ESCUELA DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA TOULOUSE LAUTREC

Dispositivo de asistencia en la dosificación inhalatoria para el fortalecimiento de la autonomía en el adulto mayor

PROYECTO DE INNOVACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE BACHILLER EN DISEÑO DE PRODUCTO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

PRESENTADA POR

Giuseppe Joaquin Bambaren Pardo
DNI: 74605887, Perú

Avrill Adali Prado Moreno
DNI: 72491077, Perú

ASESOR

Martha Sofia Mercedes Millan Reyes
DNI: 76965994, Perú
ORCID: 0000-0002-2892-4921

JURADO

Martha Sofia Mercedes Millan Reyes
Flor Milagros Gutiérrez Marquez
Marycielo Ramirez Trujillo

Lima, septiembre 2026

Informe-0000016237-2017004713-PRADO-BAMBAREN.pdf

Desarrollo Educativo S.A. Instituto Toulouse Lautrec

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::11391:614840500

Fecha de entrega
16 ago 2026, 11:05 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
16 ago 2026, 11:13 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
Informe-0000016237-2017004713-PRADO-BAMBAREN.pdf

Tamaño del archivo
8.3 MB

57 páginas

10.076 palabras

59.157 caracteres

15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado

Fuentes principales

10%	Fuentes de Internet
3%	Publicaciones
12%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Dedicatoria

Se lo dedico a mi abuela, que nunca dejó de creer en mí. A mi madre que siempre me guió por el camino correcto y que pueda seguir mis sueños. A mis tías, que a pesar de los problemas y diferencias, nunca dejaron de apoyarme. A mis compañeros, que cada día con ellos aprendo cosas nuevas. A Avrill, a pesar de ser mi competencia directa, no puedo estar más agradecido por haber conocido a una de las mejores compañeras que pude tener y una gran amiga. A mi novia, que me enseño lo bonito que puede ser la vida.

Se lo dedico a Dios porque sé que si estoy acá es por todas las personas que me quieren y momentos buenos que ha puesto en mi camino para no rendirme. A padres Gisella, Carlos y mi hermana Alisson, que a pesar de todo han estado ahí para mí, apoyándome con acciones y palabras en todos los momentos felices y difíciles de mi vida, por impulsarme en mis estudios y talleres de arte. A mis abuelos que aunque no me acompañen todos, me han cuidado siempre. A mi novio Felix, que me ha estado en mis peores momentos cuidándome, creciendo juntos, apoyándome en cada una de mis locuras y amándome por sobre todas las cosas. A mi conejito Venus que me acompañó en todos mis desvelos y a mi conejito Venus.

Agradecimiento

Muchas gracias a HH por las risas en días de mucho estrés, y enseñarme a reírme hasta en los malos momentos. Muchas gracias a Illojuan por acompañarme con sus videos en madrugadas que parecían interminables. Muchas gracias a One Piece, que en uno de los momentos más bajos de mi vida, me enseño que algún día encontraré amigos que jamás me abandonarán, y que es mucho más divertido vivir la vida acompañado que solo. Muchas gracias a mi madre por convencerme a retomar la carrera, convirtiéndose en una de las mejores decisiones que tomé en mi vida. Gracias a mi novia por nunca perder la fe en mí.

Gracias a HH por acompañarme en mis noches en vela, a OMG Y Zaca por distraerme en mis momentos de estrés y soledad, a mi hermana que se que puedo contar con ella en mis momentos más tristes. Gracias a mi conejo Venus por entrar a mi vida y enseñarme un poco más el sentido de responsabilidad y el amor que me ofrece cada día. Gracias a mis mamá por apoyarme en cada proyecto académico, personal y ser mi confidente desde niña, a mi papá que siempre trata de cuidarme recogiendome de TLS para que nada me pase, impulsarme a ser mejor profesional y persona y mi mami por engreirme con mis comidas favoritas y amarme incondicionalmente. Gracias a mi novio por hacer realidad mis proyectos más locos y acompañarme en los momentos que más lo necesito. A Giuseppe, por volverse mi dupla en cada clase que tenemos en conjunto, convertirse en un gran amigo y ser mi competencia en clase.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. Información general **1**

1.1 Título del Proyecto de Innovación 1

1.2 Resumen del Proyecto de Innovación 1

1.3 Contextualización del Proyecto de Innovación 2

II. Descripción de la innovación **4**

2.1 Planteamiento del Problema 4

2.2 Población beneficiaria 7

2.3 Objetivo(s) del proyecto 10

2.4 Marco referencial 11

2.5 Proceso creativo y experimentos 16

2.5.1 Información sobre el usuario(s) 16

2.5.2 Información sobre el Mercado 18

2.5.3 Concepto y Propuesta de Valor 22

2.5.4 Diseño de producto/servicio 23

2.5.5 Modelo de Negocio 25

2.5.6 Resultados esperados 27

2.5.7 Prototipos desarrollados 29

2.5.8 Experimentos 32

III. Estimación de costos 35

3.1 Presupuesto 35

IV. Conclusiones y recomendaciones 40

4.1 Conclusiones 40

4.2 Recomendaciones 41

V. Referencias Bibliográficas 43

VI. Anexos 47

6.1 Anexo 1 -Entrevistas con los Usuarios 47

6.2 Anexo 2 - Entrevista con el especialista 48

6.3 Anexo 3 - Consentimiento Informado 48

ÍNDICE DE TABLAS

Figura 1 Árbol de problemas *7*

Figura 2 Mapa de Actores *10*

Figura 3 Arquetipo de Usuario *18*

Figura 4 Mapa de Empatía *18*

Figura 5 Propuesta de valor *22*

Figura 6 Ruta de Conceptualización *22*

Figura 7 Boceto Dispositivo Doppo *23*

Figura 8 Modelo de Negocio Canva *26*

Figura 9 Prototipo de alta fidelidad *30*

Figura 10 Vistas del prototipo de alta fidelidad *30*

Figura 11 Validación de usabilidad y desempeño técnico *33*

Figura 12 Validación Médica: Rigor Protocolar clínico *33*

Figura 13 Entrevista a Usuario probando el dispositivo *34*

Figura 14 Entrevista a Experto en Medicina General *34*

Figura 15 inversión inicial *38*

Figura 16 Costos Operativos y de Comercialización *38*

Figura 17 Proyección de Flujo de Caja del primer año *39*

Figura 18 Estrategia de Precios y Márgenes de Rentabilidad *39*

I. Información general

1.1 Título del Proyecto de Innovación

Dispositivo de asistencia en la dosificación inhalatoria para el fortalecimiento de la autonomía en el adulto mayor.

1.2 Resumen del Proyecto de Innovación

El proyecto de innovación “dispositivo de asistencia en la dosificación inhalatoria para el fortalecimiento de la autonomía en el adulto mayor” se plantea en el contexto del área estratégica de desarrollo prioritario de salud y bienestar social y la actividad económica de Salud humana y asistencia social y busca resolver las limitaciones de fuerza motriz y los errores de técnica en la administración del inhalador, satisfaciendo la necesidad de autonomía y seguridad del usuario mediante asistencia ergonómica y automatizada, teniendo como población beneficiaria a los adultos mayores (65-85 años) con enfermedades crónicas, debilidad motora, sarcopenia o artrosis en Perú.

Se aplicó la metodología de resolución creativa de problemas con herramientas de Design Thinking para tomar como centro al usuario y Lean Startup para impulsar la implementación de los resultados, estas herramientas contemplan la colaboración y el pensamiento visual, como la técnica persona para plantear arquetipos y validar usuarios, mapa de actores para reconocer el contexto y mercado, mapa de trayectoria, para delinear la mecánica de la propuesta, canvas de propuesta de valor, para consolidar el concepto innovador, canvas de modelo de negocio que permita observar la sostenibilidad de la propuesta, entre otras, que son presentadas en detalle en el documento a continuación.

La solución innovadora presentada en forma de propuesta de valor consiste en un dispositivo que facilite la aplicación del inhalador, ayudando a mejorar la adherencia del

medicamento según los protocolos necesarios, se trata de un producto que cuenta con un sistema de optimización farmacológica, que garantiza la eficiencia del medicamento, dado a que cuenta con sensores que contabiliza la frecuencia y fuerza de la agitación necesaria para homogeneizar el medicamento, de esa forma se asegura que el medicamento esté correctamente distribuido ante de su ingesta, llegando eficientemente a los pulmones y no quede solo en la garganta. Además, integra un mecanismo automatizado, que elimina la barrera de la fuerza física, permitiendo que la dosis sea liberada mediante un botón de baja resistencia, reduciendo la fatiga de los pacientes.

Finalmente cuenta con la asistencia cronometrada, mediante alarmas sonoras que guían a los usuarios a través de los ciclos críticos de apnea (10 segundos) y los intervalos de espera entre dosis (30 segundos). Asimismo el sistema permite programar protocolos de emergencia en caso de crisis respiratorias, activando alarmas de 15 y 20 minutos con prescripción médica.

Para la experimentación se diseñaron prototipos de Doppo, un adaptador ergonómico de accionamiento mecánico asistido para ponerlo a prueba con usuarios reales en la Casa de Reposo Más Vida en San Miguel. Se concluye que la solución propuesta brinda una solución clave para las personas con las enfermedades crónicas que se aborda en la investigación, pero también se descubrió que hay muchas más patologías que pueden impedir el uso correcto de la aplicación del inhalador, y con ello la autonomía del paciente y se recomienda que se desarrollen distintas variantes que aborden distintas patologías que impidan el uso correcto de los inhaladores.

1.3 Contextualización del Proyecto de Innovación

El desarrollo de este proyecto se realiza en Lima Metropolitana, en un entorno geográfico urbano y climáticos particulares. La ciudad registra con frecuencia niveles de humedad relativa superiores al 95% y altas concentraciones de material particulado como el MP2,5 y MP10. De

acuerdo con el Ministerio de Salud (MINSA, 2024) y la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2025), estos factores ambientales actúan como detonantes críticos de crisis asmáticas y complicaciones de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), afectando especialmente a las poblaciones más vulnerables.

La dificultad del entorno se cruza de manera directa con un panorama demográfico complejo. Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2025), el 76.3% de los adultos mayores en la capital vive con al menos una patología crónica. Este indicador se enmarca en un proceso acelerado de envejecimiento poblacional, visible en el aumento constante de hogares con personas mayores de 80 años en zonas urbanas, lo que ejerce una presión cada vez mayor sobre los servicios de salud.

En este escenario, el uso autónomo de los inhaladores de dosis medida (pMDI) suele volverse ineficiente. La correcta aplicación del medicamento exige una fuerza de prensión y una coordinación psicomotriz que se deterioran notablemente entre los 65 y 85 años. De hecho, López y Gonzales (2023) señalan que el 55% de los adultos mayores en el sistema de salud limeño experimenta limitaciones funcionales que comprometen la precisión motriz necesaria. Al no poder presionar el dispositivo adecuadamente, el fármaco se deposita en la orofaringe en lugar de llegar de forma efectiva a los pulmones.

A las dificultades biomecánicas se añade un fuerte componente sociocultural: la resistencia del adulto mayor a depender de terceros para su cuidado diario, motivada por el temor a convertirse en una carga familiar. Esta autopercepción de carga impacta negativamente en su bienestar emocional (De La Serna et al., 2024), lo que suele llevar al aislamiento o al uso oculto del inhalador, resultando en dosis mal administradas o insuficientes.

Asimismo, la contaminación ambiental, el desgaste físico propio de la edad y las barreras psicológicas frente a la pérdida de autonomía genera un ciclo crítico, el deterioro respiratorio avanza, las emergencias hospitalarias aumentan y se genera un gasto ineficiente de recursos farmacéuticos. Por lo tanto, este dispositivo de asistencia automatizada desea resolver la necesidad técnica y médica en un clima adverso, sino que aborda una brecha de equidad social, devolviendo la independencia al usuario y reduciendo el impacto emocional del envejecimiento en su entorno familiar.

II. Descripción de la innovación

2.1 Planteamiento del Problema

Definición del problema

La complejidad técnica de los inhaladores limita severamente la eficacia terapéutica en patologías respiratorias en adultos mayores. La evidencia señala que más del 70% de los pacientes no logra ejecutar correctamente la técnica inhalatoria, anulando el beneficio farmacológico (De Montalvo Jääskeläinen, 2024). Este fenómeno, que se caracteriza por una administración insegura del fármaco, se ve agravado por la falta de estandarización en la instrucción y el diseño poco intuitivo de los inhaladores de dosis medida (pMDI) (Muñoz Gordoa, 2023).

Factores Etiológico

No es una sola variable la que impide la administración correcta del fármaco sino una convergencia de limitaciones físicas, cognitivas y técnicas:

Limitaciones biomecánicas: La fuerza de prensión y la flexibilidad articular, disminuidas por condiciones como la sarcopenia o la artrosis en el rango etario de 65 a 85 años, son insuficientes

para accionar el mecanismo de los pMDI. Esta discapacidad física tiene como consecuencia disparos fallidos o la liberación incompleta de la dosis terapéutica (García & Benalcázar, 2025).

Déficit de Coordinación Neumofónica: Una de las barreras que se presentan con mayor frecuencia es la dificultad para lograr la coincidencia entre el disparo manual y el inicio de una inspiración profunda. Esta falta de coordinación impide que el aerosol llegue hasta el árbol bronquial, depositando innecesariamente el fármaco en la orofaringe (Cabrera et al., 2023). Complejidad del Protocolo Procedimental: Frecuentemente se omiten pasos técnicos como la observancia de los tiempos de apnea (mínimo diez segundos) y la homogeneización del fármaco por agitación previa. Estos errores, provocados por el cansancio o el deterioro cognitivo leve, suprimen la sedimentación por gravedad necesaria para la acción del medicamento a nivel pulmonar (Horta et al., 2024).

Falta de Retroalimentación y Validación: El diseño actual no cuenta con sistemas de control en tiempo real para que el usuario valide la efectividad de su acción. Esta desconexión cognitiva, por no recibir confirmación de una inhalación exitosa, genera incertidumbre y una dependencia que erosiona la confianza del paciente en el tratamiento (Hernández Angulo, 2024).

Consecuencias

La ineficacia técnica acarrea repercusiones sistémicas de gran impacto:
Impacto clínico y daño médico: La deposición inadecuada del fármaco a nivel de orofaringe incrementa significativamente el riesgo de desarrollar efectos secundarios locales como la candidiasis oral o disfonía (Cabrera et al., 2023). Asimismo, el control deficiente de la patología primaria propicia la aparición de más exacerbaciones respiratorias (Vílchez, 2025).

Impacto económico: La ineficiencia operativa origina una carga financiera evitable para los sistemas de salud, que se genera por el desperdicio de medicación y por el incremento de la tasa de reingresos hospitalarios por falta de control de la patología (Vílchez, 2025).

Impacto psicosocial: La percepción de falta de autonomía y el sentimiento de dependencia, derivados por la incertidumbre continua sobre la eficacia del tratamiento, afectan negativamente el bienestar emocional del adulto mayor (Hernández Angulo, 2024).

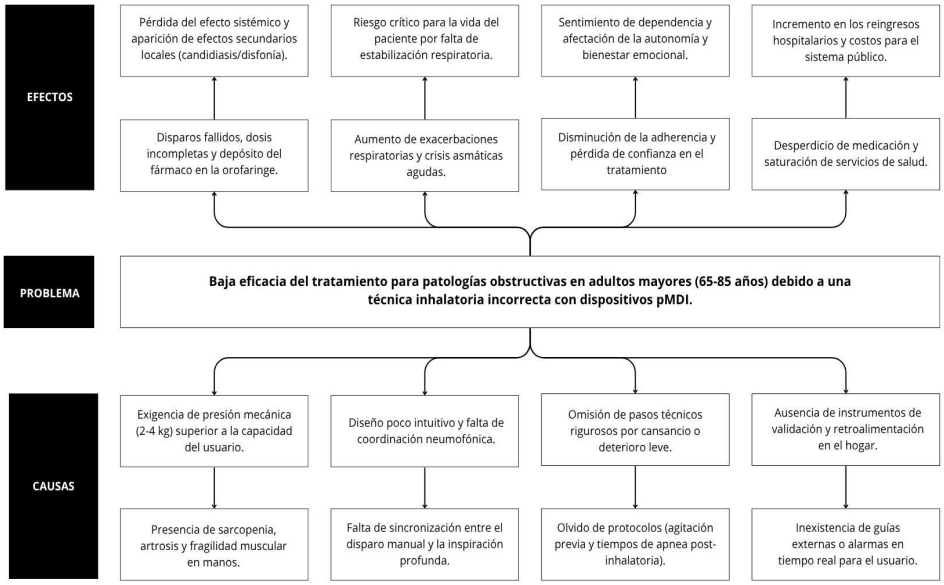
Implicancias en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Es indispensable subsanar esas carencias técnicas para cumplir las normas internacionales de sostenibilidad y bienestar:

ODS 3 (Salud y Bienestar): Es imprescindible disminuir la mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas optimizando los dispositivos, garantizando así la eficacia del tratamiento y el beneficio terapéutico deseado.

ODS 10 (Reducir la desigualdad): El rediseño de los dispositivos inclusivos busca la equidad en el acceso a tratamientos efectivos, atendiendo las diversas capacidades motrices de la población geriátrica y eliminando las barreras técnicas que perpetúan la desigualdad en la atención médica.

Figura 1 Árbol de problemas



2.2 Población beneficiaria

A partir de un análisis a la realidad demográfica del Perú (INEI, 2024), se identifican tres niveles directos de interacción con el dispositivo:

Usuario Principal (Adultos Mayores de 65 a 85 años): Presentan patologías respiratorias crónicas y limitaciones funcionales motrices o cognitivas leves. Buscan recuperar autonomía, seguridad y calidad de vida, disminuyendo la barrera física de activación del pMDI. Se dividen en tres sub-entornos: institucionalizados en casas de reposo, residentes familiares y adultos independientes.

Usuario Secundario (Cuidadores Familiares e Informales): Soportan una alta carga física y emocional como estrés y sobrecarga. El dispositivo actúa como un elemento de alivio al reducir la necesidad de supervisión constante y rigurosa de la técnica de inhalación.

Sector Gubernamental

El Estado peruano ejerce un rol regulatorio y político-normativo crítico para la inserción y viabilidad de la tecnología asistencial en el ecosistema sanitario.

Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID): Constituye el filtro técnico-regulatorio principal del proyecto. Posee un nivel de poder alto debido a su competencia exclusiva para certificar, auditar y garantizar que el dispositivo médico cumpla con los estándares estrictos de seguridad, eficacia y calidad de manufactura industrial, requisitos mandatorios para su posterior distribución y comercialización legal en el territorio nacional.

Ministerio de Salud del Perú (MINSA): Actúa como el eje rector de la salud pública, con un nivel de poder alto de carácter macro-institucional. Su función estratégica se centra en la definición de políticas públicas orientadas a la atención integral de la población adulta mayor, abriendo el camino legal y técnico para incorporar tecnologías asistivas dentro de las guías clínicas nacionales de neumología y geriatría.

Seguro Social de Salud del Perú (ESSALUD): Se configura como un actor clave de alto poder operacional e institucional. Representa un potencial cliente a gran escala para la adquisición corporativa y distribución masiva del dispositivo a pacientes asegurados que forman parte de sus programas geriátricos especializados (tales como el Programa de Atención Domiciliaria - PADOMI).

Municipalidades de Lima (Gerencias de Desarrollo Social / Centros Integrales de Atención al Adulto Mayor - CIAM): Poseen una jerarquización de poder media, pero una relevancia táctica directa en el territorio urbano. Operan como el canal de proximidad comunitaria que permite el acceso físico a espacios vecinales, centros de atención local y a las

Redes de Amachay para realizar actividades formativas, de difusión y talleres de uso del dispositivo.

Programa Integral Nacional para el Bienestar Familiar (INABIF): Interviene con un nivel de poder alto como socio ejecutor y centro de validación en entornos residenciales públicos, específicamente dentro de los Centros de Atención Residencial para Personas Adultas Mayores (CARPAM). Su rol es estratégico para transferir y estandarizar los protocolos de uso del dispositivo DOPPO en los hogares institucionales, asegurando la continuidad del tratamiento y la adherencia pulmonar efectiva del paciente una vez egresado de los centros de acogida.

Sector Privado

El sector comercial e industrial dota al proyecto de sostenibilidad económica, escalabilidad de mercado y capilaridad operativa.

Empresas Farmacéuticas: Se catalogan como aliados estratégicos de alto poder e influencia en el mercado de la salud respiratoria. Viabilizan el codiseño de modelos de negocio o estrategias de co-branding, permitiendo la venta conjunta o paquetizada del dispositivo de asistencia junto a los cartuchos de medicamentos pMDI comerciales (como broncodilatadores y corticoides de uso recurrente).

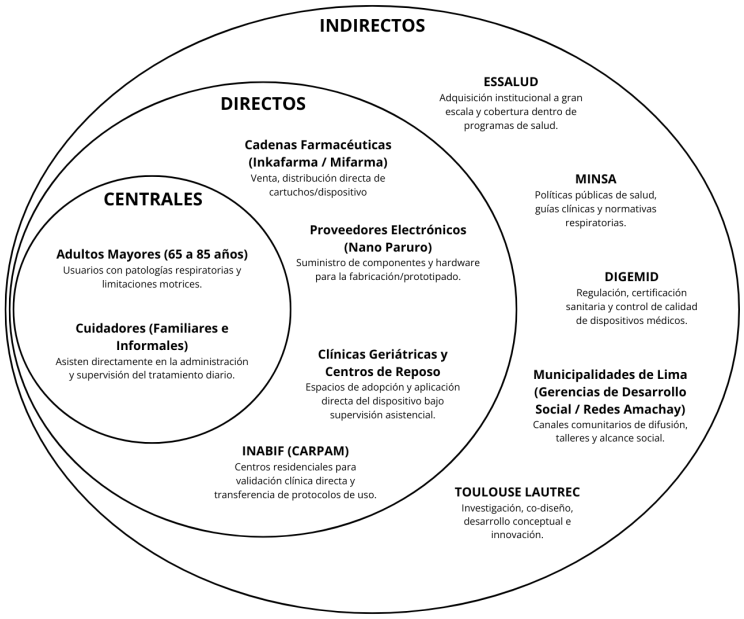
Clínicas Geriátricas y Casas de Reposo Privadas: Funcionan como un puente comercial y operativo de alto poder que acelera la adopción temprana del hardware inclusivo en estratos socioeconómicos de atención privada, optimizando la gestión y prevención de crisis respiratorias agudas bajo una estricta supervisión profesional.

Sector Académico

El instituto Toulouse Lautrec provee el sustento metodológico, el diseño centrado en el usuario y el rigor de la evidencia científica indispensables para un proyecto de innovación

biomédica. Como institución académica promotora de la investigación y desarrollo (I+D), asume un rol de alto poder e involucramiento directo en el co-diseño metodológico, el desarrollo computacional, la ergonomía geriátrica, el diseño conceptual y la validación de la innovación aplicada a lo largo de las fases de prototipado del hardware.

Figura 2 Mapa de Actores



2.3 Objetivo(s) del proyecto

Objetivo General

Desarrollar un dispositivo de asistencia para la dosificación inhalatoria en adultos mayores (65-85 años) en el Perú, diseñado para erradicar errores de coordinación y limitaciones de fuerza física. Su objetivo es garantizar un depósito pulmonar efectivo por validación sensorial auditiva y visual de protocolos, con guía interactiva en tiempo real, optimizando la adherencia terapéutica y fortaleciendo la independencia funcional del paciente en su entorno cotidiano.

Fase I: Diagnóstico e Investigación Preliminar (Semanas 1 – 4)

Identificar las limitaciones biomecánicas, como la fuerza de prensión y movilidad articular; las fallas de coordinación técnica en adultos mayores de 65 a 85 años, para sustentar las necesidades funcionales y de usabilidad del dispositivo frente al uso de inhaladores convencionales.

Fase II: Definición de Especificaciones Técnicas (Semanas 5 – 8)

Determinar los requerimientos ergonómicos, mecánicos y de interacción sensorial del dispositivo, estableciendo los parámetros de ingeniería necesarios para sustituir el esfuerzo manual de pulsación y guiar el ciclo inhalatorio.

Fase III: Desarrollo de Ingeniería y Prototipado (Semanas 9 – 16)

Diseñar y fabricar prototipos funcionales integrando el sistema de accionamiento automatizado y la interfaz de retroalimentación visual/auditiva, asegurando una arquitectura ergonómica adaptable a las capacidades motoras del usuario.

Fase IV: Validación y Evaluación de Impacto (Semanas 17 – 20)

Evaluar la eficacia y facilidad de uso del prototipo en el entorno del usuario, cuantificando la mejora en la técnica de inhalación y el incremento de la autonomía funcional frente a los métodos tradicionales.

2.4 Marco referencial

Antecedentes

Históricamente, la optimización de la terapia inhalatoria mediante dispositivos de dosis medida (pMDI) se centró en soluciones de ingeniería aerodinámica pasiva, principalmente a través del desarrollo de cámaras de inhalación o espaciadores valvulados. Si bien estos

aditamentos logran mitigar de forma parcial el problema de la coordinación neumofónica al retener el aerosol suspendido, presentan limitaciones críticas para la población geriátrica: no reducen la fuerza mecánica requerida para la activación del cartucho (la cual oscila entre los 20 y 40 Newtons) y añaden un volumen físico considerable que dificulta el transporte autónomo del tratamiento.

En la última década, la innovación giro hacia el ecosistema de los Smart Inhalers o dispositivos médicos digitales conectados. No obstante, la tendencia global dominante se ha concentrado en módulos de monitoreo de adherencia (sensores acoplables que registran la frecuencia de uso vía Bluetooth) más que en interfaces de asistencia física directa o de entrenamiento procedimental en tiempo real para el paciente con degradación musculoesquelética crónica. La presente propuesta innova al converger la automatización electromecánica del disparo con un sistema de tutoría sensorial interactivo de bucle cerrado (closed-loop), transformando un dispositivo mecánico invasivo en una interfaz inclusiva adaptada al envejecimiento.

Consideraciones Teóricas

El desarrollo de un dispositivo interactivo de asistencia médica domiciliaria para el adulto mayor se fundamenta en la convergencia de tres ejes teóricos transversales:

Diseño Inclusivo y Ergonomía Geriátrica: De acuerdo con los principios del diseño para todos (Design for All), los entornos y productos deben proyectarse para albergar la mayor variabilidad funcional posible sin requerir adaptaciones segregadoras (Clarkson et al., 2015). En el envejecimiento, la sarcopenia y la artrosis degenerativa reducen la fuerza de pinza y la presión palmar hasta en un 40%, lo que convierte el umbral de activación estándar de un pMDI en una barrera insalvable. La sustitución de esta carga por un actuador electromecánico gobernado por

un pulsador capacitivo o de mínima resistencia traslada el esfuerzo del usuario desde la fuerza muscular macro hacia una acción motriz fina y de baja demanda táctil.

Dinámica del Flujo Respiratorio y Sedimentación Pulmonar: Clínicamente, la efectividad del fármaco depende de que las micropartículas superen la inercia de la vía aérea superior y sedimentan por gravedad en los bronquios. La Global Initiative for Asthma (GINA, 2024) establece que el flujo inspiratorio óptimo debe ser lento y profundo (menor a 30 litros por minuto), seguido de una apnea post-inhalatoria obligatoria de 10 segundos. El desfase temporal entre la pulsación y la inspiración provoca que el aerosol impacte en la orofaringe, causando efectos secundarios locales e ineficacia terapéutica.

Teoría de la Carga Cognitiva y Feedback Multisensorial: Ante el deterioro cognitivo leve o la senescencia sensorial (pérdida de agudeza visual y auditiva), los protocolos complejos fragmentan la memoria de trabajo del paciente. La integración de estímulos redundantes concurrentes (guías lumínicas mediante secuencias cronometradas de LED y tonos acústicos de frecuencias diferenciadas) reduce la carga mental, operando como un andamiaje externo que pauta los tiempos de agitación, inhalación y retención (Sweller, 2020).

Casos y Experiencias Previas en el Mundo

A nivel internacional, el desarrollo de tecnología asistencial para optimizar la terapia inhalatoria se ha bifurcado en dos vertientes: soluciones puramente mecánicas de carácter pasivo y dispositivos electrónicos de monitoreo digital (Smart Inhalers).

Sistemas de Asistencia Mecánica Actuadora (El caso de Haleraid): Desarrollado originalmente por GlaxoSmithKline, el dispositivo Haleraid representa uno de los antecedentes directos en la intervención del hardware del pMDI. Este artefacto consiste en una carcasa ergonómica de plástico que envuelve el inhalador estándar y utiliza un mecanismo de palanca

para multiplicar la fuerza ejercida por el usuario. Diseñado específicamente para pacientes con artritis reumatoide o fragilidad musculoesquelética severa, reduce la resistencia de activación de los 30 Newtons nominales a un umbral manejable mediante fuerza palmar (AeroChamber, 2023). No obstante, su limitación radica en su naturaleza completamente análoga: no ofrece retroalimentación sobre la velocidad del flujo inspiratorio ni asiste en la sincronización neumofónica.

Ecosistemas de Monitoreo Digital Conectado (Los casos de Hailie y Propeller Health): En el campo de la salud digital, plataformas como Hailie (desarrollada por Adherium) y los sensores acoplables de Propeller Health lideran la integración de hardware y software en la neumología. Estos dispositivos son módulos electrónicos que se adhieren a la parte superior de los inhaladores comerciales. Utilizan sensores acústicos, ópticos y de presión para registrar la fecha, la hora del disparo y, en algunos modelos, la calidad del flujo de aire inspirado por el paciente, enviando estos datos analíticos a una aplicación móvil vía Bluetooth (Adherium, 2024; Propeller Health, 2025). Pese a su alta efectividad para medir y mejorar la adherencia terapéutica en la práctica clínica global, estos sistemas operan de forma pasiva respecto a la física del disparo; es decir, recopilan información del error procedimental, pero no integran actuadores mecánicos automáticos que eximan al adulto mayor de la necesidad de aplicar fuerza física para liberar el fármaco.

Interfaces de Feedback Visual Pasivo (El caso de AeroChamber con Flow-Vu): Diseñado por Trudell Medical International, el sistema AeroChamber Plus Flow-Vu incorpora una solución visual directa para el problema de la coordinación. Cuenta con un indicador mecánico de flujo (una pequeña solapa flexible) que se mueve activamente solo cuando el paciente realiza una inspiración correcta a través de la cámara espaciadora. Esto permite al cuidador o al propio

usuario validar visualmente que el ciclo respiratorio está ocurriendo en el momento idóneo (Trudell Medical International, 2024). Sin embargo, este enfoque depende por completo de la agudeza visual del usuario y de la adición de una cámara volumétrica de gran tamaño, lo que disminuye la portabilidad y la autonomía discreta del paciente en entornos cotidianos.

Casos y Experiencias Previas en el Perú

En el contexto nacional, el panorama de la innovación en hardware biomédico para la población geriátrica se encuentra centralizado en entornos de investigación universitaria y laboratorios de fabricación digital, enfocándose predominantemente en soluciones mecánicas de bajo costo y adaptadores ergonómicos pasivos.

Dispositivos de Soporte Ergonómico en Educación Superior (El caso de PUCP y UTEC): El Grupo de Biomecánica y Robótica Aplicada de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y las líneas de investigación en Diseño Inclusivo de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC) han desarrollado proyectos orientados a mitigar la pérdida de motricidad fina en adultos mayores limeños. Estos esfuerzos se han materializado en el diseño y fabricación aditiva (impresión 3D) de ortesis personalizadas y mangos de sujeción universal para herramientas cotidianas y dispensadores de medicamentos (PUCP, 2024; UTEC, 2025). Si bien estas iniciativas demuestran la viabilidad técnica de utilizar polímeros termoplásticos para interactuar de forma segura con la piel de pacientes con artrosis, la mayoría de estos dispositivos son estructuras estáticas que carecen de automatización o lógica de control electrónico embebido.

Investigación en Adherencia Funcional en la Red de Salud Pública (El caso de UPCH): Investigadores adscritos a la Facultad de Medicina de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) han conducido evaluaciones sobre el impacto de las limitaciones funcionales y

cognitivas en la adherencia al tratamiento de enfermedades crónicas dentro de los hospitales nacionales de Lima (como el Hospital Cayetano Heredia o el Hospital Edgardo Rebagliati Martins). Sus hallazgos han impulsado el desarrollo de guías impresas estandarizadas y prototipos de organizadores de pastillas mecánicos con alertas visuales de tiempo para prevenir el olvido de dosis (UPCH, 2023). Sin embargo, al trasladar este enfoque a la terapia inhalatoria, las intervenciones locales no han superado la barrera del entrenamiento teórico o el uso de espaciadores comerciales importados, evidenciándose una ausencia de patentes registradas ante el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 2024) dirigidas al codiseño de hardware activo (electromecánico) que sincronice la descarga del pMDI de forma inteligente y automatizada para el mercado peruano.

2.5 Proceso creativo y experimentos

2.5.1 Información sobre el usuario(s)

Para comprender a profundidad el perfil sociodemográfico, las dinámicas cotidianas y la carga psicosocial del público objetivo, se desarrollaron un arquetipo de usuario y un mapa de empatía. Estas herramientas cualitativas permitieron consolidar los hallazgos de la fase de investigación de campo, personificados en el perfil de Blanca Lazo, una mujer de 81 años residente en el distrito de San Martín de Porres (Nivel Socioeconómico B).

La usuaria es una ama de casa viuda que vive en un entorno multifamiliar integrado por su hija, su yerno y sus dos nietos, quienes asumen un rol activo en su cuidado y proveeduría económica. A pesar de su avanzada edad, mantiene dinámicas de socialización con vecinas de su cuadra y conserva un rol activo a través de un pequeño kiosco de abarrotes y la venta estacional de manualidades. En su tiempo libre, es consumidora de medios tradicionales (telenovelas, noticias)

y digitales; utiliza Facebook y, de manera muy marcada, TikTok para buscar recetas de cocina y consejos de salud administrados por figuras públicas del entorno digital y televisivo.

Sin embargo, detrás de esta aparente rutina activa, coexiste una desconexión entre sus hábitos de consumo declarados y su realidad socioeconómica. Aunque es usuaria de servicios de salud pública (EsSalud) y marcas de consumo masivo, su día a día está condicionado por los cambios físicos propios del envejecimiento cronológico y la fragilidad biológica.

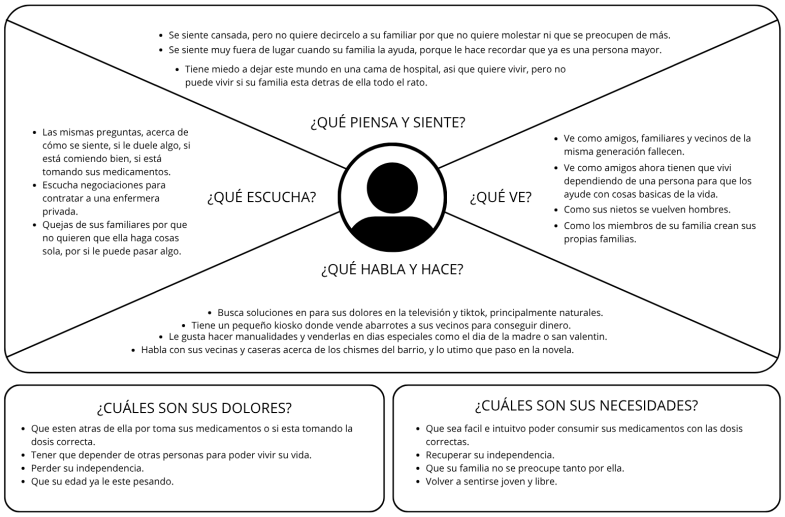
El cruce de ambas herramientas permite identificar que el principal dolor de la usuaria no es únicamente la patología física, sino el impacto psicológico de la pérdida de control sobre su propia vida. Le genera un profundo malestar el ser tratada bajo una etiqueta de invalidez o "ayuda especial", el tener que pedir asistencia para tareas cotidianas y el escrutinio familiar diario respecto a la dosificación y horarios de sus medicamentos.

Por consiguiente, sus necesidades críticas no se limitan a la asistencia médica, sino a la dignificación de su vejez. La usuaria requiere urgentemente soluciones que sean fáciles e intuitivas para gestionar su salud de manera autónoma, disminuyendo la fiscalización de su familia y devolviéndole la confianza de sentirse una persona funcional, libre e independiente en su propio hogar.

Figura 3 Arquetipo de Usuario



Figura 4 Mapa de Empatía



2.5.2 Información sobre el Mercado

Oportunidad de Mercado

En el Perú, la población de adultos mayor constituye un segmento de significativa relevancia para el desarrollo de soluciones orientadas a la ODS 3 salud y bienestar.

Actualmente, más de 4,14 millones de personas tienen 60 años o más, lo que representa al 13 % de la población nacional. En Lima Metropolitana, alcanzando aproximadamente 1,45 millones de personas. Donde el 44,1 % de los hogares Lima metropolitana cuenta con al menos un adulto mayor, evidenciando una presencia significativa de adultos mayores en la estructura familiar y habitacional.

Esta población presenta, además, una elevada incidencia de enfermedades crónicas. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO), elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el 75,0 % de los adultos mayores residentes en Lima Metropolitana y el 78,9 % a nivel nacional presentan al menos una enfermedad crónica. Entre las principales se encuentran las enfermedades cardiovasculares, osteoarticulares y respiratorias crónicas, las cuales requieren, en numerosos casos, tratamientos prolongados y seguimiento continuo.

En particular, las enfermedades respiratorias adquieren especial relevancia debido a las condiciones ambientales de Lima Metropolitana. La elevada humedad relativa, que puede superar de manera persistente el 85 %, junto con la presencia de material particulado en el ambiente, constituye un factor que puede contribuir a la aparición y exacerbación de afecciones respiratorias como el asma y la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC). Según datos del Ministerio de Salud (MINSA), la prevalencia nacional del asma alcanza el 7,1 %, mientras que en Lima Metropolitana se eleva hasta aproximadamente el 14,5 %, posicionando a la capital como una de las zonas con mayor concentración de esta afección.

En este contexto, la presencia simultánea de asma y EPOC en la población adulta mayor de Lima representa una oportunidad para el desarrollo de soluciones que faciliten la administración adecuada de terapias inhalatorias y contribuyan a mejorar la autonomía y

adherencia al tratamiento. Se estima que este escenario podría comprender un universo aproximado de entre 180 000 y 210 000 adultos mayores limeños que requieren medicación inhalatoria, ya sea de manera continua o como tratamiento de rescate.

Por tanto, la combinación de un segmento poblacional numeroso, una elevada prevalencia de enfermedades crónicas y respiratorias, y las condiciones ambientales particulares de Lima Metropolitana configura una oportunidad de mercado relevante para el diseño de productos orientados a facilitar el uso de dispositivos inhalatorios. Esta necesidad adquiere especial importancia en adultos mayores, debido a que el proceso de administración de medicamentos puede involucrar dificultades de coordinación, memoria, movilidad o seguimiento de instrucciones, generando una oportunidad para propuestas de diseño centradas en la accesibilidad, autonomía y seguridad del usuario.

Dispositivos para la administración de terapias inhalatorias

En el Perú, los inhaladores de dosis medida presurizados (pMDI) constituyen una de las principales modalidades para el tratamiento del asma y la EPOC. El salbutamol en aerosol presurizado de 100 mcg/dosis se encuentra entre los medicamentos de referencia para el tratamiento de estas afecciones. En pacientes con enfermedades respiratorias moderadas o severas, el consumo puede alcanzar entre 6 y 10 inhaladores anuales, generando una demanda significativa en Lima Metropolitana.

En el mercado farmacéutico, los inhaladores presentan una amplia variación de precios según su tipo y marca. Las presentaciones genéricas de salbutamol se comercializan aproximadamente entre S/ 6,90 y S/ 7,40, mientras que las versiones de marca pueden alcanzar precios de hasta S/ 37,50 por unidad. Esta diferencia evidencia la existencia de alternativas dirigidas a distintos segmentos económicos.

Como dispositivos complementarios, las aerocámaras convencionales presentan precios aproximados de S/ 9,90 a S/ 20,50, mientras que las cámaras de retención con válvula pueden superar los S/ 100. Por otro lado, los nebulizadores electrónicos tienen precios que oscilan entre S/ 130 y S/ 629. Si bien estas alternativas facilitan la administración del medicamento, pueden incorporar pasos adicionales, como la preparación de soluciones y la limpieza frecuente.

Barreras de Entrada

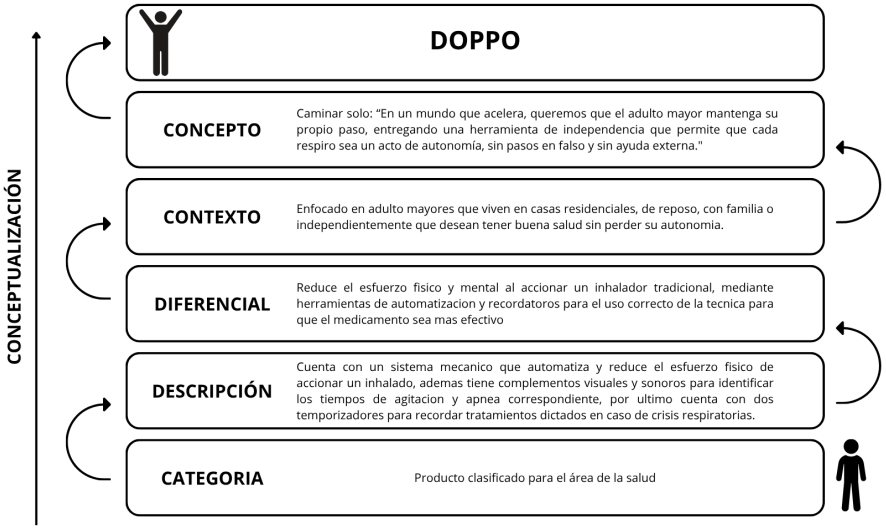
El ingreso y viabilidad comercial del proyecto dentro del sector médico de Lima Metropolitana se encuentran condicionados por estrictas regulaciones y factores de adopción. Como barrera legal y regulatoria principal, al clasificarse dentro del área de la salud, el dispositivo debe cumplir con el marco normativo de la Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID) bajo el Decreto Supremo N° 016-2011-SA, requiriendo de la obtención de un Registro Sanitario o una Autorización Excepcional en la categoría de dispositivos médicos activos no implantables, lo que demanda fases previas de validación técnica, protocolos de seguridad eléctrica y ensayos de biocompatibilidad. En la dimensión tecnológica, la barrera consiste en la optimización de la calibración del servomotor para asegurar que la fuerza mecánica constante sea idéntica en cada pulsación sin desgastar el cartucho del inhalador. Finalmente, a nivel económico, la barrera inicial radica en el costo de desarrollo del prototipo de hardware electrónico y la matriz de ensamblaje, factores que deben optimizarse para mantener el precio final accesible a usuarios de Nivel Socioeconómico B sin comprometer los márgenes operativos de manufactura local.

2.5.3 Concepto y Propuesta de Valor

Figura 5 Propuesta de valor



Figura 6 Ruta de Conceptualización



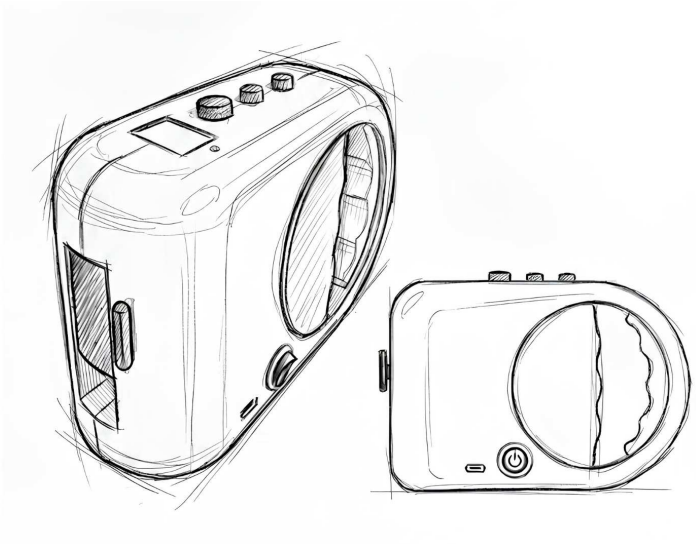
El concepto *"Caminar solo: En un mundo que acelera, queremos que el adulto mayor mantenga su propio paso, entregando una herramienta de independencia que permite que cada respiro sea un acto de autonomía, sin pasos en falso y sin ayuda externa"*. Clasificado como producto de salud, se orienta a usuarios en entornos familiares, residenciales o independientes

que buscan calidad de vida sin asistencia externa. Funcionalmente, es un dispositivo que automatiza la aplicación de inhaladores, reduciendo el esfuerzo motor del paciente. Integra guías visuales y sonoras para identificar tiempos de agitación y apnea, junto con temporizadores de seguridad para gestionar rutinas terapéuticas y crisis respiratorias.

La propuesta de valor optimiza la adherencia terapéutica al transformar el uso del inhalador tradicional en una interacción digital asistida. El proyecto elimina barreras mecánicas y cognitivas mediante una activación motorizada que neutraliza la fuerza de 2 a 4 kg del cartucho y un sistema de alertas que reduce la carga mental y evita sobredosis. A diferencia de otras opciones, el dispositivo estandariza el disparo, elimina la necesidad de coordinación motriz fina y libera al usuario de la dependencia de cuidadores, dignificando la experiencia del paciente y aportando tranquilidad al entorno familiar.

2.5.4 Diseño de producto/servicio

Figura 7 Boceto Dispositivo Doppo



Tras una exhaustiva recolección de datos se presenta Doppo, asistente médico que optimiza y asegura la correcta dosificación por inhalación en pacientes geriátricos, dándole autonomía al paciente en el tratamiento mediante hardware de precisión y software intuitivo.

Su parte física elimina la problemática de la falta de fuerza motriz mediante un actuador por servomotor interno que realiza con exactitud la fuerza necesaria para activar el cartucho del inhalador. Posee una ergonomía variada con un grip texturizado y un asa integrada para calzar de forma segura en una mano con movilidad reducida.

En su parte digital posee un sistema de sensores pensado en la usabilidad donde encontramos: Acelerómetro + giroscopio interno calibrados para contar y detectar agitaciones del fármaco, parlante dinámico para emitir alertas sonoras de validación ideales para el paciente con debilidad visual, además es alimentado por un sistema de carga rápida mediante puerto universal USB Tipo C.

Todo esto alimenta una pantalla LED que brinda guía visual en tiempo real durante el ciclo respiratorio: indicando tiempos de inhalación (tiempo donde se activa el servomotor), apnea (tiempo donde no se debe inhalar), exhalación (tiempo donde se debe sacar el inhalador de la boca), cuenta regresiva para la siguiente dosis e indicaciones para el contador previo a cada dosis.

El ciclo de uso de Doppo se compone de 3 pasos secuenciales y automatizados:

- Preparación obligatoria: Da un conteo guiado de 20 agitaciones antes de desbloquear y permitir el uso.
- Inhalación + apnea guiada: El paciente presiona un botón para que el servomotor active la dosis mientras la pantalla y las alertas guían los 10 segundos indicados de apnea.

- Espera entre dosis: 30 segundos administrados con alertas sonoras para asegurar la absorción antes del siguiente ciclo.

Finalmente, Doppo presenta un modo especial para crisis respiratorias donde se podrá programar una alarma integrada al dispositivo para sonar a los 15 o 20 minutos según lo configure el médico. De esta manera el dispositivo indicará matemática y exactamente cuando es el tiempo indicado para el siguiente rescate evitando completamente el uso cronómetros externos y disminuyendo la ansiedad del paciente.

2.5.5 Modelo de Negocio

El proyecto Doppo implementa un modelo de negocio híbrido enfocado en resolver de manera integral la barrera física de activación de los inhaladores de dosis medida para personas con debilidad motora o sarcopenia. La propuesta de valor se centra en proporcionar un dispositivo de automatización mecánica y asistencia electrónica que garantiza la dosificación correcta, previene la sobredosis mediante bloqueo electrónico y guía al usuario de manera sensorial.

El modelo opera bajo dos enfoques principales:

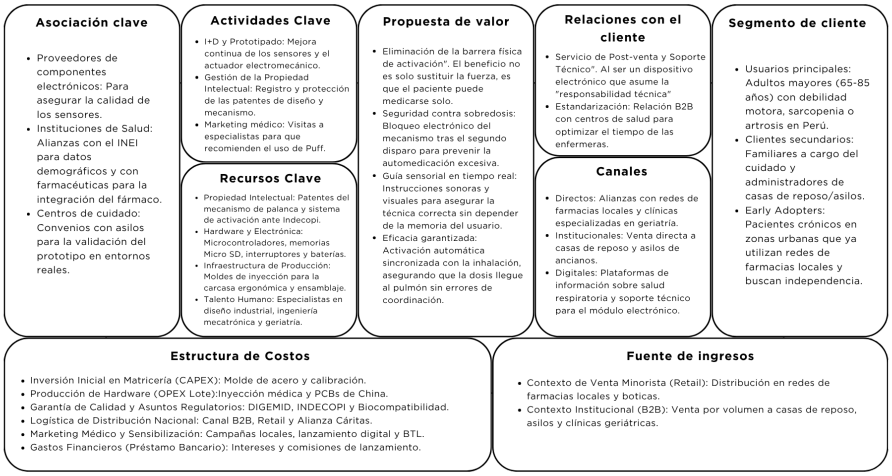
- **Modelo B2C (Business-to-Consumer):** Dirigido a usuarios finales (adultos mayores y pacientes crónicos) y sus familiares o cuidadores. Se establece una relación de confianza basada en el soporte técnico y el servicio postventa.**Canales Digitales:** Uso de plataformas web informativas y de soporte técnico sobre salud respiratoria para capturar la demanda online, gestionar garantías y comercializar repuestos o módulos electrónicos.

- **Venta Minorista (Retail) a través de Canales Directos y Alianzas:** Distribución física mediante acuerdos comerciales con redes de farmacias, boticas y locales, facilitando el acceso directo al consumidor final y early adopters en zonas urbanas.

Canales de Comercialización

- **Modelo B2B / Institucional (Business-to-Business):** Dirigido a centros de salud, clínicas geriátricas y casas de reposo. El valor para este segmento radica en la estandarización del proceso y la optimización del tiempo del personal de enfermería, quienes delegan la "responsabilidad técnica" de la activación en el dispositivo electrónico.
- **Alianzas Estratégicas:** Acuerdos con ONG y clínicas especializadas en geriatría para facilitar el acceso.
- **Venta Institucional por Volumen (B2B):** Comercialización directa a gran escala orientada a corporaciones de salud, asilos y casas de reposo.

Figura 8 Modelo de Negocio Canva



2.5.6 Resultados esperados

Cuando el dispositivo Doppo se introduzca en el mercado y sea adoptado por el público objetivo, se prevén los siguientes resultados ideales e impactos directos:

- Impacto inmediato en la Autonomía del Usuario: Al entrar en contacto con el usuario, adulto mayores (65-85 años) con problemas motrices, Doppo eliminará por completo la frustración y la dependencia de un tercero para recibir su medicación. El usuario experimentará un incremento inmediato en su autoconfianza e independencia diaria al poder medicarse de forma autónoma y segura.
- Eficacia Clínica y Correcto Tratamiento: La activación automática sincronizada con la inhalación garantizará que el fármaco llegue eficazmente a los pulmones sin errores de coordinación. Esto se traducirá en un mejor control de las enfermedades respiratorias crónicas y una reducción de crisis médicas por mala administración.
- Mitigación de Riesgos (Seguridad): El sistema de bloqueo electrónico post-disparo evitará de forma contundente los accidentes por sobredosis o la automedicación ansiosa ante el olvido. Asimismo, las alertas sonoras y visuales funcionarán como un soporte cognitivo ideal para el usuario.
- Alivio en el Entorno del Cuidado (Familiar e Institucional): Para los familiares y administradores de casas de reposo, el uso de Doppo disminuirá la carga operativa y el estrés de la supervisión constante. En entornos institucionales, se optimizarán los tiempos de las enfermeras, permitiendo una distribución más eficiente del personal en otras tareas de cuidado.

Estrategia de Mercado y Tratamiento Comercial

Para asegurar la correcta introducción del dispositivo, se ejecutarán dos frentes comerciales paralelos enfocados en los principales actores de salud de Lima:

Tratamiento B2B

El enfoque hacia las clínicas y asilos se basará en la venta por volumen y la integración de Doppo en los protocolos de tratamiento respiratorio.

- Validación con Especialistas: Se presentarán unidades funcionales directamente a los departamentos de neumología y geriatría de las principales clínicas de Lima para que el dispositivo sea recomendado directamente en la consulta médica (prescripción de alta).
- Contratos Institucionales: Generación de alianzas para compras al por mayor con casas de reposo y clínicas, posicionando a Doppo como una herramienta que reduce las incidencias médicas internas y mejora la calidad de vida de sus pacientes residentes.

Tratamiento B2C

La estrategia de venta directa al consumidor final dependerá de una fuerte presencia en el canal retail farmacéutico.

- Alianzas en el Retail: Ingreso a los principales conglomerados farmacéuticos de la capital (Inkafarma, Mifarma, Boticas y Salud) para asegurar visibilidad en puntos de venta estratégicos y de alto tránsito.
- Capacitación en Mostrador: Implementación de programas de sell-out donde se capacitará a los químicos farmacéuticos para que ofrezcan Doppo como el complemento ideal cada vez que un paciente adquiera un inhalador tradicional.

- Educación del Consumidor: Uso de material en el punto de venta que comunique rápidamente a los familiares los beneficios de autonomía y seguridad que brinda el dispositivo.

2.5.7 Prototipos desarrollados

El desarrollo del prototipo físico de Doppo se realizó, mediante un proceso secuencial de manufactura aditiva, acabado superficial y ensamblado mecánico, iniciando por la impresión 3D de la carcasa estructural en filamento PLA, material elegido por su estabilidad dimensional para realizar pruebas exigentes de tolerancias, alineamientos mecánicos y uniones mediante atornillados directos sobre el plástico sin riesgo de perder su integridad estructural. Las zonas de contacto o agarre se fabricaron independientemente con filamento flexible TPU blanco para evaluar en entornos reales la fricción, flexibilidad y agarre adaptativo más suave y cómodo para manos con movilidad reducida. La estructura de PLA se sometió a un post-procesado manual consistente en la aplicación de primer automotriz y un lijado al agua sucesivo que eliminó las líneas de capa características de las impresiones 3D, logrando una superficie lisa y carente de irregularidades porosas, sobre la que se aplicó pintura automotriz en un color amarillo intenso elegido intencionalmente para darle al dispositivo una identidad cromática cálida que cambie la percepción médica del mismo como objeto vulnerado. Por último, se instalaron los componentes internos y el ensamblaje bimetálico finalizando el proceso verificando que los puntos de fijación ejercieran correctamente la presión necesaria y que el acople demanera a presión entre la zona flexible del TPU blanco y la carcasa rígida de PLA amarillo sea estanco, seguro e intuitivo para el usuario.

Figura 9 Prototipo de alta fidelidad



Figura 10 Vistas del prototipo de alta fidelidad



El desarrollo estructural del prototipo Doppo se realizó considerando simultáneamente los parámetros de ergonomía geriátrica, manufactura aditiva y ensamble de componentes electrónicos. Se describen las características y magnitudes que se comprobaron en cada zona según las vistas del modelo (Figura 10).

- Arquitectura general y ensamble (Vista A). La vista isométrica expone la morfología exterior del dispositivo cuya carcasa estructural principal fue impresa en filamento PLA por su notable estabilidad dimensional. El acabado pintado en color amarillo vibrante se validó para conferirle al objeto una personalidad cálida que contrarrestre la imagen médica de vulnerabilidad propia de los equipos de aerosolterapia.
- Ergonomía y zona de agarre (Vista B). La dificultad de prensión se resolvió integrando al diseño una asa maciza y una zona de contacto directo fabricada independientemente con filamento flexible TPU de color blanco. El diseño bimaterial posibilita validar en condiciones reales la fricción, flexibilidad y grado de confortabilidad de un agarre blando adaptativo, vital para usuarios geriátricos con limitaciones motoras o artrosis.
- Zona lateral de acople mecánico (Vista C). En la parte posterior se aloja el compartimento diseñado para alojar e inmovilizar el cartucho estándar del inhalador pMDI más su boquilla. El diseño de esta zona permitió comprobar con elevada precisión las tolerancias de encastre y el principio de fijación entre carcasas mediante atornillado directo sobre el plástico, como así también la correcta distribución del eje de fuerza ejercido por el servomotor interno.
- Vista Frontal del dispositivo en estado reposo (Vista D). La vista en proyección lateral estática permite comprobar la estabilidad del volumen geométrico apoyado sobre un plano. En esta cara se verificó además la accesibilidad al interruptor de encendido y la

integración con un puerto universal USB Tipo C que alimenta el sistema interno superrápido para carga del dispositivo.

- Interfaz digital y zona de control (Vista E). Sobre la zona superior centralizada su carcasa aloja todo el sistema tecnológico interactuante con los sensores. En ella se distribuyen a modo ergonómico los botones para configurar las alarmas programadas ante crisis: 15’ a 20’ y centrada visualmente la pantalla LED guía visual interactuante en tiempo real en los ciclos: agitación, apnea, espera.

2.5.8 Experimentos

Se realizó un diseño estructurado de validación transaccional empleando tres metodologías cualitativas concurrentes para obtener consistencia empírica, aceptación ergonómica y cumplimiento con las variables clínicas del dispositivo Doppo. El primer paso consistió en 10 entrevistas cualitativas presenciales con miembros de la población objetivo, con edades comprendidas entre 65 y 85 años. La recolección de datos se realizó mediante entrevistas estructuradas que recopiló datos sociodemográficos junto con la validación directa de que el umbral de dolor físico y de disparos incompletos puede ser una barrera real en los inhaladores tradicionales de pMDI El segundo, una sesión de consulta experta presencial con un médico graduado en Medicina General con dos años de experiencia en los niveles primero y segundo de atención respiratoria geriátrica , se determinó evaluando la fiabilidad mecánica de la dosificación y la estandarización técnica en el ciclo de tiempo asistido por servomotor. Finalmente, se llevó a cabo una evaluación minuciosa del hardware para determinar especificaciones mecatrónicas tanto para la resistencia al accionamiento como para la efectividad de las guías multisensoriales domiciliarias.

Figura 11 Validación de usabilidad y desempeño técnico

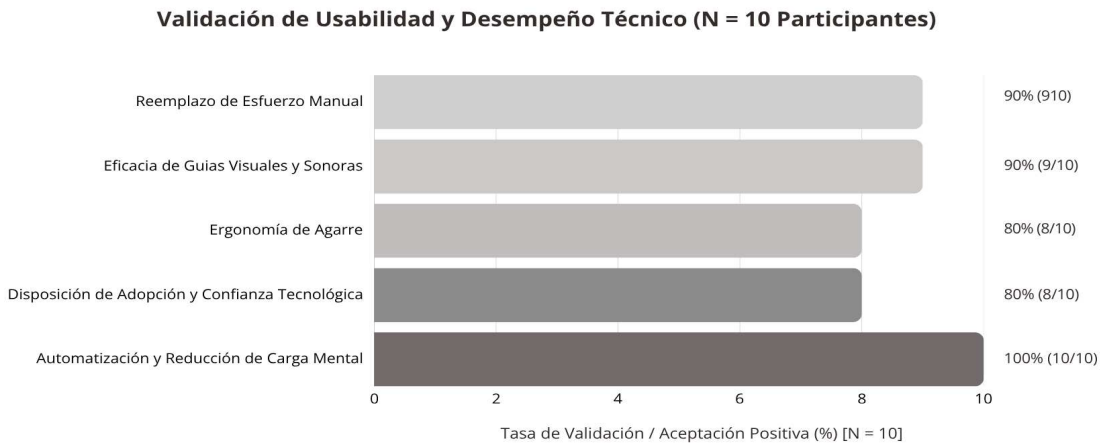


Figura 12 Validación Médica: Rigor Protocolar clínico

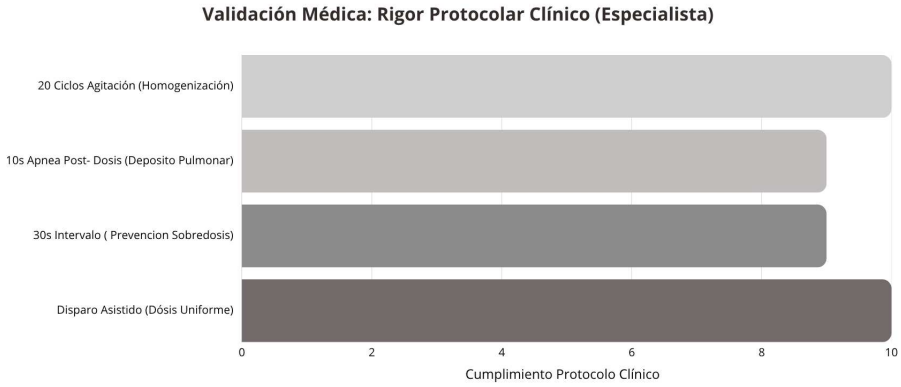


Figura 13 Entrevista a Usuario probando el dispositivo



Figura 14 Entrevista a Experto en Medicina General



III. Estimación de costos

3.1 Presupuesto

El desarrollo e implementación de dispositivos tecnológicos orientados al sector socio-sanitario demanda un modelamiento financiero riguroso que concilie la inversión en investigación y desarrollo (I+D) con los requerimientos económicos inherentes a la producción industrializada. El presente análisis expone la estructura presupuestaria del Proyecto Doppo, un dispositivo interactivo funcional concebido para optimizar la independencia de adultos mayores en situación de vulnerabilidad dentro de la ciudad de Lima.

Metodológicamente, la evaluación económica se estructura en tres fases operacionales: Investigación y Desarrollo de Ingeniería Preliminar (Establecimiento de Línea Base), Escalamiento Masivo e Industrialización (Optimización de Costos), y Penetración de Mercado mediante un modelo comercial dual (B2B y B2C). Este modelo integra costos de manufactura, cumplimiento regulatorio (DIGEMID e INDECOPI), y la bifurcación de los gastos operativos (OPEX) según las exigencias logísticas y de marketing de cada canal comercial.

Fase I: Línea Base Económica y Prototipado (I+D)

La validación de la arquitectura de hardware requirió la manufactura de un prototipo interactivo funcional, cuyo costo directo unitario (CDU) ascendió a S/ 345.00. Este desembolso se clasifica en:

- Hardware Electrónico (S/ 150.00): Plataforma microcontrolada (Arduino Nano), módulo de audio, transductor dinámico y sensores (MPU).
- Manufactura Digital Aditiva (S/ 195.00): Impresión 3D en ácido poliláctico (PLA) y ensamblaje de interfaces en poliuretano termoplástico (TPU).

- *Justificación Técnica:* Este CDU constituye un gasto de investigación (OPEX de I+D) indispensable para la validación funcional previa a la inversión en matricería industrial.

Fase II: Transición Tecnológica y Eficiencia por Economía de Escala

Para viabilizar el volumen requerido por los canales B2B y B2C, es imperativa la migración hacia procesos de inyección plástica de alta resistencia y la externalización de circuitos impresos (PCB).

- **Gasto de Capital (CAPEX):** Inversión fija en matricería estimada en $6,500.00 USD (S/ 24,375.00), adicionando un fondo de $500.00 USD para pruebas de calibración.
- **Optimización del OPEX:** La inyección plástica y manufactura electrónica a escala inducen una contracción del 80% en el costo de producción, reduciendo el CDU a **S/ 69.00** para un lote estandarizado de 1,000 unidades.
- **Estándares Biocompatibles:** Esta eficiencia absorbe el sobrecosto de polímeros de grado médico (USP Clase VI), mandatorios para garantizar la inocuidad dérmica en pacientes geriátricos.

Fase III: Estructura de Gastos de Comercialización Dual (B2B y B2C)

La naturaleza socio-sanitaria del dispositivo exige una estrategia de comercialización bifurcada. Para la colocación del lote inicial de 1,000 unidades en el mercado limeño (NSE B), el presupuesto de ventas y marketing se divide según el canal de adquisición.

Canal B2B (Institucional y Retail Especializado)

Orientado a la venta en volumen hacia casas de reposo, clínicas geriátricas y cadenas ortopédicas/farmacéuticas. El modelo financiero asume márgenes mayoristas y ciclos de venta prolongados basados en la validación clínica.

- Marketing Clínico y Fuerza de Ventas: Financiamiento de visitadores médicos especializados encargados de generar demanda institucional y obtener el endoso de sociedades médicas (ej. Sociedad de Gerontología).
- Capacitación (Onboarding Institucional): Partida destinada a la ejecución de workshops in situ para personal de enfermería y cuidadores, asegurando la correcta integración del dispositivo en los protocolos de la institución.
- Logística Mayorista: Costos de almacenamiento bajo normativas BPA (Buenas Prácticas de Almacenamiento - DIGEMID), embalaje primario y fletes de distribución por volumen.

Canal B2C (Venta Directa al Consumidor Final)

Orientado a la adquisición directa por parte de los familiares directos del paciente (hijos o responsables legales en el NSE B). La estrategia se apoya en el modelo B2B2C, donde la prescripción generada por el canal B2B (el médico) impulsa la compra en el canal B2C.

- Plataforma de E-Commerce y Pasarelas de Pago: Costos de desarrollo, mantenimiento y comisiones transaccionales para la plataforma de venta digital.
- Marketing de Adquisición Digital: Asignación presupuestal para pauta segmentada (SEM/Social Ads) orientada demográficamente a adultos de 35-55 años con familiares dependientes a cargo.

- Logística D2C (Direct-to-Consumer): Costos de empaque unitario de alto impacto visual (packaging secundario) y distribución de última milla con trazabilidad en Lima Metropolitana.

Figura 15 Inversión Inicial

Inversión	Naturaleza Financiera	Descripción	Costo Total
Matricería Industrial	CAPEX	Mecanizado de molde de inyección en acero y pruebas de calibración ($7,000 USD a T.C. 3.75).	S/ 26,250.00
Gestión Regulatoria	Costo Fijo (Legal)	Tasas y honorarios para Registro Sanitario (DIGEMID) y protección de propiedad intelectual (INDECOPI).	S/ 3,500.00
Plataforma E-Commerce	Costo Fijo (Set-up)	Diseño, desarrollo y despliegue inicial de la plataforma de venta directa (Canal B2C).	S/ 1,500.00
Total Inversión Inicial			S/ 31,250.00

Figura 16 Costos Figura 16 Costos Operativos y de Comercialización

Categoría Operativa	Canal	Naturaleza	Descripción	Costo Total
Manufactura Masiva	Transversal	OPEX (Variable)	Inyección de polímeros grado médico, ensamble y PCBs (S/ 69.00 por unidad x 1,000 uds).	S/ 69,000.00
Tracción Institucional	B2B	CPA* (Variable)	Honorarios de visitadores médicos, material clínico y workshops en asilos (Base: 500 uds).	S/ 12,500.00
Adquisición Digital	B2C	CPA* (Variable)	Pauta en Meta Ads, mantenimiento web y pasarelas de pago (Base: 500 uds).	S/ 7,500.00
Logística Mayorista	B2B	OPEX (Variable)	Almacenamiento certificado BPA (DIGEMID) y fletes de distribución por volumen.	S/ 2,500.00
Logística Última Milla	B2C	OPEX (Variable)	Packaging premium unitario y despachos courier en Lima Metropolitana.	S/ 6,000.00
Total Inversión Inicial				S/ 97,500.00

Figura 17 Proyección de Flujo de Caja del primer año

Etapa de Ejecución	Periodo	Desglose de Gastos	Monto Proyectado
Fase Pre-Operativa	Mes 0	Inversión Inicial: Molde, permisos legales y set-up e-commerce.	- S/ 31,250.00
Operación Mensual	Mes 1 al 12	Producción del lote (1,000 uds), marketing, fuerza de ventas, almacenaje y logística.	- S/ 97,500.00
Egreso Total	Año 1	Sumatoria total del capital ejecutado para la viabilidad del primer año del proyecto.	- S/ 128,750.00
Ingresos B2B (Venta Mayorista)	Año 1	500 unidades vendidas a S/ 135.00 (Precio base	+ S/ 67,500.00
Ingresos B2C (Venta Directa)	Año 1	500 unidades vendidas a S/ 145.00 (Precio base sin IGV).	+ S/ 72,500.00
Total Ingresos Proyectados	Año 1	Facturación total por la comercialización del Lote 1.	+ S/ 140,000.00
SALDO FINAL (Flujo de Caja)	Cierre Año 1	Ingresos Totales (S/ 140,000) menos Egresos Totales (S/ 128,750).	S/ 11,250.00

Figura 18 Estrategia de Precios y Márgenes de Rentabilidad

Estructura de Precio	Canal B2B (Mayorista / Institucional)	Canal B2C (Minorista / Familiar Directo)
Enfoque Comercial	Venta por volumen a clínicas y casas de reposo.	Venta unitaria por plataforma digital.
Costo Base + Logística + Mkt	S/ 69.00 + S/ 5.00 + S/ 25.00 = S/ 99.00	S/ 69.00 + S/ 12.00 + S/ 15.00 = S/ 96.00
Margen Bruto de Utilidad	35% (Permite margen al distribuidor)	50% (Venta directa, mayor rentabilidad)
Subtotal (Precio Sin IGV)	S/ 135.00	S/ 145.00
Precio Facturado (PVP con IGV)	S/ 159.30 por unidad	S/ 171.10 por unidad

IV. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Las pruebas físicas de usuario presenciales y de usabilidad concluyeron que el avance técnico obtenido a partir de los resultados que se esperaban generar, tiene un impacto clínico importante, que sólo se obtiene a partir de la incorporación de un servomotor de precisión que ejecuta el movimiento, avalado por el experto médico y validado con los 10 adultos mayores donde se constató que "el movimiento continuo del motor garantiza una dosificación contenida y exacta, eliminando la necesidad de aplicar fuerza biomecánica por prensión manual", esto es un requisito indispensable para sortear las barreras motrices impuestas por las patologías degenerativas como artrosis y sarcopenia atribuibles a la edad cronológica en personas de 65 a 85 años, ya que las consecuencias directas son disparos errantes o dosis incompletas para obtener la concentración terapéutica necesaria (García & Benalcázar, 2025).

Este desarrollo alternativo cobra relevancia al contrastarse con la evidencia científica mundial que indica que más del 70% de los pacientes cometen errores críticos y no corrigen la técnica demográfica al utilizar inhaladores pMDI convencionales, siendo esta crisis de efectividad que aqueja al mundo actual y no ha mostrado mejoría significativa en las últimas décadas (Sanchis et al., 2016) . Respecto a la categoría funciones del asistente automatizado y recordatorios, los adultos mayores entrevistados estructuradamente consideraron que "reduce carga cognitiva" ya que "esa es gente olvidadiza" y "el conteo mental es obligatorio" al asegurar el cumplimiento estricto a los protocolos clínicos mínimos marcados (20 sacudidas previas, apnea guiada a 10 segs. e intervalo entre dosis sin repeticiones de 30 segs.) logrando así la sedimentación pulmonar por gravedad e impidiendo características predisponentes a la retención orofaríngea del fármaco (Horta et al., 2024) .

La asistencia cronometrada y sensorial integrada demostró reducir significativamente la carga cognitiva del usuario geriátrico. La automatización de los ciclos clínicos esenciales (apnea guiada de 10 segundos, intervalo de reposo de 30 segundos entre dosis y la programación de protocolos de emergencia para crisis respiratorias) afianza la adherencia terapéutica y devuelve la autonomía y seguridad al paciente en la administración de su tratamiento. Los resultados obtenidos en las pruebas de campo en la Casa de Reposo "Más Vida" demuestran la viabilidad técnica, funcional y de diseño del dispositivo, teniendo una solución integral, estandarizada y lista para optimizar el cuidado respiratorio tanto en el entorno domiciliario como en el institucional.

4.2 Recomendaciones

Para la optimización formal y sensorial del dispositivo a corto plazo se inicia un proceso de rediseño técnico donde los puntos principales son: miniaturización electrónica y optimización volumétrica mediante el reemplazo del cableado manual sobre módulos de desarrollo por el diseño y fabricación de una PCB (placa de circuito impreso) integrada a medida. Esto es crucial para poder compactar los componentes internos, reducir drásticamente el peso bruto y compactar el armazón de PLA, logrando un asistente ligero, discreto y transportable cómodamente en un bolsillo o bolso de uso diario. Para sortear las barreras auditivas comunicacionales provocadas por la hipoacusia geriátrica se implementará una regulación de volumen analógica mediante la inclusión de un potenciómetro físico acoplado al altavoz dinámico del sistema digital, permitiendo a los usuarios atenuar o aumentar libremente la intensidad sonora de las alertas auditivas de validación. Por último, se ejecutará un rediseño completo de la interfaz táctil superior mediante el rediseño total de la simbología del panel central mediante la inclusión de texturas táctiles, marcas a relieves y materiales elevados sobre

la estructura misma. Estos indicadores físicos explícitos permitirán a consumidores con discapacidades visuales o cognitivas realizar un accionamiento independiente, seguro y sin esfuerzo, resolución que cierra definitivamente la confusión inicial verificada en las sesiones de validación.

Con respecto a la validación médica y escalamiento legal a largo plazo se generarán alianzas estratégicas con instituciones académicas y médicas locales para desarrollar ensayos clínicos prolongados para escalar la muestra validatoria hacia un grupo promedio representativo de pacientes geriátricos diagnosticados con asma o EPOC. Este seguimiento continuo y estructurado permitirá registrar recolecciones cuantitativas en tiempo real respecto al flujo inspiratorio de los usuarios cuya información se considerará insumo científico para alimentar y mejorar los algoritmos de control en futuras iteraciones del software del dispositivo. Es así que el seguimiento sistemático e informático basado en pruebas clínicas permitirá generar la evidencia científica necesaria. Este respaldo documental está diseñado para acelerar los procedimientos burocráticos requeridos para certificaciones, homologaciones y autorizaciones sanitarias sostén ante la Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID) para su ingreso seguro al geriátrico urbano, además, agilizando trámites formales relacionados a patentes modelo de utilidad e inscripción del aporte intelectual ante el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de Propiedad Intelectual (INDECOPI).

V. Referencias Bibliográficas

De Montalvo Jääskeläinen, F. (2024). *Innovación tecnológica y el riesgo de la pérdida del contacto humano como núcleo esencial de la relación médico-paciente*. Editoriale Scientifica. https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/96356

Muñoz Gordoa, E. (2023). *Modelo salutogénico y promoción de la salud. Uso de inhaladores en pacientes con EPOC* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid]. Repositorio Documental de la Universidad de Valladolid. https://uvadoc.uva.es/handle/10324/68972

Vílchez, T. (2025). *Detección de problemas relacionados con el uso de inhaladores: rol del farmacéutico comunitario en la optimización del tratamiento respiratorio* [Trabajo de fin de grado, Universidad de La Laguna]. Repositorio Institucional de la Universidad de La Laguna. https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/42382

Cabrera, O., Arancibia, F., Freire, F., Villarroel, R., Contador, M., Cavada, C., & cols. (2023). Evaluación e impacto de la educación de la técnica inhalatoria en pacientes adultos que usan inhalador de dosis medida. *Respirar, 15*(2). https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S2953-34142023000200004&script=sci_arttext

García, T., & Benalcázar, B. (2025). *Evaluación de la técnica inhalatoria en pacientes adultos que usan inhalador de dosis medida (MDI)* [Tesis de maestría, Universidad de las Américas]. Repositorio UDLA. http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/17873

Hernández Angulo, P. (2024). *Problemas relacionados con los medicamentos en pacientes con terapia inhalatoria* [Trabajo de fin de grado, Universidad de La Laguna. Repositorio Institucional RIULL. https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/38316

Horta, C., Sáez, L., & Jorquera, J. (2024). Uso correcto de inhaladores en adultos: del conocimiento a la aplicación. *Revista Médica Clínica Las Condes, 35*(3–4), 190–200. http://dx.doi.org/10.1016/j.rmclc.2024.07.002

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2024). *Situación de la Población Adulta Mayor: Octubre-Noviembre-Diciembre 2023*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_adulto_mayor.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2026). *Situación de la población adulta mayor IV trimestre 2025*. boletin-adulto-mayor-iv-trimestre-2025.pdf

López Zamora, L., Gonzales Saldaña, S. H. (2023). Capacidad funcional y calidad de vida del adulto mayor que asiste al Servicio de Geriatría en un Hospital Nacional de Lima, 2023. Vista de Capacidad funcional y calidad de vida del adulto mayor que asiste al Servicio de Geriatría en un Hospital Nacional de Lima, 2023

La Serna La Rosa, Pablo Antonio, Araujo Rossel, Shiriam Alejandra, Acevedo Carrillo, Mauricio, & Cabezas Torres, Norma Milena. (2026). Calidad de vida de los adultos mayores en centros residenciales públicos: revisión sistemática de evidencias entre 2020 y 2024. Revista InveCom, 6(1), e601066. Epub 15 de julio de 2025.https://doi.org/10.5281/zenodo.15460299

Pontificia Universidad Católica del Perú. (2021, 25 de marzo). *Egresados PUCP desarrollan innovador equipo médico con respaldo del MIT*. PuntoEdu. https://puntoedu.pucp.edu.pe/orgullo-pucp/egresados-pucp-desarrollan-innovador-equipo-medico-con-respaldo-del-mit/

Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CONADIS). (2024). *Resolución de Presidencia N° 085-2024: Hoja de Ruta en Tecnología de Apoyo para el*

periodo 2024-2030. El Peruano.
https://www.gob.pe/institucion/conadis/normas-legales/6310594-240-2024-conadis-pre

International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH). (2026). *Smart Inhaler Monitoring System: Improving medication adherence among Asthma and COPD patients*. 4(03), 1497-1503. https://doi.org/10.47392/IRJAEH.2026.0203

Asthma Australia. (2024). *Haleraid Inhaler Aid: Assistance for people with arthritis or weak grip*. Haleraid Inhaler Aid Assist Tool Guide | Asthma Australia

Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 25 de abril de 2026, de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/

Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas [DIGEMID]. (2025). *Preguntas frecuentes sobre el trámite de dispositivos médicos*. Ministerio de Salud. https://www.digemid.minsa.gob.pe/webDigemid/preguntas-frecuentes/

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2025). *En Lima Metropolitana residen más de 2 mil personas mayores de 98 años*. Plataforma Única del Estado Peruano. https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-lima-metropolitana-residen-mas-de-2-mil-personas-mayores-de-98-anos-7696/

Ministerio de Salud [MINSA]. (2012). *Mal uso del inhalador en asmáticos puede ocasionar crisis respiratorias graves*. Oficina de Comunicaciones. https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/67439-mal-uso-del-inhalador-en-asmaticos-puede-ocasionar crisis-respiratorias-graves-y-hasta-causar-la-muerte

Ministerio de Salud [MINSA]. (2018). *Advierten que adultos mayores asmáticos requieren control constante*. Plataforma Única del Estado Peruano.

https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/40661-advierten-que-adultos-mayores-asmaticos-requieren-control-constante

Carla Guzmán Pincheira, Felipe Gacitúa Riquelme, Gabriela Benedetti Ibáñez, Carolina Salazar Ibacache. (2021). *Relación entre fuerza prensil e indicadores antropométricos en personas mayores residentes en establecimientos de larga estancia.* Revista española de nutrición comunitaria. https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC_2021_3_art_5.pdf

Caritas del Perú. (2024). Promoción de un sistema de cuidado de las personas adultas mayores en domicilio en el Perú. Plataforma Caritas Perú. Promoción de un sistema de cuidado de las personas adultas mayores en domicilio en el Perú - Cáritas del Perú

VI. Anexos

6.1 Anexo 1 - Entrevistas con los Usuarios








6.2 Anexo 2 - Entrevista con el Experto



6.3 Anexo 3 - Consentimiento Informado







