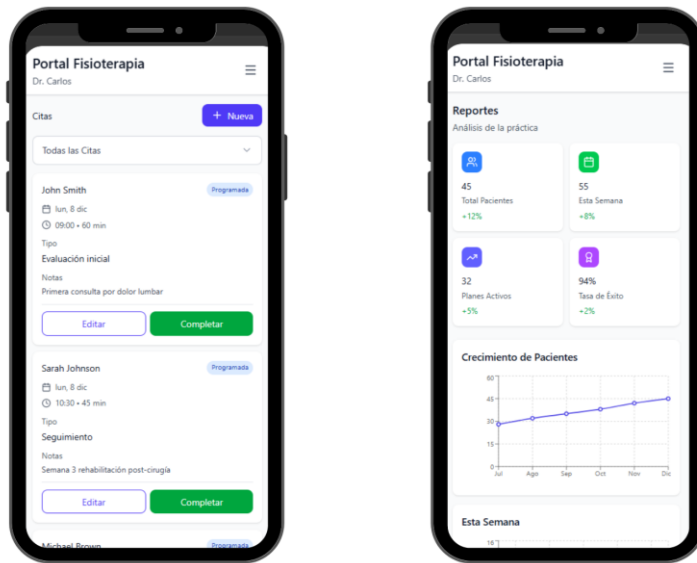
Figura 21

Aplicación móvil de sistema de fisioterapia Handex

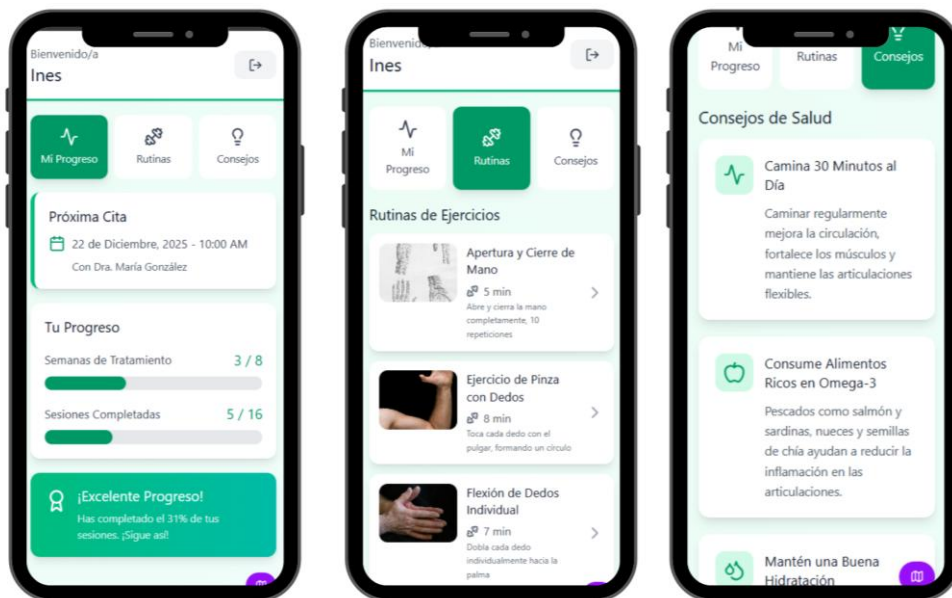


Este sistema opera bajo el enfoque de uso dual, permitiendo la comunicación constante entre el paciente y el fisioterapeuta.

El fisioterapeuta gestiona el ciclo de rehabilitación iniciando con la configuración del nivel de movilidad del paciente para prescribir su plan de ejercicios. Posteriormente, mediante el monitoreo de métricas de desempeño, el sistema permite iterar la terapia digitalmente o coordinar citas de control para validar la efectividad del tratamiento.

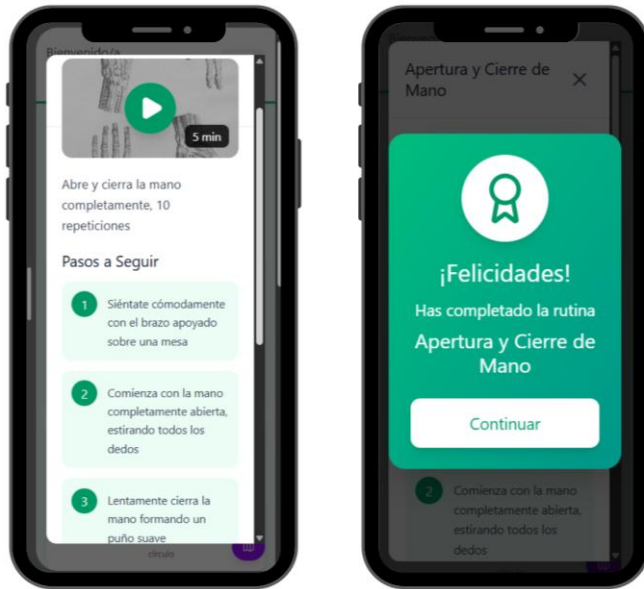


El módulo del paciente ofrece acceso directo al plan de rehabilitación personalizado, donde se detallan los parámetros técnicos de la sesión (tipo de ejercicio, series y repeticiones). Para garantizar la correcta manipulación del dispositivo físico (guante), cada actividad integra guías audiovisuales instruccionales.



El sistema incluye una función de validación de cumplimiento post-ejercicio, sincronizando estos datos para generar métricas de progreso visibles tanto para el usuario como para el especialista. Adicionalmente, la aplicación fomenta la adherencia mediante la

configuración de recordatorios personalizados y ofrece un apartado de contenido educativo con consejos para complementar la efectividad terapéutica.



5.2 Análisis de resultados

Handex se consolida como una respuesta integral a la necesidad de rehabilitación manual continua en adultos mayores, especialmente en contextos donde la terapia suele verse limitada por barreras de acceso, baja adherencia en casa y dificultad para mantener una guía clara entre sesiones presenciales. El resultado final del proyecto se materializa en un sistema híbrido que combina un componente físico (guante terapéutico) y un componente digital (aplicación y portal profesional), permitiendo estructurar rutinas funcionales, acompañar la ejecución y registrar el avance de manera comprensible para el usuario y útil para el seguimiento clínico.

A nivel de propuesta de valor, Handex no se plantea únicamente como un guante o una aplicación móvil, sino como una solución que busca resolver el problema principal observado en este tipo de terapias domiciliarias, que es la brecha entre lo que el fisioterapeuta prescribe y lo

que el paciente realmente puede ejecutar en su rutina diaria. Para ello, el sistema aporta tres resultados de diseño claramente identificables:

1. Soporte y estabilidad física durante el ejercicio, reduciendo la dificultad de ejecución.
2. Acompañamiento digital operativo, transformando la rutina terapéutica en instrucciones concretas y secuenciales.
3. Trazabilidad del avance, generando registros que permiten ajustes posteriores y refuerzan la constancia del usuario.

En términos de implementación y alcance, la solución puede adaptarse a un enfoque B2C (adultos mayores y cuidadores que requieren una herramienta domiciliaria guiada) y B2B (fisioterapeutas, consultorios, centros de rehabilitación o programas de atención domiciliaria) al integrar un portal profesional para configuración y seguimiento. Esto amplía el potencial de adopción al responder tanto a necesidades individuales de autonomía como a necesidades institucionales de control terapéutico y monitoreo.

Componentes

1. Guante terapéutico Handex

- Diseño orientado a la rehabilitación funcional de la mano, favoreciendo ejercicios de movilidad, coordinación y destreza.
- Estructura con zonas diferenciadas por función (soporte, agarre, ajuste), para mantener estabilidad durante el movimiento.
- Sistema de ajuste accesible para usuarios con menor destreza o fuerza, permitiendo colocación y tensado con mínima complejidad.

- Integración de captura/seguimiento del movimiento cuando aplique (p. ej., sensores de flexión y/o unidad inercial según la configuración final), alineada al registro de desempeño en la app.
- Diseño pensado para uso repetible en casa, priorizando confort, contacto amable y seguridad de uso prolongado.

2. Aplicación móvil asociada (paciente + fisioterapeuta)

- Portal de paciente: rutina diaria clara, guía de ejecución por ejercicio (tutorial breve), registro de avance (completitud y observaciones), recordatorios y visualización de progreso.
- Portal de fisioterapeuta: creación/ajuste de rutinas personalizadas, seguimiento del cumplimiento, revisión de registros reportados y monitoreo de indicadores terapéuticos relevantes (según el alcance definido).
- Enfoque en interacción simple: navegación lineal, textos breves, botones grandes, retroalimentación inmediata (confirmación de acciones y avance).

Como resultado, el sistema se percibe como un acompañamiento que reduce la incertidumbre del usuario durante la terapia domiciliaria, no solo indica qué debe hacer, sino cómo hacerlo, cuándo hacerlo y cómo registrar lo realizado. Esta claridad tiene impacto directo en la adherencia, porque disminuye la carga cognitiva asociada a recordar o interpretar instrucciones terapéuticas, especialmente en usuarios mayores.

En cuanto a la experiencia esperada, Handex se diseñó para favorecer autonomía y confianza, el guante proporciona una condición física más estable para ejecutar movimientos, mientras que la app transforma la terapia en una rutina guiada y verificable. Esta combinación

incrementa la probabilidad de que el usuario sostenga la práctica en el tiempo, ya que el progreso se vuelve visible y el esfuerzo adquiere sentido dentro de una estructura cotidiana.

5.3 Aspectos conceptuales

En Handex, la **progresión terapéutica** se integra como un principio estructural del sistema para asegurar que la rehabilitación pueda avanzar de forma gradual, segura y comprensible para el adulto mayor. La propuesta organiza la rutina con una lógica de niveles o incrementos controlados, donde se ajustan variables como rango de movimiento, repetición, precisión y complejidad funcional, de modo que el usuario no enfrente saltos bruscos de dificultad que puedan generar frustración o abandono. Esta progresión se traduce en una secuencia clara en la aplicación, que guía al usuario desde ejercicios más simples y de reconocimiento motor hacia acciones más exigentes y cercanas a patrones funcionales cotidianos, permitiendo que el avance se perciba como alcanzable y sostenido.

La **autonomía y confianza** se abordan como resultados esenciales del sistema, considerando que la rehabilitación domiciliaria depende en gran medida de que el usuario se sienta capaz de ejecutar la rutina con seguridad. Por ello, Handex está definido para reducir incertidumbre y dependencia: el guante favorece una condición física estable para realizar movimientos con mejor control, mientras la aplicación transforma la rutina en pasos concretos que eliminan la necesidad de “recordar” o “interpretar” instrucciones complejas. La confianza se refuerza mediante una experiencia predecible (qué hacer, cómo hacerlo y cuándo registrar), elementos de ajuste accesibles y retroalimentación clara, lo que facilita que el adulto mayor sostenga el uso del sistema sin que la terapia se perciba como una actividad difícil o riesgosa.

El **acompañamiento digital** cumple un rol central en el resultado de Handex al actuar como mediador entre la indicación terapéutica y la ejecución real en el hogar. La aplicación no

se plantea como un repositorio de información, sino como una guía operativa: presenta la rutina diaria, explica cada ejercicio con instrucciones breves y apoyo visual, y habilita el registro del avance al finalizar. De manera complementaria, el portal del fisioterapeuta permite estructurar y ajustar la rutina, accediendo a información relevante del cumplimiento y reportes del paciente, lo cual sostiene la continuidad del tratamiento sin requerir supervisión presencial constante. Con ello, el sistema integra orientación, recordatorio y seguimiento como parte del uso normal, reduciendo la desconexión habitual entre consulta y hogar.

Finalmente, la **cotidianidad** se incorpora como criterio conceptual para asegurar que la terapia se perciba como aplicable y significativa dentro de la vida diaria del adulto mayor. Handex se alinea con acciones funcionales relacionadas con la manipulación de objetos, coordinación y destreza manual, priorizando que los ejercicios se asocien a patrones motores útiles para tareas comunes. A nivel de experiencia, la cotidianidad se traduce en rutinas breves y repetibles, compatibles con el entorno doméstico y con la energía disponible del usuario, evitando que el tratamiento se sienta como una exigencia ajena a su realidad. Esta integración entre terapia y vida cotidiana fortalece la adherencia y refuerza el objetivo principal del sistema: mejorar la autonomía mediante movimientos que tienen un valor directo en el desempeño diario.

5.4 Aspectos técnicos

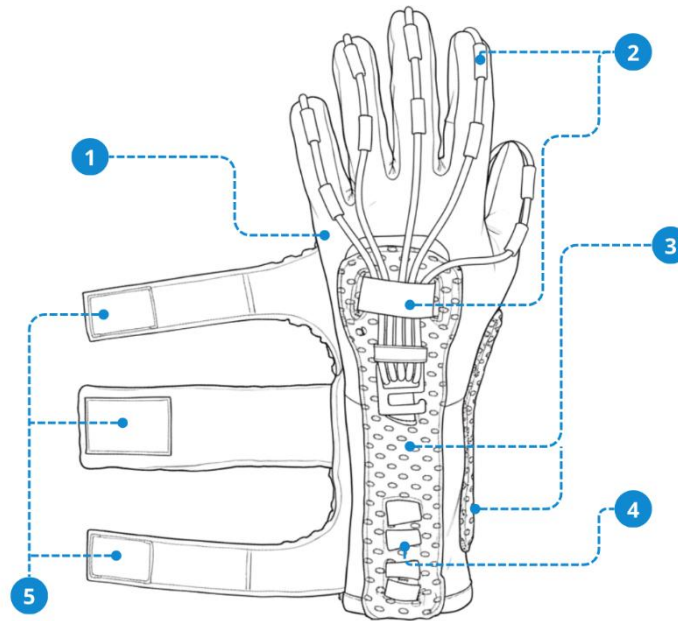
5.4.1 Especificaciones del guante

5.4.1.1 Elementos

El guante, aunque la presentación final es de una sola pieza, contiene diferentes partes que en conjunto garantizan el funcionamiento de la parte física del sistema.

Figura 22

Elementos y capas del guante, parte del sistema de rehabilitación Handex



Nota. Elementos del guante: 1(Capa de contacto), 2(Canales), 3(Capa de amortiguación), 4(Ajuste y regulación), 5(Correas)

De la cara interna hacia la externa, el guante se configura mediante un sistema multicapa con funciones diferenciadas:

1. Capa de contacto (interior)

Superficie textil suave, hipoirritante y elástica, diseñada para adaptarse a la morfología de la mano y acompañar el movimiento sin generar puntos de compresión. Su función es optimizar el confort durante uso prolongado y facilitar la colocación y el retiro del guante.

2. Capa estructural con canales de guiado

Componente intermedio que integra canales o conductos para el guiado de los elásticos regulables, dispuestos a lo largo de los dedos y en el eje central de palma y dorso. Estos canales

aseguran alineación, reducen desplazamientos no deseados del sistema elástico y permiten una transmisión de tensión más controlada durante la ejecución de ejercicios.

3. Capa de amortiguación y protección

Estrato acolchado de baja densidad que actúa como interfaz de seguridad, reduciendo fricción y presión localizada. Esta capa evita el contacto directo de la piel con elementos de mayor rigidez y contribuye a distribuir la carga mecánica en zonas de apoyo, minimizando riesgo de irritación dérmica.

4. Capa externa de ajuste y regulación de tensión

Sistema externo compuesto por correas graduadas por niveles (puntos de anclaje escalonados) donde se fijan los elásticos. La selección del nivel determina la tensión aplicada y, en consecuencia, el grado de asistencia o resistencia del ejercicio, permitiendo adaptar la dificultad terapéutica de forma progresiva y reproducible.

5. Capa de sujeción anatómica (correas)

Conjunto de correas de estabilización ubicadas en las articulaciones metacarpofalángicas, la muñeca y el extremo proximal del guante sobre el antebrazo, destinadas a asegurar el posicionamiento del sistema y evitar desplazamientos durante el movimiento. Estas correas se construyen con el mismo textil acolchado de la capa de amortiguación, para mantener continuidad en confort y reducir puntos de presión en zonas articulares. Su función principal es proporcionar anclaje y contención, mejorando la estabilidad del guante sin limitar el rango de movimiento funcional.

5.4.1.2 Materiales

El sistema HANDEX incorpora una selección de materiales orientada a garantizar confort en contacto con la piel, estabilidad estructural, ajuste regulable y durabilidad durante el uso repetido en rutinas terapéuticas. En productos con contacto cutáneo prolongado o repetido, la

selección de materiales debe considerar su desempeño mecánico, condiciones de uso (fricción, humedad, temperatura) y criterios de evaluación de seguridad biológica dentro de un enfoque de gestión de riesgos (International Organization for Standardization, 2025; Food and Drug Administration, 2023).

- **Licra (interior del guante).**

Se emplea como material de contacto por su comportamiento elastomérico (elastano/spandex), que favorece adaptabilidad geométrica, extensibilidad y recuperación elástica durante ciclos repetidos de colocación/uso. Estas propiedades contribuyen a un calce continuo y a mantener la consistencia del ajuste en el tiempo, aspectos relevantes en textiles con fibras elásticas orientados a confort y ajuste corporal (Bolaji, 2024).

- **Malla de poliéster.**

La malla de poliéster se utiliza por su resistencia mecánica y estabilidad dimensional, junto con una estructura abierta que favorece la ventilación y la gestión de microclima (aire y humedad), factores asociados al confort en textiles técnicos y aplicaciones vinculadas a uso corporal. La “transpirabilidad” suele caracterizarse mediante medidas de permeabilidad al aire, para las cuales existen métodos estandarizados de evaluación (Institute for Standardization of Montenegro, 2016; Dejene, Abtew, Birlie, & Woldeab, 2024)

- **Elástico tubular.**

El elástico tubular se plantea como componente funcional para transmisión de tensión (asistencia o resistencia) y regulación progresiva de carga durante la terapia. En soluciones wearables basadas en textiles elásticos, la capacidad de estirar y retraer se asocia a la modulación de carga y a la repetibilidad del comportamiento mecánico en uso (Talukder & Jo, 2025).

- **Velcro (sistema gancho-felpa).**

El cierre tipo gancho-felpa se selecciona por permitir microajuste, manipulación rápida y un cierre reconfigurable, útil cuando existe limitación de fuerza o destreza manual. Además, su desempeño puede especificarse y controlarse mediante métodos estandarizados que evalúan resistencia a separación por cizalla (shear) y por despegue (peel), lo que facilita definir requisitos verificables del sistema de ajuste (ASTM International, 2021; ASTM International, 2021).

- **PLA (Ácido Poliláctico).**

El PLA se utiliza para componentes rígidos fabricados por impresión 3D por su rigidez y capacidad de producir geometrías repetibles. Para este material, el desempeño mecánico final depende de parámetros de fabricación (p. ej., altura de capa, diámetro de boquilla, densidad de relleno), por lo que resulta adecuado cuando el proyecto requiere iteración rápida y control de variables para estabilizar resultados del prototipo funcional (Chen, y otros, 2022; Crupano, 2024).

5.4.2 Especificaciones de aplicación móvil

La aplicación móvil de HANDEX se estructura como una plataforma de acompañamiento terapéutico con dos perfiles de acceso: fisioterapeuta y paciente. El ingreso se realiza mediante un sistema de autenticación por correo electrónico y contraseña, lo que permite mantener cuentas diferenciadas y asegurar que cada usuario visualice únicamente la información correspondiente a su rol. Tras iniciar sesión, la interfaz dirige al usuario al portal asignado, con navegación organizada por íconos para facilitar una interacción rápida y consistente durante el uso recurrente del sistema.

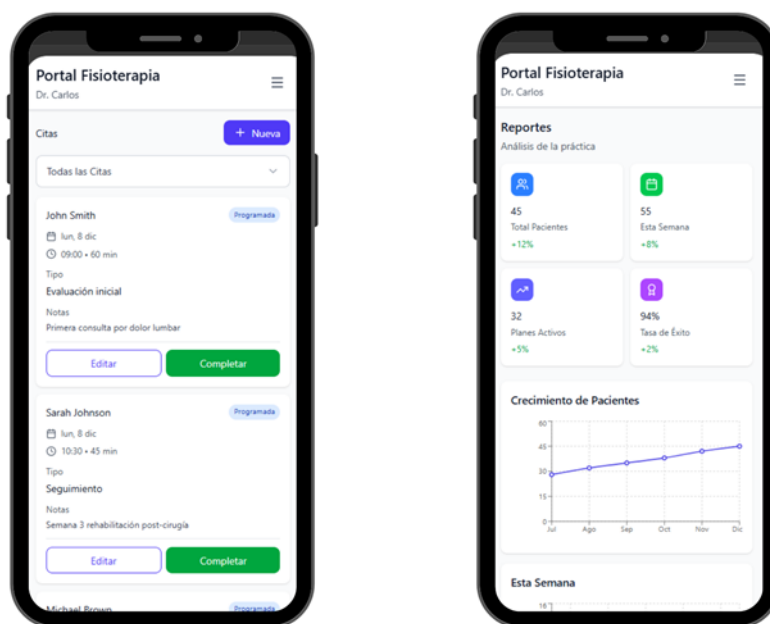
5.4.2.1 Portal de fisioterapeuta

El portal profesional presenta una barra de navegación inferior compuesta por cuatro íconos principales, que organizan la gestión clínica y el seguimiento terapéutico. El ícono Pacientes permite visualizar el listado de pacientes registrados por el profesional y habilita el

registro de nuevos usuarios mediante un botón de agregar. El formulario de registro integra los campos: nombre, edad, condición, contacto y estado del tratamiento, con el objetivo de mantener una ficha básica que facilite la identificación del caso y el control general del proceso terapéutico. El ícono Citas concentra la agenda del profesional: muestra las citas programadas y expone las fechas disponibles para agendamiento, permitiendo organizar seguimientos y mantener continuidad en la atención. En el ícono Planes, el fisioterapeuta accede al detalle terapéutico por paciente, donde se visualiza su rutina, objetivos y progreso, incluyendo el cumplimiento de ejercicios (marcación de completitud) como insumo para monitorear adherencia y ajustar el acompañamiento clínico. Finalmente, el ícono Reportes consolida los datos recopilados de todos los pacientes del profesional, permitiendo observar resultados de manera global con el fin de evaluar la efectividad del sistema dentro del contexto de rehabilitación de movilidad manual en adultos mayores.

Figura 23

Aplicación móvil de Handex en el portal de fisioterapeuta

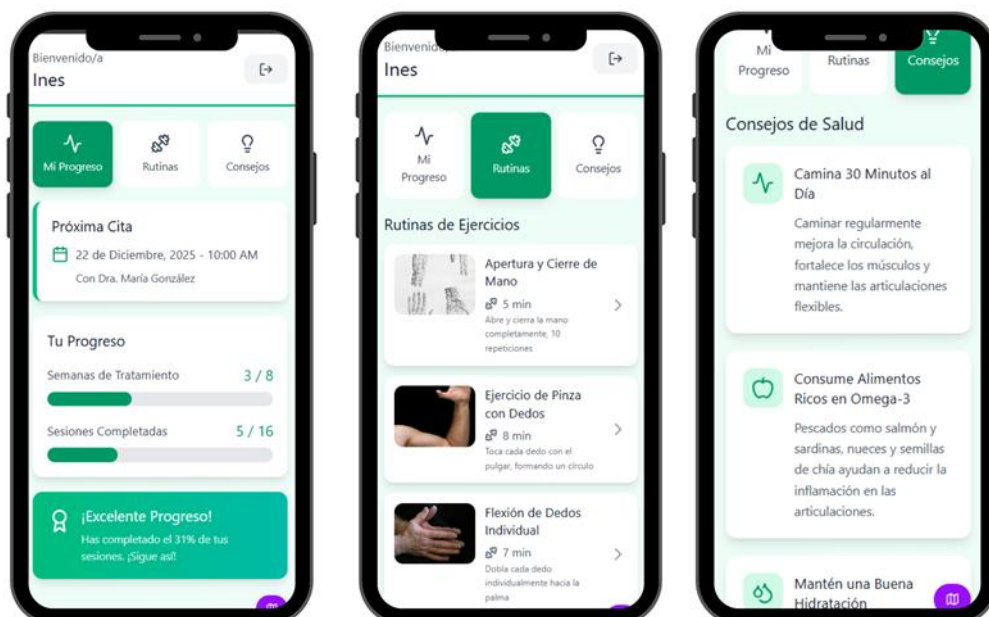


5.4.2.2 Portal de paciente

El portal de paciente se organiza con tres íconos ubicados en la parte superior, priorizando acceso inmediato a la rutina diaria y al seguimiento personal. El ícono Mi progreso muestra el avance del paciente mediante gráficos, facilitando la lectura de progreso en el tiempo y reforzando la percepción de continuidad; además, integra la visualización de citas de seguimiento agendadas, conectando la rutina domiciliaria con el control profesional. El ícono Rutinas despliega las rutinas asignadas, considerando que pueden repetirse durante la semana o variar diariamente según lo definido por el fisioterapeuta. Dentro de cada rutina, el usuario accede a cada ejercicio y visualiza un video tutorial como guía de ejecución; al finalizar, el sistema permite marcar el ejercicio como completado, generando un registro directo de cumplimiento. Por último, el ícono Consejos conduce a una pantalla con recomendaciones complementarias relacionadas con áreas que apoyan el tratamiento, como alimentación, actividades sociales y otros hábitos, presentadas como contenido de soporte para fortalecer el contexto general de rehabilitación más allá del ejercicio puntual.

Figura 24

Aplicación móvil de Handex en el portal de paciente



5.5 Aspectos estéticos

5.5.1 Variación de tallas

La variación de tallas del guante se estableció con base en tallas estándar de guantes, utilizando el criterio de dimensionamiento por medidas de mano (principalmente circunferencia y longitud), lo que permite asociar el producto a un sistema ampliamente utilizado y verificable. Este enfoque es coherente con el sistema de tallaje descrito en ISO 21420:2020 para guantes, que define el dimensionamiento en relación con medidas de la mano y su correspondencia con tallas (International Organization for Standardization, 2020).

La adopción de tallas estándar se definió para asegurar adaptabilidad a distintos usuarios y facilitar la selección de talla mediante una guía simple de medición, complementándose con los sistemas de ajuste del guante para afinar el calce.

5.5.2 Disposición de colores

Al tratarse de un sistema terapéutico para adultos mayores, se definió una base de colores neutros para mantener sobriedad y compatibilidad visual, y acentos en colores primarios para señalar puntos relevantes, es decir, zonas de ajuste, elementos clave del guante y acciones principales en la app. Esta decisión prioriza contraste y legibilidad, criterios recomendados en accesibilidad para que elementos y controles mantengan suficiente diferenciación visual (World Wide Web Consortium, 2023).

Figura 25

Disposición de colores de dispositivo de sistema de rehabilitación Handex



Además, se evitó el uso de múltiples colores compitiendo entre sí, ya que la visibilidad y la atención visual en adultos mayores se ven influenciadas por el color y el contraste del entorno; por ello, la paleta se mantiene controlada y con jerarquía clara (Wang & Cho, 2022).

5.5.3 Planos técnicos

Figura 26

Plano técnico de la placa de PLA para el soporte de la muñeca

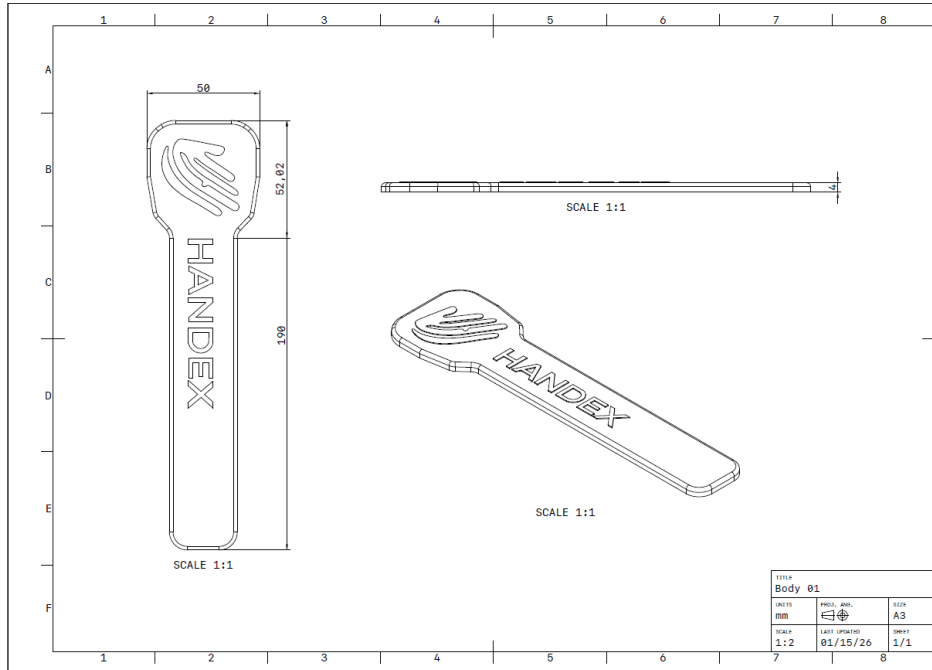
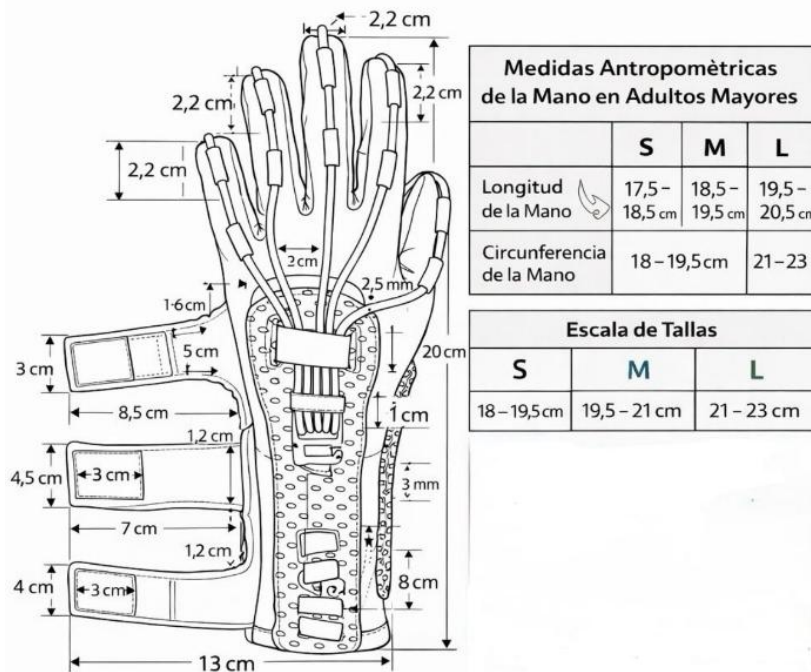


Figura 27

Plano técnico de medidas para la elaboración del guante



5.6 Presupuesto

En el costeo de HANDEX se separó el sistema en componente físico (guante) y componente digital (app). Para el guante, primero se estimó el costo de materia prima a partir del consumo real por unidad de cada insumo. La suma de estos consumos determina un costo total de materiales de USD 5,84 por guante, valor que representa únicamente lo utilizado en una unidad.

Luego se calculó el costo de producción considerando el tiempo de confección. Se tomó el costo por hora de máquina y de mano de obra, y se dividió entre la productividad estimada, obteniendo un costo unitario de fabricación de USD 2,30. Al integrar materiales y fabricación se obtiene el costo del guante por unidad: USD 8,14. En paralelo, para la app se consideraron

costos base de desarrollo y mantenimiento anual, y se distribuyeron proporcionalmente como costo diario de USD 2,47.

En la Figura se pueden observar estos datos de manera detallada para lograr comprender de donde se obtienen estos valores.

Figura 26

Costos de prototipo Handex en base a materiales y mano de obra

COSTEO DE HANDEX				
MATERIA PRIMA	COSTO	UNIDADES	REQUERIDO	SUBTOTAL
Lycra de Nylon	\$ 6.14	1m	0.4	\$ 2.46
Malla de tapiceria	\$ 9.90	1m	0.2	\$ 1.98
Elastico de tubo	\$ 2.50	1 und	0.01	\$ 0.03
Filamento	\$ 21.00	1 kg	0.06	\$ 1.26
Cinta de hilo	\$ 2.00	2 piezas	0.05	\$ 0.10
Elastico Plano	\$ 1.00	2m	0.02	\$ 0.02
Costo total de Materia Prima				\$ 5.84

Costo de Produccion		Costo de Guante x Unidad	
Costo/ hora (Maquina de coser)	\$ 1.20		\$ 8.14
Costo/ hora (Mano de obra)	\$ 3.40		
Unidades/ hora	2		
Costo unitario			\$ 2.30

Costo de App		Costo de App x Dia	
Programacion de App	\$700		\$ 2.47
Mantenimiento Anual	\$200		
Costo diario			\$ 2.47

Finalmente, para estimar valores de venta con un beneficio del 35%, se aplicó el factor 1,35. Con ello, el precio del guante pasa de USD 8,14 a USD 10,99 por unidad. En el caso de la app, el costo diario se convierte en USD 3,33 por día, equivalente a USD 100,00 al mes como licencia fija para el fisioterapeuta; para el paciente, el acceso a la app se mantiene incluido a través del profesional, por lo que el cobro del tratamiento se compone del guante + honorarios/seguimiento del fisioterapeuta.

Considerando que es un sistema que requiere de seguimiento profesional, se deben estimar los valores del servicio que el fisioterapeuta proporcionará. Estimando un tiempo mínimo por día que el fisioterapeuta accede a la app para dar seguimiento sería de una hora, siendo esta hora valorada en USD 1 como valor mínimo, al valor del guante se le aumentaría USD 30.

De este modo, el valor total del sistema de rehabilitación para el paciente es de aproximadamente USD 40 por mes, con este valor accede al guante para utilizarlo en casa y la aplicación en conjunto con el servicio de seguimiento del fisioterapeuta.

5.7 Aspectos comunicación

5.7.1 Objetivo de difusión

La estrategia comunicacional de HANDEX se orienta a presentar la propuesta como un sistema de rehabilitación manual aplicable al entorno doméstico, capaz de fortalecer la autonomía del adulto mayor mediante una combinación coherente de producto físico y acompañamiento digital. El objetivo principal de difusión es hacer comprensible y convincente el valor del sistema para audiencias clínicas y no clínicas, destacando:

1. El problema funcional que aborda.
2. El funcionamiento del sistema (guante + app).
3. Los beneficios esperados en la experiencia del usuario (claridad, constancia, seguimiento).
4. El potencial de implementación en servicios de rehabilitación y atención domiciliaria.

Tomando en cuenta la naturaleza del producto buscamos que exista confianza en el uso del producto en cuanto al paciente, fisioterapeuta y si es el caso también de las personas que están a cargo del cuidado o supervisión del adulto mayor pues la meta es que los pacientes

retomen su independencia por lo que se propone el eslogan del sistema como “Mas movimiento, más autonomía” recordando que este producto además de brindar una mejora física le otorga el manejo propio de su diario vivir.

De forma complementaria, la difusión busca posicionar el proyecto en ámbitos académicos y profesionales como una solución de diseño con impacto social, conectada con objetivos de salud y accesibilidad. Para asegurar consistencia, el mensaje debe sintetizarse en una propuesta central, definiendo qué es, para quién es y qué mejora, y respaldarse con materiales visuales que demuestren el sistema de manera inmediata.

5.7.2 Espacios y canales de exposición

La exposición de HANDEX se plantea en tres frentes que permiten aumentar visibilidad, credibilidad y posibilidades de adopción: académico, profesional-sector salud y digital/portafolio. En el ámbito académico, la propuesta puede difundirse mediante exposición institucional, feria de proyectos, repositorio o memoria de titulación, y presentaciones tipo pitch; en este espacio se prioriza un relato claro y visual.

En el ámbito profesional, se recomienda orientar la exposición hacia espacios relacionados con diseño aplicado, tecnología de apoyo y rehabilitación, como encuentros, charlas, eventos, redes de profesionales, donde el foco esté en la aplicabilidad, el flujo de uso y la integración guante–app como solución práctica para terapia domiciliaria. En el ámbito digital, el canal clave es un caso de estudio en portafolio y redes profesionales, acompañado de un video breve demostrativo; este frente permite alcanzar audiencias mixtas y facilitar contacto para colaboraciones, pruebas piloto o alianzas.

Para sostener coherencia entre canales, conviene definir un conjunto mínimo de piezas reutilizables como póster o afiche, ficha técnica del sistema, presentación corta, video demostrativo y caso de estudio en portafolio.

Capítulo 6

6. CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones y recomendaciones

Tras aplicar las distintas fases del proceso de diseño planteado para el desarrollo del sistema Handex, y a partir del análisis de los resultados obtenidos, se establecen a continuación las conclusiones principales del proyecto, las cuales se relacionan directamente con los objetivos establecidos al inicio del proyecto.

6.1.1 Conclusiones

El desarrollo del sistema Handex permitió diseñar una solución integral para la rehabilitación de la mano en adultos mayores, combinando un guante terapéutico y una aplicación digital que integran aspectos físicos, cognitivos y motivacionales. Los resultados obtenidos evidenciaron que la articulación entre el componente físico y el acompañamiento digital favorece la comprensión del proceso terapéutico, la constancia en el uso y el fortalecimiento de la autonomía del usuario, cumpliendo con el objetivo general del proyecto.

El análisis de los factores fisiopatológicos y del estilo de vida asociados a la pérdida de movilidad manual en adultos mayores permitió identificar limitaciones recurrentes en las herramientas de fisioterapia existentes, especialmente en términos de adaptabilidad, motivación y uso en contextos domiciliarios. Estos hallazgos fundamentaron la necesidad de una solución que considere no solo la función física, sino también la experiencia del usuario y su entorno cotidiano.

La identificación de oportunidades de mejora en el diseño de herramientas fisioterapéuticas evidenció la relevancia de incorporar estímulos que promuevan la participación activa y la motivación durante la terapia. Los resultados del proyecto demostraron que la

integración de indicadores de progreso, retroalimentación visual y acompañamiento digital contribuye positivamente a la percepción de logro y al compromiso del usuario con su proceso de rehabilitación.

La validación exploratoria del prototipo funcional de Handex permitió comprobar que el diseño ergonómico del guante terapéutico y la simplicidad de la interacción favorecen una experiencia de uso cómoda, segura e intuitiva. Los resultados obtenidos respaldan la pertinencia de aplicar criterios ergonómicos desde las etapas iniciales del diseño para facilitar la autonomía del adulto mayor y reducir barreras durante la realización de los ejercicios.

6.1.2 Recomendaciones

Una vez culminado el desarrollo del sistema Handex y considerando los alcances y limitaciones del presente proyecto, se proponen a continuación una serie de recomendaciones orientadas a futuras etapas de investigación, desarrollo y aplicación del sistema, con el fin de ampliar su impacto y fortalecer su viabilidad a largo plazo.

- Se recomienda profundizar en el estudio de materiales y procesos de manufactura orientados a escenarios de producción a gran escala, con el objetivo de optimizar costos, durabilidad y tiempos de fabricación. Esto incluye la evaluación de textiles técnicos, sistemas de ensamblaje más eficientes y procesos industriales que permitan mantener las características ergonómicas y funcionales del guante terapéutico sin comprometer la calidad del producto final.
- Se sugiere explorar la adaptabilidad del sistema Handex para su aplicación en otras zonas del cuerpo que presenten necesidades de rehabilitación funcional, más allá de la mano. Esta línea de desarrollo permitiría analizar la escalabilidad conceptual y técnica del sistema, así como

su potencial para conformar una familia de productos terapéuticos basados en principios similares de progresión, autonomía y acompañamiento digital.

- Se recomienda evaluar la viabilidad del uso del sistema Handex en contextos sin supervisión directa del fisioterapeuta, especialmente en entornos domiciliarios. Para ello, sería necesario profundizar en mecanismos de seguridad, retroalimentación y control dentro de la aplicación, que aseguren un uso adecuado del sistema sin riesgos para el usuario, manteniendo siempre la posibilidad de seguimiento profesional cuando sea requerido.
- Se plantea como recomendación la realización de procesos de validación a largo plazo, que permitan observar el comportamiento del sistema Handex en periodos de uso extendidos. Este tipo de evaluación facilitaría el análisis de la adherencia del usuario, la durabilidad del producto y la evolución de la experiencia de uso, complementando la validación exploratoria realizada en el marco del presente proyecto.

Referencias

Aging Clinical and Experimental Research. (s.f.). Obtenido de

<https://link.springer.com/journal/40520>

Álvaraz Yáñez, P., Pazmiño Figueroa, L., Villalobos, A., & Villacís, J. (2010). *Normas y*

Protocolos de Atención Integral de Salud a las y los Adultos Mayores. Ministerio de

Salud Pública – MSP, Ecuador, Quito, Ecuador. Obtenido de

<https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/documentosDirecciones/dnn/archivos/NORMAS%20Y%20PROTOCOLOS%20DE%20ATENCI%C3%93N%20INTEGRAL%20DE%20SALUD%20A%20LOS%20Y%20LAS%20ADULTOS%20MAYORES.pdf>

Amin, H., Assal, S., & Iwata, H. (2020). A new hand rehabilitation system based on the cable-

driven mechanism and dielectric elastomer actuator. *Mechanical Sciences*, *11*(2), 357-

369. doi:10.5194/ms-11-357-2020

Amlak, B. T., Getinet, M., Getie, A., Kebede, W. M., Tarekegn, T. T., & Belay, D. G. (2025).

Functional disability in basic and instrumental activities of daily living among older

adults globally: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics*, *25*(1).

doi:10.1186/s12877-025-06056-8

Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. Obtenido de

Gobierno del Ecuador – Registro Oficial: <https://www.gob.ec/regulaciones/constitucion-republica-ecuador-2008>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2012). *Ley Orgánica de Discapacidades*. Gobierno del

Ecuador – Asamblea Nacional, suplemento del Registro Oficial No. 796 del 25 de

septiembre de 2012. Obtenido de [https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-](https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/ley_organica_discapacidades.pdf)

[content/uploads/downloads/2014/02/ley_organica_discapacidades.pdf](https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/ley_organica_discapacidades.pdf)

Asamblea Nacional del Ecuador. (2019). *Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores*.

Asamblea Nacional del Ecuador, Suplemento del Registro Oficial No. 484, 9 de mayo de 2019. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional del Ecuador. Obtenido de [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-09/Documento_Ley-
Org%C3%A1nica-Del-Adulto-Mayor.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-09/Documento_Ley-Org%C3%A1nica-Del-Adulto-Mayor.pdf)

Asamblea Nacional del Ecuador. (2019). *Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores*.

Gobierno del Ecuador – Asamblea Nacional, Suplemento del Registro Oficial No. 484, 9 de mayo de 2019. Obtenido de [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-
06/Documento_%20LEY%20ORGANICA%20DE%20LAS%20PERSONAS%20ADUL
TAS%20MAYORES.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-06/Documento_%20LEY%20ORGANICA%20DE%20LAS%20PERSONAS%20ADULTAS%20MAYORES.pdf)

ASTM International. (2021). ASTM D5169-98R21: Standard Test Method for Shear Strength (Dynamic Method) of Hook and Loop Touch Fasteners. (A. International, Ed.) West Conshohocken, PA, USA. Obtenido de <https://store.astm.org/d5169-98r21.html>

ASTM International. (2021). ASTM D5170-98R21: Standard Test Method for Peel Strength (“T” Method) of Hook and Loop Touch Fasteners. (A. International, Ed.) West Conshohocken, PA, USA. Obtenido de <https://store.astm.org/d5170-98r21.html>

Bohannon, R. (2019). Grip strength: An indispensable biomarker for older adults. *Clinical Interventions in Aging, 14*, 1681-1691. doi:10.2147/CIA.S194543

Bok, S.-K., Song, Y., Lim, A., Jin, S., Kim, N., & Ko, G. (2023). High-tech home-based rehabilitation after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine, 12*(7). doi:10.3390/jcm12072668

Bolaji, J. T. (2024). Mechanical properties of woven fabrics containing elastane fiber: Effects of fabric weight and elastane content. *Fibers, 12*(4). doi:10.3390/fib12040030

- Borges da Silva, M., Bergamin, L., Tomczak, R., Dias, T., & Ribeiro da Silva, U. (2026). Wearable technology for monitoring health outcomes in older adults: A systematic review. *Healthcare*, 14(1). doi:10.3390/healthcare14010030
- Cai, D., Zhang, H., & Wang, Y. (2023). Low handgrip strength with or without asymmetry is associated with elevated all-cause mortality risk in older Chinese males. *Geriatrics & Gerontology International*, 23(9), 692-699. doi:10.1111/ggi.14652
- Cai, Y., Tian, Q., Gross, A., Wang, H., E, J.-Y., Agrawal, Y., . . . Schrack, J. (2022). Motor and Physical Function Impairments as Contributors to Slow Gait Speed and Mobility Difficulty in Middle-Aged and Older Adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 77(8), 1620-1628. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9373947/>
- Carmeli, E., Imam, B., & Merrick, J. (2003). The relationship between physiology and functional status in the elderly. *The Journals of Gerontology: Series A*, 58(2). doi:10.1093/biomedgerontology/58.2.M146
- Casalí, P., Jaramillo, D., Toledo, A., & Vallejo, F. (2023). *La seguridad económica de las personas adultas mayores en Ecuador: situación actual y desafíos para la política pública*. Oficina Internacional del Trabajo (OIT) para los Países Andinos, Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-05/Seguridad%20econ%C3%B3mica%20de%20personas%20adultas%20mayores%20en%20Ecuador.pdf>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2019). Aging and Health. En U. & Centers for Disease Control and Prevention (CDC), *Healthy Aging: Promoting Well-Being in Older Adults*. National Library of Medicine (U.S.) – Bookshelf. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470404/>

- Centers for Disease Control and Prevention. (2019). Healthy Aging: Promoting Well-Being in Older Adults. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (U.S.). Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470404/>
- Cesari, M., & Sadana, R. (2018). Healthy aging: Evidence for the domains supporting the construct of intrinsic capacity. *Journal of the American Medical Directors Association, 18*(6), 460-464. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29408961/>
- Chen, J., Liu, W., Zhu, Y., Wang, Q., Li, X., & Zhao, J. (2022). Tensile Behavior of 3D Printed Polylactic Acid (PLA) Based Composites Reinforced with Natural Fiber. *Polymers, 14*(19). doi:10.3390/polym14193976
- Chen, L., Jang, F., Li, M., Zong, W., & Yu, H. (2025). Effectiveness of mHealth-based gamified interventions on physical activity in older adults: Systematic review. *JMIR Aging, 8*. doi:10.2196/78686
- Cole, A., Adapa, K., Khasawneh, A., Richardson, D., & Mazur, L. (2022). Codesign approaches involving older adults in the development of electronic healthcare tools: A systematic review. *BMJ Open, 12*(7). doi:10.1136/bmjopen-2021-058390
- Consejo Nacional para la Igualdad Intergeneracional. (2010). *Estado de situación de las personas adultas mayores*. Obtenido de Gobierno del Ecuador / Igualdad: https://www.igualdad.gob.ec/estado-de-situacion-de-las-personas-adultas-mayores/?utm_source=chatgpt.com
- Consejo Nacional para la Igualdad Intergeneracional. (2020). *Reglamento General de la Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores*. Suplemento del Registro Oficial No. 241, 8 de julio de 2020. Obtenido de https://www.igualdad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/05/reglamento_lopam_mayo2021.pdf
- Crupano, W. (2024). Investigating mechanical properties of 3D printed PLA/PHB blend: Effects of printing parameters. *Heliyon*. Obtenido de

[https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)14097-](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)14097-)

[2?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844024140972%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)14097-2?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844024140972%3Fshowall%3Dtrue)

Cruz-Jentoft, A., & Sayer, A. (2019). Sarcopenia. *The Lancet*, 2636-2646. Obtenido de

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140673619311389?utm_source=chatgpt.com

DatosMacro. (s.f.). *Ecuador — Estructura de población*. Obtenido de Expansión:

<https://datosmacro.expansion.com/demografia/estructura-poblacion/ecuador>

Dejene, B., Abteu, M. A., Birlie, A. A., & Woldeab, M. E. (2024). Three-dimensional (3D)

knitted spacer textile materials for advanced healthcare solutions: A comprehensive review. *Journal of Industrial Textiles*, 54. doi:10.1177/15280837241290169

Denecke, K., Cvijic, L., & Petersen, C. (2025). Toward inclusive design heuristics for digital

health interventions for the aging population: Scoping review. *Journal of Medical Internet Research*, 27. doi:10.2196/79449

Denecke, K., Cvijic, L., & Petersen, C. (2025). Toward Inclusive Design Heuristics for Digital

Health Interventions for the Aging Population: Scoping Review. *Journal of Medical Internet Research*, 27. doi:10.2196/79449

Dickson, C., de Zoete, R., Berryman, C., Weinstein, P., Chen, K. K., & Rothmore, P. (2023).

Patient-related barriers and enablers to the implementation of high-value physiotherapy for chronic pain: A systematic review. *Pain Medicine*, 25(2), 104-118.

doi:10.1093/pm/pnad134

Dodds, R., Syddall, H., Cooper, R., Benzeval, M., Deary, I., Dennison, E., . . . Sayer, A. A.

(2014). Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. *PLoS ONE*, 9(12). doi:10.1371/journal.pone.0113637

- Domenighetti, S., & Ozelie, R. (2024). Material matters: A comparative analysis of hand immobilization orthoses using 3D-printed, thermoplastic, and fiberglass cast. *The Open Journal of Occupational Therapy, 12*(4), 1-12. doi:10.15453/2168-6408.2241
- Fleming, R., Goodenough, B., Low, L.-F., Chenoweth, L., & Brodaty, H. (2016). The relationship between the quality of the built environment and the quality of life of people with dementia in residential care. *Dementia, 15*(4), 663-680.
doi:10.1177/1471301214532460
- Food and Drug Administration. (2023). *Use of International Standard ISO 10993-1, "Biological evaluation of medical devices — Part 1: Evaluation and testing within a risk management process" — Guidance for Industry and FDA Staff*. U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Silver Spring. Obtenido de <https://www.fda.gov/media/142959/download>
- Ghanbarian, K., Dalvand, H., AlizadehKhoei, M., Salmani, F., & Mehri, A. (2025). Relationship of Executive Functions with Manual Dexterity and Instrumental Activities of Daily Living in Older Adults With and Without Mild Cognitive Impairment. *Iranian Rehabilitation Journal, 23*(3), 339-350. doi:10.32598/irj.23.3.2567.1
- Gilliland, C., & Rowan, C. H. (4 de Marzo de 2022). Carpal fractures and dislocations for the MRCS. *Surgery (Oxford), 40*(3), 198-201. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2021.11.025>
- Guccione, A. A., Felson, D. T., Anderson, J. J., Anthony, J. M., Zhang, Y., Wilson, P. W., . . . Levy, D. (2020). The effects of specific medical conditions on the functional limitations of elders in the Framingham Study. *American Journal of Public Health, 90*(9), 1245-1250. doi:10.2105/AJPH.90.9.1245

- Hach, S., Alder, G., Stavric, V., Taylor, D., & Signal, N. (2024). Usability assessment methods for mobile apps for physical rehabilitation: Umbrella review. *JMIR mHealth and uHealth*, 12. doi:10.2196/49449
- Hernández, A., García, L., Martínez, C., Pérez, R., & Torres, E. (2024). Impact of resistive hand exercise on grip strength and functional performance in older adults: A randomized controlled trial. *ournal of Geriatric Physical Therapy*, 47(3). doi:https://doi.org/10.1136/oemed-2024-109949
- Hong, S., Choi, H., & Kweon, H. (2025). Medical device based on a virtual reality-based upper limb rehabilitation software: Usability evaluation through cognitive walkthrough. *JMIR Formative Research*, 9. doi:10.2196/68149
- Huang, L., Zhang, Z.-Y., Gao, M., Wang, X.-Q., Duan, X.-Q., & Liu, Z.-L. (2024). The effectiveness of exercise-based rehabilitation in people with hand osteoarthritis: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 54(7). doi:10.2519/jospt.2024.12241
- Institute for Quality and Efficiency in Health Care. (2025). In brief: How do hands work? *InformedHealth.org*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279362/>
- Institute for Standardization of Montenegro. (2016). MEST EN ISO 9237:2016 – Textiles – Determination of permeability of fabrics to air. Institute for Standardization of Montenegro (ISME). Obtenido de <https://isme.me/en/project/show/isme:proj:18141>
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (2020). *Centro de salud San Miguel brinda servicio de fisioterapia virtual*. Obtenido de IESS – Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social: https://www.iess.gob.ec/noticias/-/asset_publisher/4DHq/content/centro-de-salud-san-miguel-brinda-servicio-de-fisioterapia-virtual/10174
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (24 de Agosto de 2020). *Una amplia gama de servicios en rehabilitación y terapia física ofrece el HGSD*. Obtenido de IESS – Instituto

Ecuatoriano de Seguridad Social: https://www.iess.gob.ec/noticias/-/asset_publisher/4DHq/content/una-amplia-gama-de-servicios-en-rehabilitacion-y-terapia-fisica-ofrece-el-hgsd/10174

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (11 de Julio de 2024). *Desafíos y oportunidades para el Ecuador ante el envejecimiento poblacional: INEC destaca datos claves en el Día Mundial de la Población*. Obtenido de Censo Ecuador (INEC): https://www.censoecuador.gob.ec/desafios-y-oportunidades-para-el-ecuador-ante-el-envejecimiento-poblacional-inec-destaca-datos-claves-en-el-dia-mundial-de-la-poblacion/?utm_source=chatgpt.com

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2024). *INEC estima que, según proyecciones en el mediano plazo, Ecuador tendrá más adultos mayores, menos niños y adolescentes en 2050*. Obtenido de Ecuador en Cifras: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/ecuador-tendra-mas-adultos-mayores-menos-ninos-y-adolescentes-en-2050/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (28 de Septiembre de 2023). *Más de 2.700 personas son centenarias en Ecuador según el Censo*. Obtenido de Ecuador en Cifras: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/mas-de-2-700-personas-son-centenarias-en-ecuador-segun-el-censo/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (11 de Julio de 2024). *Desafíos y oportunidades para el Ecuador ante el envejecimiento poblacional: INEC destaca datos claves en el Día Mundial de la Población*. Obtenido de Censo Ecuador: <https://www.censoecuador.gob.ec/desafios-y-oportunidades-para-el-ecuador-ante-el-envejecimiento-poblacional-inec-destaca-datos-claves-en-el-dia-mundial-de-la-poblacion/>

International Electrotechnical Commission. (2020). IEC 62366-1:2015 + AMD1:2020 Medical devices – Part 1: Application of usability engineering to medical devices. Obtenido de

https://webstore.iec.ch/en/iec_catalog/product/preview/?id=L3B1Yi9wZGYvcHJldmldy9pbmZvX2llYzYyMzY2LTF7ZWQxLjF9Yi5wZGY=

International Organization for Standardization. (2006). ISO 22523:2006 External limb prostheses and external orthoses: Requirements and test methods. ISO (International Organization for Standardization). Obtenido de <https://www.iso.org/standard/37546.html>

International Organization for Standardization. (2011). ISO 26800:2011 Ergonomics: General approach, principles and concepts. ISO (International Organization for Standardization). Obtenido de <https://www.iso.org/standard/65246.html>

International Organization for Standardization. (2018). ISO 9241-11:2018 Ergonomics of human-system interaction: Part 11: Usability: Definitions and concepts. 2. ISO (International Organization for Standardization). Obtenido de <https://www.iso.org/standard/73007.html>

International Organization for Standardization. (2020). ISO 21420:2020 – Protective gloves — General requirements and test methods. Ginebra, Suiza: ISO – International Organization for Standardization. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/69030.html>

International Organization for Standardization. (2020). ISO 21801-1:2020 Cognitive accessibility - Part 1: Fundamentals and principles. ISO (International Organization for Standardization). Obtenido de <https://www.iso.org/standard/71711.html>

International Organization for Standardization. (2020). ISO 21801-1:2020, Cognitive accessibility — Part 1: General guidelines. International Organization for Standardization. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/71711.html>

International Organization for Standardization. (2023). ISO 15535:2023 General requirements for establishing anthropometric databases. ISO (International Organization for Standardization). Obtenido de <https://www.iso.org/standard/82541.html>

- International Organization for Standardization. (2025). ISO 10993-1:2025 – Biological evaluation of medical devices — Part 1: Requirements and general principles for the evaluation of biological safety within a risk management process. Ginebra, Suiza: ISO – International Organization for Standardization. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/10993-1>
- International Organization for Standardization. (2025). ISO 10993-1:2025 Biological evaluation of medical devices — Part 1: Requirements and general principles for the evaluation of biological safety within a risk management process. SO (International Organization for Standardization). Obtenido de <https://www.iso.org/standard/10993-1>
- International Organization for Standardization. (2019). ISO 9241-210:2019 Ergonomics of human-system interaction: Part 210: Human-centred design for interactive systems. 2^a edición (2019). ISO (International Organization for Standardization). Obtenido de <https://www.iso.org/standard/77520.html>
- Javed, U., Mehboob, R., Kapadia, S., Ejaz, A., Fatima, A., & Sajjid, K. (2025). Effectiveness of task-oriented training in improving functional independence in elderly stroke survivors. *Journal of Health, Wellness and Community Research*, 3(10). doi:10.61919/t2h4bd72
- Jirasakulsuk, N., Saengpromma, P., & Khruakhorn, S. (2022). Real-time telerehabilitation in older adults with musculoskeletal conditions: Systematic review and meta-analysis. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 9(3). doi:10.2196/36028
- Jonna, K., & Malik, A. (2021). Gamification for older adults: A systematic literature review. *The Gerontologist*, 61(7). doi:10.1093/geront/gnaa047
- Kaur, J., & Kamboj, R. (2023). A study on grip strength and functional performance among older adults. *International Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*, 9(3), 65-71. Obtenido de <https://medicopublication.com/index.php/ijpot/article/download/13358/12266/37404>

- Keane, A.-M., Bright, A.-M., Greenan, L., & Grealish, A. (2025). The Impact of Psychosocial Interventions on Older Adults in the Community Experiencing Social Isolation: An Integrative Review. *International Journal of Mental Health Nursing*, 34(6).
doi:10.1111/inm.70186
- Kemala Sari, N., Stepvia, S., Ilyas, M. F., Setiati, S., Harimurti, K., & Fitriana, I. (2025). Handgrip strength as a potential indicator of aging: insights from its association with aging-related laboratory parameters. *Frontiers in Medicine*, 12. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11814436/>
- Kim, J.-S., Kim, H.-J., Kim, M., & Kim, S.-H. (2025). Hand motion control ability between young and older adults: Comparative study. *JMIR Formative Research*, 9.
doi:<https://doi.org/10.2196/65224>
- Kirk, A. (2024). Cognition in Normal Aging – A Brief Review. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 51(2), 157-160. doi:10.1017/cjn.2023.259
- Landelle, C., El Ahmadi, A., & Kavounoudias, A. (2018). Age-Related Impairment of Hand Movement Perception Based on Muscle Proprioception and Touch. *Neuroscience*, 381, 91-104. doi:10.1016/j.neuroscience.2018.04.015
- Lang, S., McLelland, C., MacDonals, D., & Hamilton, D. (2022). Do digital interventions increase adherence to home exercise rehabilitation? A systematic review of randomised controlled trials. *Archives of Physiotherapy*, 12(1). doi:10.1186/s40945-022-00148-z
- Lee, E., Tan, W., Pham, B., Kawaja, A., & Theng, Y.-L. (2024). Addressing data absenteeism and technology chauvinism in the use of gamified wearable gloves among older adults: Moderated usability study. *JMIR Serious Games*, 12. doi:10.2196/47600
- Li, Y., Han, X., He, S., Chen, X., Liu, L., & Li, P. (2025). Joint associations of handgrip strength and functional disability with cognitive impairment in older adults. *European Journal of Medical Research*, 30. doi:10.1186/s40001-025-03353-1

- Liu, N., Yin, J., Tan, S. S.-L., Ngiam, K. Y., & Teo, H. H. (2021). Mobile health applications for older adults: A systematic review of interface and persuasive feature design. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 28(11), 2483-2501.
doi:10.1093/jamia/ocab151
- Li-Wang, J., Townsley, A., & Katta, R. (2023). Cognitive ergonomics: A review of interventions for outpatient practice. *Cureus*, 15(8). doi:10.7759/cureus.44258
- Long, J., Luo, Y., Wei, Y., Xie, C., & Yuan, J. (2021). The effect of cardiovascular disease and acute cardiac injury on fatal COVID-19: a meta-analysis. *American Journal of Emergency Medicine*, 48. Obtenido de <https://www.binasss.sa.cr/bibliotecas/bhm/may/5.pdf>
- McMaughan, D. J. (2020). Socioeconomic Status and Access to Healthcare. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6).
doi:10.3390/ijerph17062019
- Merlin, A., Tornberg, A.-B., Skoglund, C., & Therefore, P. (2022). Nutrition and sarcopenia: A practical approach for prevention and treatment in older adults. *Frontiers in Nutrition*, 9.
doi:10.3389/fnut.2022.873512
- Michalec, P., Schusser, M., Weidner, R., & Brandstötter, M. (2024). Designing hand orthoses: Advances and challenges in material extrusion. *Applied Sciences*, 14(20).
doi:10.3390/app14209543
- Ministerio de Desarrollo Humano. (2025). *Gobierno Nacional prepara la implementación del Programa Mis Mejores Años*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Humano del Ecuador: <https://www.desarrollohumano.gob.ec/gobierno-nacional-prepara-la-implementacion-del-programa>

Ministerio de Salud Pública. (2022). *Centro Especializado en Rehabilitación Integral N° 2*

«Guayaquil». Obtenido de Ministerio de Salud Pública de Ecuador:

<https://www.salud.gob.ec/centro-especializado-en-rehabilitacion-integral-n-2-guayaquil/>

Ministerio de Salud Pública. (2022). *Plan decenal de salud 2022–2031*. Quito, Ecuador:

Ministerio de Salud Pública – MSP. Obtenido de

<https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/documentosDirecciones/dnn/archivos/AC-00083-2022%20JUL%2004.pdf>

Ministerio de Salud Pública. (2022). *Plan Decenal de Salud 2022-2031: Resumen ejecutivo*.

Ministerio de Salud Pública (Ecuador). Obtenido de https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2022/07/Plan_decenal_Salud_2022_ejecutivo.18.OK_.pdf

Ministerio de Salud Pública. (s.f.). *Centros Especializados en Rehabilitación Integral (CERI)*.

Recuperado el 2026, de Ministerio de Salud Pública de Ecuador:

<https://www.salud.gob.ec/centros-especializados-en-rehabilitacion-integral/>

Mizutani, Y., & Ukawa, S. (2025). A systematic review of the association between pain and instrumental activities of daily living disability in community-dwelling older adults.

Geriatrics, 10(5). doi:10.3390/geriatrics10050113

Nolan, N., & McDermott, O. (2025). Failure mode effect analysis use and limitations in medical device risk management. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and*

Complexity, 11(1). doi:10.1016/j.joitmc.2024.100439

Osuagwu, B., Timms, S., Peachment, R., Dowie, S., Thrussell, H., Cross, S., . . . Taylor, J.

(2020). Home-based rehabilitation using a soft robotic hand glove device leads to improvement in hand function in people with chronic spinal cord injury: A pilot study.

Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 17. doi:10.1186/s12984-020-00660-y

- Park, E., Choi, M., & Lee, S. (2025). Development and usability evaluation of a gamified physical activity app for older adults: Mixed-methods study. *JMIR Aging*, 8. doi:10.2196/72559
- Piña Morán, M. E., Olivo Viana, M. G., Martínez Matamala, C. A., Poblete Troncoso, M., & Guerra Guerrero, V. (2022). Envejecimiento, calidad de vida y salud: Desafíos para los roles sociales de las personas mayores. *Rumbos TS. Un espacio crítico para la reflexión en Ciencias Sociales*(28), 7-27. doi:10.51188/rrts.num28.642
- Proulx, C., Beaulac, M., David, M., Deguire, C., Klug, F., Kupnik, M., . . . Gagnon, D. (2020). Review of the effects of soft robotic gloves for activity-based rehabilitation in individuals with reduced hand function and manual dexterity following a neurological event. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 7. doi:10.1177/2055668320918130
- Rodríguez-Vega, G., & Rodríguez-Vega, D. (2024). Normative data for the anthropometric hand dimensions of the Mexican population. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-15. doi:10.31637/epsir-2024-932
- Saldarriaga, A., Gutierrez-Velasquez, E. I., & Colorado, H. (2024). Soft hand exoskeletons for rehabilitation: Approaches to design, manufacturing methods, and future prospects. *Robotics*, 13(3). doi:10.3390/robotics13030050
- Seidler, R., Bernard, J., Burutolu, T., Fling, B., Gordon, M., Gwin, J., . . . Lipps, D. (2010). Motor control and aging: Links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(5), 721-733. doi:10.1016/j.neubiorev.2009.10.005
- Serban, A., Grosu-Bularda, A., Bordeanu-Diaconescu, E.-M., Tache, G.-O., & Stoica, M. (2025). Early rehabilitation versus conventional approaches in post-traumatic hand injuries with

multiple lesions: Clinical outcomes and future directions. *Medicina*, 61(11).

doi:10.3390/medicina61112063

Sharif, S., & Roth, B. (2020). Wearable Hand Rehabilitation Technologies Based on Soft Robotics. En Springer, *Soft Robotics: Design, Sensing, Control and Applications*. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-32022-5_31

Soriano Molina, D., Abreus Betarte, L., León Ramírez, L., González Curbelo, V. B., & Suárez Vivas, L. (2025). Comportamiento de la fuerza prensil de manos en adultos mayores. *Revista Científica Cultura, Comunicación y Desarrollo*, 10. Obtenido de <https://rccd.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/703>

Suero-Pineda, A., Oliva-Pascual-Vaca, Á., Durán, M. R., Sánchez-Laulhé, P. R., García-Frasquet, M. Á., & Blanquero, J. (2023). Effectiveness of a telerehabilitation evidence-based tablet app for rehabilitation in traumatic bone and soft-tissue injuries of the hand, wrist and fingers. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 104. doi:10.1016/j.apmr.2023.01.016

Süner-Pla-Cerdà, S., Şahin, B., & Arikan, K. B. (2024). User requirements and involvement methods in the development of hand exoskeletons: A review. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, 14(1). doi:10.1145/3698240

Talukder, A., & Jo, J. (2025). Elastic textile-based wearable modulation of musculoskeletal load: A comprehensive review of passive exosuits and resistance clothing. *Wearable Technologies*, 6. doi:10.1017/wtc.2025.2

Toci, G., Green, A., Mubin, N., Imbergamo, C., Sirch, F., Varghese, B., . . . Katt, B. (2023). Patient adherence with at-home hand and wrist exercises: A randomized controlled trial of video versus handout format. *Hand*, 18(4), 680-685. doi:10.1177/155894472111052750

U.S. Food and Drug Administration. (2023). *Use of International Standard ISO 10993-1, "Biological evaluation of medical devices – Part 1: Evaluation and testing within a risk*

management process”: *Guidance for industry and FDA staff*. U.S. Food and Drug Administration. Obtenido de <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/use-international-standard-iso-10993-1-biological-evaluation-medical-devices-part-1-evaluation-and>

Unidad Patronato Municipal San José. (2025). *Adulto Mayor – Unidad Patronato Municipal San José*. Obtenido de atronato de Quito – Municipio del Distrito Metropolitano de Quito: <https://patronato.quito.gob.ec/adulto-mayor/>

United Nations & World Health Organization. (2021). *World Social Report 2021: The Inequality Pandemic*. United Nations / World Health Organization. Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/dspd/wp-content/uploads/sites/22/2021/03/9789240016866-eng.pdf>

Van Beek, N., Stegeman, D., Jonkers, I., de Korte, C., Veeger, D., & Maas, H. (2019). Single finger movements in the aging hand: Changes in finger independence, muscle activation patterns and tendon displacement in older adults. *Experimental Brain Research*, 2019(5), 1141-1154. doi:10.1007/s00221-019-05487-1

Wang, Q., Liu, J., Zhou, L., Tian, J., Chen, X., Zhang, W., . . . Gao, Y. (2022). Usability evaluation of mHealth apps for elderly individuals: A scoping review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 22(1). doi:10.1186/s12911-022-02064-5

Wang, Z.-Y., & Cho, J.-Y. (2022). Older Adults’ Response to Color Visibility in Indoor Residential Environment Using Eye-Tracking Technology. *Sensors*, 22(22). doi:<https://doi.org/10.3390/s22228766>

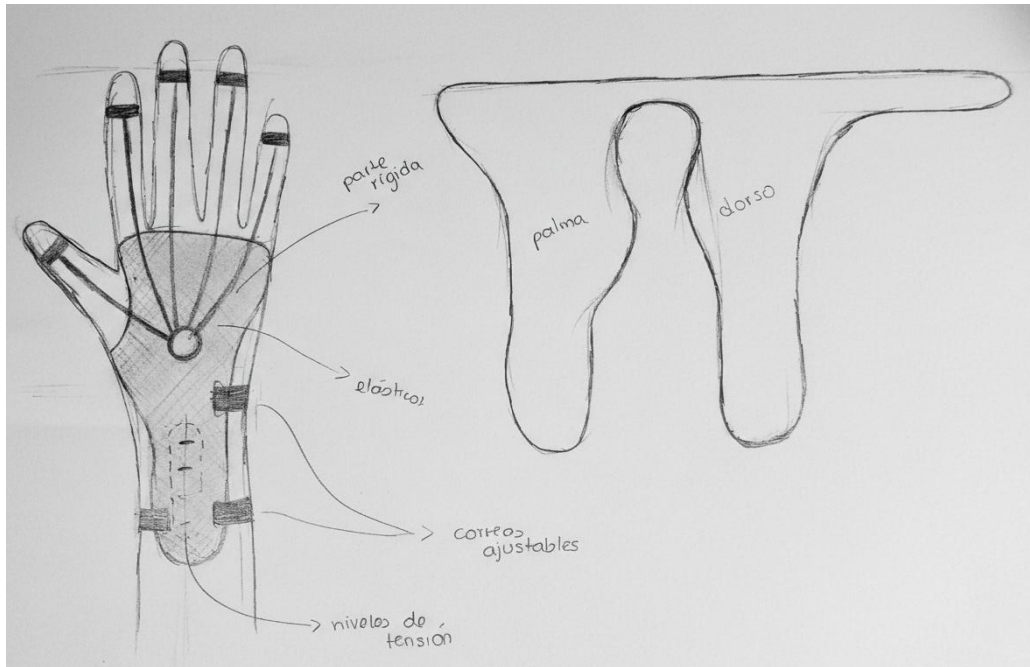
World Health Organization. (2015). *World report on ageing and health*. Ginebra, Suiza: World Health Organization. Obtenido de <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565042>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140673615005164>

- World Health Organization. (2020). *Decade of healthy ageing: baseline report*. Ginebra (Geneva): World Health Organization. Obtenido de <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/338677/9789240017900-eng.pdf>
- World Health Organization. (2021). *Década del Envejecimiento Saludable (2021-2030)*. Recuperado el 2026, de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/initiatives/decade-of-healthy-ageing>
- World Health Organization. (2024). *Integrated care for older people (ICOPE) approach*. World Health Organization. Obtenido de <https://www.who.int/teams/maternal-newborn-child-adolescent-health-and-ageing/ageing-and-health/integrated-care-for-older-people-icope>
- World Health Organization; International Institute for Environment and Development. (2014). Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25474696/>
- World Wide Web Consortium. (2023). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. World Wide Web Consortium (W3C). Obtenido de <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>
- Yamada, K., Yamaguchi, S., Ito, Y., & Ohe, T. (2021). Factors associated with mobility decrease leading to disability: a cross-sectional nationwide study in Japan, with results from 8681 adults aged 20-89 years. *BMC Geriatrics*, *21*(651). doi:10.1186/s12877-021-02600-4
- Zhang, L., Ge, Y., Zhao, W., Shu, X., Kang, L., Wang, Q., & Liu, Y. (2025). A 4-week mobile app-based telerehabilitation program vs conventional in-person rehabilitation in older adults with sarcopenia: Randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, *27*. doi:10.2196/67846
- Zhang, Q., Lin, Y., Liu, X., Zhang, L., Zhang, Y., Zhao, D., . . . Jia, J. (2021). Diabetic peripheral neuropathy affects pinch strength and hand dexterity in elderly patients. *Neural Plasticity*. doi:10.1155/2021/9959103

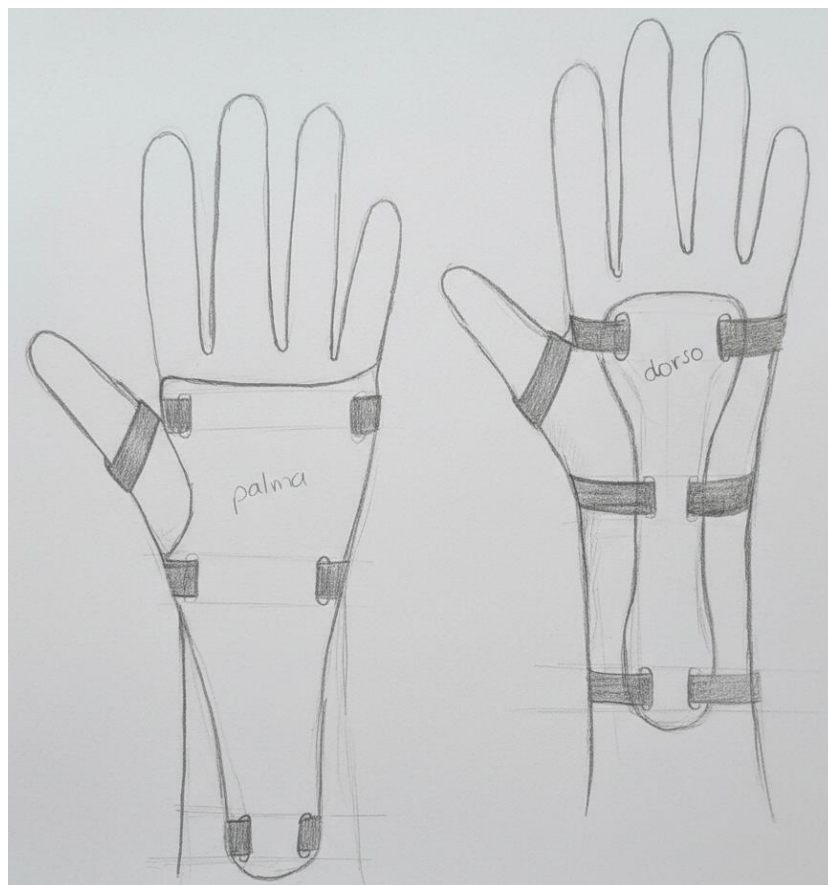
Zhou, S., Dell, M., Calloway, A., Lin, R., & Shi, F. (2020). Evaluation of a gamified hand rehabilitation system (GripAble) for people with chronic stroke: Pilot usability study. *JMIR Serious Games*, 8(4). doi:10.2196/19071

ANEXOS

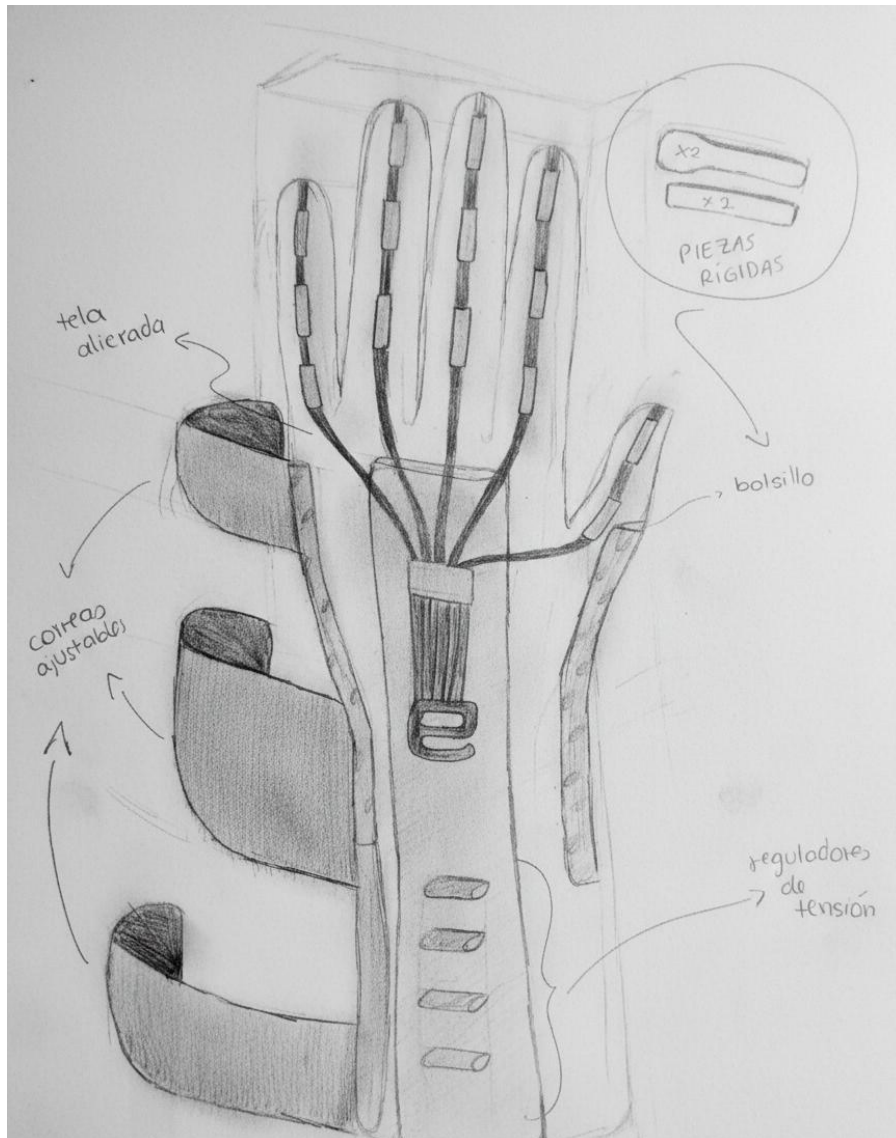
7.1 Anexo A: Alternativa de diseño 1 (Alt1)



7.2 Anexo B: Alternativa de diseño 2 (Alt2)



7.3 Anexo C: Alternativa de diseño 3 (Alt3)



7.4 ANEXO D. Análisis de entrevistas

7.4.1 ENTREVISTA: TERAPIA OCUPACIONAL EN ADULTOS MAYORES

Entrevistada: Nicole Muñoz, experiencia en terapia ocupacional para adultos mayores con discapacidades y terapia física en adultos.

La entrevista se realizó a Nicole Muñoz, terapeuta ocupacional (TO) de 25 años egresada de la Universidad de Guayaquil, quien actualmente trabaja con adultos mayores con

discapacidad en zonas vulnerables. Los entrevistadores están diseñando una herramienta fisioterapéutica para la mejora de la movilidad en manos de adultos mayores. La TO mencionó que atiende mayormente a pacientes con discapacidad física, incluyendo casos muy severos.

A continuación, se presenta el resumen enfocado en la motivación y la adherencia a la terapia desde la perspectiva de la terapia ocupacional:

Factores Determinantes para la Motivación y Participación

La terapeuta ocupacional enfatiza que la motivación y la participación activa del adulto mayor dependen en gran medida del terapeuta.

- **Vínculo Terapéutico y Actitud Profesional:** Si el terapeuta no establece las pautas para crear un vínculo con el paciente desde el inicio, no logrará resultados. El profesional debe entrar a la sesión con una sonrisa y evitar transmitir energías negativas o preocupaciones personales, ya que la motivación del terapeuta es clave.
- **Planificación y Evaluación Inicial:** Desde la primera sesión, el terapeuta debe identificar las necesidades del usuario. Para adaptar las actividades, se utilizan cuatro pruebas iniciales: Minimental, Jesabch, Bartel y Ele lectong, que evalúan actividades de la vida diaria (básicas e instrumentales), nivel emocional y estado cognitivo. La planificación terapéutica se crea en función de los resultados de estas pruebas y las respuestas del usuario.
- **El Rol Fundamental del Entorno (Adherencia y Compromiso)**
Un factor determinante para la motivación es el factor social. La familia y la comunidad son elementos esenciales con los que el terapeuta debe vincularse.
- **El Impulso Familiar:** La familia es un factor muy importante. En muchos casos, los adultos mayores necesitan que un familiar esté presente para que los impulse a trabajar o acceder a la actividad.

- **Sensación de Abandono:** La ausencia de la familia puede generar que el adulto mayor se sienta solo, sin ser escuchado o desatendido, lo que afecta su disposición (comparándolo con un niño dejado en la guardería).
- **Talleres y Comunicación:** La familia debe estar involucrada en las terapias, ya que los talleres mensuales están dirigidos tanto al paciente como al familiar. El familiar es crucial para reforzar la repetición de las actividades en casa y para asegurar la continuidad del tratamiento, dado que los adultos mayores pueden perder facultades paulatinamente. También se trabaja la comunicación asertiva entre el usuario y la familia.
- **Terapia Grupal:** La terapia es más motivadora cuando los pacientes están con otras personas de su misma edad o que comparten el mismo tipo de discapacidad.

Estrategias para Manejar el Desinterés

Cuando los pacientes demuestran desinterés o dificultad para adherirse a las sesiones, la terapeuta utiliza diversas estrategias:

- **Persuasión:** Es la técnica principal.
- **Juegos y Roles:** Se emplean juegos de roles o de turnos, lo cual también ayuda a trabajar la parte conductual del respeto de turnos.
- **Adaptación Inmediata:** Si el paciente rechaza una actividad, se le pregunta qué le gustaría hacer o se planea la siguiente actividad.
- **Recursos del Entorno:** La Terapia Ocupacional es recursiva; si el paciente no quiere usar los materiales traídos, el terapeuta debe usar elementos disponibles en el medio (por ejemplo, tomar una toalla para hacer un ejercicio).

Barreras para la Continuidad del Tratamiento

La barrera que limita con mayor frecuencia la continuidad del tratamiento es el factor económico. Otras barreras importantes incluyen:

- La falta de accesibilidad y las barreras arquitectónicas (como la ausencia de rampas) en centros o establecimientos públicos esenciales (como donde se cobran bonos o se hacen trámites).
- Las dificultades burocráticas y el costo asociado a obtener una carta poder para el cuidador, lo que hace que algunas familias abandonen el proceso.

Fortalecimiento de los Programas de Terapia Ocupacional

Para mejorar la motivación y el bienestar, la terapeuta sugiere que se debe fortalecer la integración del equipo multidisciplinar. Existe una falta de conocimiento sobre la Terapia Ocupacional (incluso por parte de otros profesionales médicos). A menudo se ve a los terapeutas ocupacionales como profesionales que "solamente hacemos juego" o que ejecutan proyectos de muy corta duración, sin incluirlos completamente en el equipo.

Evaluación y Seguimiento de la Mejora (Adherencia)

Para evaluar la mejora y la adherencia, la TO realiza:

- Una encuesta de satisfacción cada dos meses.
- Las pruebas formales (mencionadas anteriormente) cada 6 meses.
- Preguntas informales después de cada sesión al usuario sobre si le gustó la actividad, si fue fácil o difícil, y qué le gustaría hacer en la próxima sesión.
- Mantenimiento del seguimiento con el cuidador o familiar para preguntar cómo le fue al paciente en el día y si se realizaron los ejercicios asignados para casa, demostrando que la Terapia Ocupacional es una "carrera humana" que se preocupa por las personas.

7.4.2 ENTREVISTA: TERAPIA OCUPACIONAL Y TERAPIA FÍSICA EN EXTREMIDADES SUPERIORES

Entrevistado: Russel Muñoz Espinoza, experiencia en terapia ocupacional para adultos mayores y terapia física especializada en manos y extremidades superiores.

Experiencia del Entrevistado y Contexto General

El entrevistado, Russel Muñoz Espinoza, es un terapeuta ocupacional con 8 años de experiencia. Ha trabajado con diversas poblaciones, incluyendo adultos mayores y pacientes con lesiones específicas en la mano y el miembro superior. La rehabilitación de la mano y el miembro superior es una subespecialidad que puede ser abordada tanto por terapeutas ocupacionales como por terapeutas físicos.

En general, la terapia de mano se trabaja a menudo en conjunto con el cirujano de mano, tratando principalmente a pacientes postquirúrgicos. El objetivo primordial es lograr la mayor cantidad de funcionalidad posible en la parte afectada.

Consideraciones Clave en Adultos Mayores

Para el diseño de una herramienta enfocada en adultos mayores, es crucial considerar las diferencias en la rehabilitación en esta población:

- **Tiempos de recuperación:** Los tiempos de consolidación y recuperación de fracturas son diferentes en adultos mayores comparados con niños o adultos jóvenes.
- **Complicaciones de Salud:** Condiciones preexistentes como la osteoporosis u osteopenia complican la regeneración del tejido óseo, haciendo necesario un abordaje distinto.

- **Fragilidad:** La fragilidad es la característica predominante que se debe tener en cuenta al realizar la valoración de un adulto mayor, así como su riesgo de caídas.
- **Lesiones Comunes:** Una de las lesiones más comunes en adultos mayores es la fractura de Colles (fractura del radio distal), causada típicamente por una caída con la mano en hiperextensión.

Tipos de Ejercicios y Herramientas Existentes

El diseño de la herramienta debe alinearse con los tipos de movimientos terapéuticos que se utilizan comúnmente:

Clasificación de Movimientos

- Los ejercicios pueden distribuirse por segmentos (hombro, codo, muñeca y mano) y clasificarse por el nivel de ayuda requerido:
- **Pasivos:** El paciente no puede realizarlos; el terapeuta o cuidador los asiste para evitar la rigidez y estimular el tono muscular.
- **Activos Asistidos:** El paciente inicia el movimiento pero no completa el rango articular; se requiere asistencia para llevarlo al rango completo.
- **Activos:** El paciente realiza los movimientos completamente por su propia cuenta.

Herramientas Terapéuticas Convencionales:

La terapia ocupacional utiliza la ocupación para la rehabilitación, incluyendo actividades de la vida diaria (AVD) como lavarse los dientes, para trabajar movimientos específicos como la extensión y flexión de codo. Otras herramientas físicas incluyen:

- Balones, palos, mancuernas y ligas de tensión.
- Plastilinas terapéuticas con diferentes niveles de resistencia (desde la beige, la más baja, hasta la negra, la más fuerte), que se ajustan al progreso del paciente.

Herramientas Tecnológicas:

Existen herramientas digitales que complementan la terapia y ayudan en el seguimiento:

Aplicaciones Móviles (Apps): Se utilizan aplicaciones como Riham (de una empresa española), la cual se puede trabajar con un celular o tableta.

- **Funcionalidad de las Apps:** Permiten el seguimiento y acompañamiento del paciente al asignar tareas a casa. El paciente usa un código y la aplicación le muestra ejercicios relacionados con su tipo de lesión.
- **Herramienta de Guía:** Existe una aplicación creada por una mentora del entrevistado que proporciona videos pregrabados y categorizados por segmento (dedos, mano, muñeca, codo, hombro), sirviendo como una guía para las rutinas en casa.
- **La tecnología es particularmente útil** cuando los adultos mayores no tienen cuidadores o familiares constantes que los ayuden con sus rutinas.

Motivación y Adaptación del Material (Diseño Centrado en el Usuario)

Para asegurar la adherencia a la terapia y el progreso, es fundamental considerar el interés del adulto mayor.

- **Motivación Primordial:** El apoyo familiar es considerado el principal motivador.
- **Diseño Interesante:** La actividad o herramienta debe ser del interés del adulto mayor. Si el material propuesto no es de su interés, será difícil que lo realicen.
- **Evitar la Infantilización:** Es crucial no infantilizar el material terapéutico sin una comunicación asertiva. Los pacientes pueden rechazar la terapia si sienten que los ponen a hacer "cosas de niño".

- Personalización: Se sugiere personalizar los materiales, por ejemplo, usando imágenes muy reales o creando actividades (como rompecabezas) basadas en temas que les gusten, como el arte (ej. una pintura de Osvaldo Guayasamín).

Evaluación de la Dificultad

Al diseñar la herramienta, se debe tener en cuenta cómo se evaluará la funcionalidad y el nivel de dificultad:

- Análisis Previo: Es importante realizar un análisis para determinar qué tipo de actividades son apropiadas.
- Escala de Valoración: La escala utilizada por el entrevistado para evaluar la funcionalidad de la mano y el miembro superior es la QuickDASH. Esta escala ayuda a generar el nivel de dificultad de las actividades que se proponen al paciente.

Sugerencia de Herramienta Futura (Realidad Virtual)

Aunque se reconoció la necesidad de enfocarse en una herramienta básica para la tesis inicial, la sugerencia del experto para un complemento avanzado fue la Realidad Virtual (VR).

El entrevistado sugiere que una plataforma con gafas de VR cuyos juegos estén enfocados netamente al ámbito terapéutico (en lugar de plataformas comerciales con juegos no optimizados para la terapia) sería un gran complemento y ayudaría muchísimo en la rehabilitación.

7.4.3 ENTREVISTA: FISIOTERAPIA Y ATENCIÓN GERIÁTRICA

Entrevistado: Bryan Lucas, fisioterapeuta con experiencia en atención geriátrica y estudios en esta área.

La entrevista con el fisioterapeuta Brian Lucas, quien actualmente cursa estudios en terapia de atención geriátrica, cubrió varios aspectos clave relacionados con el tratamiento de la movilidad en adultos mayores y la viabilidad del prototipo de órtesis propuesto.

Experiencia con Órtesis y Condiciones Geriátricas

- **Origen de las Patologías:** Los problemas de muñeca o mano suelen ser complicaciones adyacentes derivadas de patologías más grandes en el adulto mayor.
- **Individualización del Tratamiento:** El tratamiento es muy particular, ya que cada paciente es diferente y las enfermedades afectan a las personas de distintas maneras.
- **Condiciones Comunes:**
 - **Espasticidad:** El paciente puede desarrollar rigidez y pérdida de movilidad en las manos.
 - **Flacidez:** El paciente pierde movimiento porque los miembros superiores o inferiores se vuelven flácidos (lo contrario a la espasticidad). En estos casos, la órtesis es una ayuda fundamental.
- **Uso Común de Órtesis en Terapia:** En terapias de muñeca, lo más recomendable es el uso de órtesis (férulas).
- **Se utilizan para fijación** (en casos de fracturas o lesiones que causan dolor).
- **Se utilizan para permitir un movimiento controlado** (en casos de rigidez).
- **Tipos de Órtesis:** Hay órtesis de fijación, órtesis mecánicas y órtesis que facilitan el movimiento.

Objetivos del Tratamiento y Proceso de Mejora

- **Funcionalidad Óptima:** El objetivo preferible del tratamiento fisioterapéutico es que la persona alcance la mayor funcionalidad posible.
- **Metas Realistas:** En casos donde la funcionalidad total es imposible, la meta es lograr una funcionalidad que le permita al paciente realizar sus actividades de la vida diaria.
- **Rol de la Órtesis:** La órtesis es un complemento que ayuda y facilita el tratamiento terapéutico.
- **Ritmo de Mejora:** Las mejoras en un adulto mayor se ven progresivamente. El trabajo es lento, ya que no se espera un cambio notorio de aquí a meses. Esto se debe a que los adultos mayores trabajan de manera diferente y han perdido cualidades que facilitan el proceso a los jóvenes.

Aspectos Motivacionales y Psicológicos

- **Resistencia a la Terapia:** Algunos pacientes adultos mayores pueden negarse a recibir terapias, sintiendo que "ya no sirven para nada".
- **Factores Motivacionales:** Ciertas personas buscan seguir adelante, vivir y contribuir (incluso a su familia), buscando no ser una carga para sus seres queridos. Este deseo los motiva a seguir la terapia.
- **Enfoque del Proyecto:** El equipo del proyecto busca implementar un componente motivacional en la solución para facilitar que los adultos mayores lo incorporen en su rutina.

Tratamiento y Acompañamiento

- **Independencia del Tratamiento:** Tanto la frecuencia como el tipo de tratamiento son independientes de la condición y edad específica del paciente.

- **Acompañamiento Familiar:** La presencia de familiares depende del paciente. Hay adultos mayores que son dependientes y requieren al familiar, y otros que son independientes. Sin embargo, siempre es importante que el familiar esté al tanto del adulto mayor.
- **Seguimiento en Casa:** Es recomendable que el adulto mayor realice actividad física o sea asistido para realizar movimientos articulares en casa para prevenir complicaciones, dependiendo de su enfermedad.

Uso de Aplicaciones y Tecnología en Fisioterapia

- **Experiencia del Fisioterapeuta:** El entrevistado no ha trabajado directamente con aplicaciones de acompañamiento, sino que ha estado presente físicamente con los pacientes.
- **Conocimiento de Herramientas:** Considera que sí existen herramientas como juegos didácticos por medio de aplicaciones que pueden usarse para diferentes tipos de tratamiento.
- **Necesidad de Aplicaciones:** El fisioterapeuta opina que el uso de aplicaciones sería de gran ayuda, especialmente en el caso de una nueva pandemia. Estas ofrecen seguridad tanto para el paciente como para el profesional. (El entrevistador mencionó que durante la pandemia se usaron aplicaciones con video tutoriales y registro de rutinas).

Métodos de Evaluación

Para verificar el nivel de discapacidad y la necesidad de rehabilitación, se evalúan varios parámetros.

- **Pruebas Funcionales:** Se usan pruebas como la prueba de Barthel, que diagnostica las actividades básicas de la vida diaria (vestirse, cocinar, caminar).

- Pruebas Específicas: Se utiliza la prueba o test de Dash, que verifica la funcionalidad de las manos, muñecas y, sobre todo, los dedos.
- Pruebas Generales: Se incluyen pruebas de verificación de fuerza y de rango articular.
- Resultado: Estas pruebas arrojan un porcentaje que indica el nivel de funcionalidad en el que se encuentra el paciente.

Futura Colaboración

El fisioterapeuta se mostró dispuesto a revisar la idea del proyecto más adelante para validarla basándose en su experiencia.

Informó que no tiene contactos de centros de fisioterapia en Guayaquil que el equipo pueda visitar para realizar pruebas del producto.