

CuiDarte: Desarrollo de un sistema para la detección de caídas, emisión de alertas y monitoreo en adultos mayores

CuiDarte: Development of a system for fall detection, alert generation, and monitoring in older adults

CuiDarte: Desenvolvimento de um sistema para deteção de quedas, emissão de alertas e monitorização em idosos

Jeremy Terán Hurtado¹, Consuelo Cano Gallardo¹

¹ Escuela de Educación Superior Toulouse Lautrec. Lima, Perú.

RESUMEN

Las caídas en adultos mayores de 65 años en el hogar constituyen una de las principales causas de hospitalización, pérdida de autonomía y complicaciones graves, especialmente cuando no se detectan oportunamente. Esta situación afecta su calidad de vida y genera una carga emocional y física significativa en los cuidadores. **Objetivo:** Diseñar, desarrollar y validar un sistema de detección de caídas que emita alertas inmediatas y funcione como herramienta de apoyo en entornos domiciliarios.

Materiales y métodos: Se empleó un enfoque cualitativo y descriptivo basado en el modelo Doble Diamante del Design Council. El proceso incluyó análisis de antecedentes, revisión de patentes, benchmarking, modelado 3D y validación funcional. Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas y observación directa. La validación del sistema desarrollado se efectuó con 20 participantes en total: 2 adultos mayores y 1 cuidadora presencialmente, complementándose con la participación virtual de 17 cuidadores. **Resultados:** El sistema CuiDarte consiste en un *wearable* con acelerómetro que detecta caídas y envía alertas visuales, sonoras e inalámbricas. Incluye una base de carga multifuncional con reloj, luz y señal sonora que facilita la interacción y promueve la autonomía del usuario. Las pruebas demostraron alta precisión en la detección de caídas simuladas y facilidad de uso por los participantes. **Conclusiones:** CuiDarte es una solución eficaz para mejorar la seguridad de los adultos mayores. Se recomienda su validación en entornos domiciliarios prolongados e integración con servicios especializados.

Palabras clave: caídas; adultos mayores; monitoreo domiciliario; diseño de producto; dispositivo electrónico.

Recibido: 12-03-2025

Aceptado: 25-05-2025

En línea: 29-06-2025



Artículo de acceso abierto

© Los autores

© Revista Herediana
de Rehabilitación

CITAR COMO:

Terán J, Cano C. CuiDarte: Desarrollo de un sistema para la detección de caídas, emisión de alertas y monitoreo en adultos mayores. Rev Hered Rehab. 2025; 8(1): e6750. DOI: [10.20453/rhr.v8i1.6750](https://doi.org/10.20453/rhr.v8i1.6750)

ABSTRACT

Falls among adults over 65 years of age at home are one of the leading causes of hospitalization, loss of autonomy, and serious complications, especially when not detected promptly. This situation affects their quality of life and generates a significant emotional and physical burden on caregivers. **Objective:** To design, develop, and validate a fall detection system that generates immediate alerts and serves as a support tool in home environments. **Materials and methods:** A qualitative and descriptive approach was employed based on the Double Diamond model of the Design Council. The process included background analysis, patent review, benchmarking, 3D modeling, and functional validation. Additionally, semi-structured interviews and direct observation were conducted. The validation of the developed system involved 20 participants in total: 2 older adults and 1 caregiver participated in person, complemented by virtual participation from 17 caregivers. **Results:** The CuiDarte system consists of a wearable with an accelerometer that detects falls and sends visual, auditory, and wireless alerts. It includes a multifunctional charging base with a clock, light, and sound signal that facilitates interaction and promotes user autonomy. Testing demonstrated high accuracy in detecting simulated falls and ease of use for participants. **Conclusions:** CuiDarte is an effective solution for improving the safety of older adults. Validation in extended home settings and integration with specialized services is recommended.

Keywords: falls; older adults; home monitoring; product design; electronic device.

RESUMO

As quedas em idosos com mais de 65 anos no domicílio constituem uma das principais causas de hospitalização, perda de autonomia e complicações graves, especialmente quando não são detectadas oportunamente. Esta situação afeta a sua qualidade de vida e gera uma carga emocional e física significativa nos cuidadores. **Objetivo:** Conceber, desenvolver e validar um sistema de deteção de quedas que emita alertas imediatos e funcione como ferramenta de apoio em ambientes domiciliares. **Materiais e métodos:** Foi utilizada uma abordagem qualitativa e descritiva baseada no modelo Double Diamond do Design Council. O processo incluiu análise de antecedentes, revisão de patentes, benchmarking, modelagem 3D e validação funcional. Além disso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas e observação direta. A validação do sistema desenvolvido foi realizada com 20 participantes no total: 2 idosos e 1 cuidadora presencialmente, complementada com a participação virtual de 17 cuidadores. **Resultados:** O sistema CuiDarte consiste em um dispositivo vestível com acelerômetro que detecta quedas e envia alertas visuais, sonoros e sem fios. Inclui uma base de carregamento multifuncional com relógio, luz e sinal sonoro que facilita a interação e promove a autonomia do usuário. Os testes demonstraram alta precisão na deteção de quedas simuladas e facilidade de uso pelos participantes. **Conclusões:** CuiDarte é uma solução eficaz para melhorar a segurança dos idosos. Recomenda-se a sua validação em ambientes domiciliares prolongados e integração com serviços especializados.

Palavras-chave: quedas; idosos; monitoramento domiciliar; design de produto; dispositivo eletrônico.

INTRODUCCIÓN

Las caídas constituyen una de las principales causas de lesiones no intencionales a nivel mundial, afectando a personas de todas las edades. En 2021, la Organización Mundial de la Salud (OMS) (1) estimó que cada año alrededor de 684 000 personas fallecen a causa de una caída, y más del 80 % de estas muertes ocurren en países de ingresos bajos y medianos. Aunque las

caídas pueden afectar a cualquier grupo etario, los adultos mayores de 65 años representan la población más vulnerable (2-4). Estas pueden ocurrir en cualquier entorno —el hogar, el trabajo o los espacios públicos—, y sus consecuencias no solo son físicas, sino también emocionales y económicas (1).

Esta situación no constituye un fenómeno lejano ni aislado. De acuerdo con el Instituto Nacional de Esta-

dística e Informática (INEI), hasta el tercer trimestre de 2023, el 42,2 % de los hogares en Perú contaba con al menos una persona mayor de 60 años (5). Esto significa que casi la mitad de las familias en el país conviven con un ser querido que, debido a su edad, presenta mayor vulnerabilidad a las caídas. En relación con esto, el Ministerio de Salud (Minsa) señala una realidad preocupante: entre el 28 % y el 35 % de los adultos mayores de 65 años en el Perú sufre al menos una caída al año (2, 6, 7). Esta cifra asciende hasta el 50 % en personas mayores de 80 años (8). Aún más inquietante resulta el hecho de que el 60 % de estos accidentes ocurre dentro del hogar, un espacio que debería representar seguridad y protección (6).

Entre los factores de riesgo identificados se incluyen los antecedentes de caídas previas, peligros en el entorno —como una iluminación deficiente—, así como diversas condiciones de salud: debilidad muscular, vértigo, alteraciones en la marcha y el equilibrio, trastornos visuales y auditivos, deterioro cognitivo y sensorial, hipotensión ortostática, diabetes mellitus y osteoporosis (2-4).

Aunque la mayoría de las caídas en el hogar no resultan fatales, alrededor del 20 % provoca lesiones graves, como fracturas o traumatismos craneales. Cada año, más de 300 000 personas mayores son hospitalizadas por fracturas de cadera, de las cuales aproximadamente el 75 % corresponde a mujeres (9). Estas cifras evidencian la urgencia de implementar medidas efectivas de seguridad domiciliaria que permitan prevenir estos eventos.

Cabe destacar que casi la mitad de los adultos mayores que sufren una caída no logran levantarse por sí solas. Permanecer en el suelo durante más de dos horas incrementa significativamente el riesgo de complicaciones como deshidratación, úlceras, hipotermia o neumonía (9).

Esta problemática también repercute en los cuidadores, quienes enfrentan una creciente carga emocional, física y logística. Además de modificar rutinas, deben asumir decisiones complejas sobre el tipo de atención requerida y afrontar los costos asociados al proceso de recuperación, lo que representa un impacto económico considerable. Según la Fundación Atilano Sánchez Sánchez (10), los cuidadores no pueden permanecer disponibles las 24 horas del día, los 7 días de la semana, ya que también necesitan tiempo para cuidar de sí mismos. Esta realidad refuerza la necesidad de soluciones tecnológicas que respondan tanto a las demandas de los adultos mayores como a las de quienes los asisten.

En este contexto, diversas soluciones tecnológicas han sido orientadas a mitigar esta problemática. Por ejemplo, la patente Personal Emergency Response System (11) describe un dispositivo con acelerómetros que detecta

caídas y solicita ayuda de manera automática. De forma análoga, la patente Method and System for Fall Detection (12) emplea sensores de movimiento y algoritmos para reconocer patrones asociados a caídas. Por otro lado, a un nivel más integral, la patente Wireless Health Monitor Device and System with Cognition (13) plantea un sistema de monitoreo remoto que combina la detección de caídas con la medición de signos vitales y comunicación por voz.

En el ámbito comercial, se han desarrollado productos orientados a la asistencia de adultos mayores. El Philips e-Alert Unit, por ejemplo, permite el envío de alertas de emergencia a través de internet, garantizando una atención continua. De igual modo, el servicio Adportas facilita el envío de notificaciones geolocalizadas a contactos de confianza. Aunque con un propósito distinto, dispositivos como el iHome iA63 integran funciones —altavoz, reloj despertador y base de carga— que podrían adaptarse a sistemas de asistencia domiciliaria.

Estos antecedentes evidencian una tendencia hacia la integración de sensores, conectividad y diseño funcional, orientada a fortalecer la autonomía y seguridad de los adultos mayores. En ese sentido, tras recopilar y analizar la información sobre los desafíos que enfrentan los adultos mayores y sus cuidadores, se propone diseñar, desarrollar y validar un sistema de detección de caídas denominado CuiDarte. Este sistema busca emitir alertas inmediatas a los cuidadores de personas mayores de 65 años mediante pruebas funcionales en entornos domiciliarios. Su propósito es contribuir al desarrollo de nuevas propuestas tecnológicas más accesibles y contextualizadas, capaces de responder de manera eficaz a las necesidades específicas de esta población. El desarrollo de este sistema también se presenta de forma audiovisual en el material suplementario 1.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo, descriptivo y con una orientación proyectual, tomando como referencia el modelo del Doble Diamante, propuesto por el Design Council del Reino Unido. Dicho modelo estructuró el proceso en cuatro etapas clave: descubrir, definir, desarrollar y entregar, orientando respectivamente cada fase en el diseño, desarrollo y validación de un sistema de detección de caídas (14).

Métodos de investigación

En la primera etapa, se realizó una investigación en profundidad para comprender las causas del aumento

de caídas y emergencias en personas mayores dentro del hogar. Para esto, se revisaron patentes y artículos científicos, además de efectuarse un *benchmarking* de los principales dispositivos de alerta existentes. Este análisis permitió identificar las necesidades prioritarias de los usuarios, reconocer soluciones que reforzarán la seguridad y promover tanto la autonomía como la accesibilidad en el uso diario de los sistemas tecnológicos.

Durante la segunda etapa, se analizó la información recopilada mediante la revisión de antecedentes, literatura científica, patentes y testimonios de usuarios. A partir de este proceso, se identificaron las principales causas y factores de riesgo asociados a las caídas, junto con las limitaciones físicas de los adultos mayores y las dificultades cotidianas que enfrentan los cuidadores. En función de estos hallazgos, se establecieron los objetivos clave del proyecto: diseñar un sistema de fácil uso, posibilitar el envío rápido de alertas, fomentar la autonomía del usuario y brindar apoyo efectivo al cuidador. La evaluación del sistema se realizó mediante una prueba presencial con una enfermera y dos adultos mayores, complementada con una encuesta virtual aplicada a 17 cuidadores.

En la tercera etapa, se exploraron diversas propuestas de diseño mediante bocetos, con el propósito de dar respuesta a las necesidades detectadas y satisfacer al usuario. Posteriormente, tras un proceso de selección y evaluación, se eligieron las alternativas más viables para la construcción de los primeros prototipos.

Finalmente, en la cuarta etapa, se llevaron a cabo pruebas de usabilidad con adultos mayores. La retroalimentación obtenida permitió realizar ajustes específicos al diseño y optimizar tanto el dispositivo portátil como su base de carga. De este modo, se garantizó una experiencia de uso accesible, segura y efectiva para los usuarios.

Análisis de los usuarios

Usuario principal

Adultos mayores de 65 años que presentan factores que aumentan la probabilidad de caídas, como problemas de equilibrio, debilidad muscular o condiciones crónicas. Muchos viven de forma independiente y necesitan un sistema que les brinde seguridad y autonomía para mantener su bienestar y calidad de vida dentro del hogar.

Usuario secundario

Responsables del cuidado físico y emocional de los adultos mayores, los cuidadores enfrentan la dificultad de supervisar constantemente a sus pacientes o familia-

res, lo que les genera estrés y sobrecarga. Requieren herramientas tecnológicas que les permitan recibir alertas oportunas y facilitar la gestión del cuidado para mejorar la atención y su propia calidad de vida.

Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Observación estructurada

Se aplicó una observación estructurada en hogares donde interactúan adultos mayores y sus cuidadores. Esta técnica permitió registrar comportamientos, rutinas y niveles de autonomía, así como identificar posibles riesgos de caída. Antes de su aplicación, se verificaron patrones de movilidad con el fin de asegurar la pertinencia de las observaciones. En consecuencia, esta técnica ofreció evidencia directa sobre las condiciones reales de uso del sistema propuesto.

Encuesta a cuidadores y familiares

Con la finalidad de conocer experiencias, percepciones y validar la propuesta tecnológica, se aplicó una encuesta virtual mediante Google Forms, dirigida a cuidadores familiares y profesionales de adultos mayores. Se recopilaron datos sobre el perfil del participante, su experiencia en el cuidado, las situaciones relacionadas con caídas y sus opiniones sobre la funcionalidad, facilidad de uso, utilidad y posibles limitaciones del sistema. Además, se incluyeron preguntas sobre recomendaciones de mejora y la disposición a recomendar la solución a otros cuidadores. La encuesta presentó una descripción detallada del sistema CuiDarte, acompañada de texto, imágenes y un video explicativo (15) (ver anexo 1).

Análisis funcional

El análisis funcional se aplicó al sistema propuesto considerando sus funciones esenciales, con el fin de determinar las acciones que debía ejecutar el dispositivo para responder eficazmente ante una caída. Este análisis permitió definir los requerimientos técnicos y de diseño, tales como la activación automática del sistema, la transmisión de alertas, la señalización visual o sonora y la interacción con el usuario.

Consulta con expertos

Igualmente, se llevó a cabo una consulta con expertos en el cuidado de personas mayores, entre ellos enfermeras y cuidadores geriátricos con experiencia directa en centros de atención y hogares. A partir de sus observaciones y conocimientos prácticos, se recopilaron recomendaciones sobre aspectos ergonómicos, características de usabilidad y condiciones mínimas de

seguridad. En la misma línea, se tomaron en cuenta consideraciones sobre la sensibilidad del sistema de detección, la respuesta ante emergencias y la integración del dispositivo en las rutinas cotidianas de los usuarios.

Análisis de la información

La información recolectada se analizó a través de un enfoque cualitativo y descriptivo, con el objetivo de identificar patrones de comportamiento, niveles de aceptación y percepciones sobre el sistema de detección y alerta de caídas en adultos mayores (16). Los datos se organizaron en categorías emergentes relacionadas con la funcionalidad percibida, la facilidad de uso y la respuesta emocional frente al sistema. Este proceso siguió los lineamientos del análisis temático propuestos por Braun y Clarke (17), lo que permitió contrastar los hallazgos con los objetivos de diseño y evaluar la pertinencia tecnológica de la propuesta frente a las necesidades reales de los usuarios y cuidadores en contextos domésticos.

Consideraciones éticas

El estudio se llevó a cabo conforme a los principios éticos de la Declaración de Helsinki (18), garantizando el

respeto, la confidencialidad, el consentimiento informado y el bienestar de los participantes. Se obtuvo consentimiento escrito tanto de los adultos mayores como de los cuidadores, asegurando una comprensión clara de los objetivos del estudio, el uso de los datos —incluidas las imágenes— y el derecho a retirarse sin repercusiones. Asimismo, se solicitó autorización expresa para la captura de imágenes, restringiendo su uso a fines académicos. Se cuidó especialmente la dignidad y privacidad de los participantes, evitando cualquier representación que pudiera estigmatizar o revelar su identificación, en concordancia con los lineamientos de la *Década del Envejecimiento Saludable (2021-2030)* de la Organización Mundial de la Salud (19).

RESULTADOS

La tabla 1 presenta una síntesis de las observaciones obtenidas durante las pruebas funcionales del sistema, efectuadas con dos adultos mayores (un hombre de 87 años y una mujer de 83 años) y una cuidadora egresada de Enfermería. En dichas pruebas se evaluaron aspectos como la comprensión del funcionamiento, la facilidad de colocación del dispositivo y las recomendaciones de mejora formuladas por los participantes. Los participantes interactuaron de manera presencial con el prototipo para evaluar su usabilidad y nivel de comprensión.

Tabla 1. Evaluación funcional del sistema mediante pruebas presenciales en dos adultos mayores y una cuidadora.

Edad	Género	Rol	Observaciones principales
87	M	Adulto mayor	Logró utilizar el cargador con ayuda visual. Presentó cierta dificultad para colocarse el dispositivo en la muñeca, aunque finalmente lo consiguió con apoyo del cuidador. Mostró preferencias por el accesorio de cuello. Los botones del dispositivo de mesa resultaron comprensibles, aunque tuvo inconvenientes con el botón de encendido.
83	F	Adulto mayor	Mostró una comprensión rápida del funcionamiento. Sugirió reducir el tamaño del dispositivo para mejorar la comodidad durante el uso. Pudo cargarlo y usarlo sin problemas.
24	F	Cuidadora egresada de Enfermería	Recomendó reducir el tamaño del dispositivo y habilitar opciones de configuración personalizada. Además, sugirió un historial de reportes que facilite el seguimiento del paciente.

Posteriormente, se aplicó una encuesta virtual a 17 cuidadores de adultos mayores, con el fin de recopilar sus percepciones sobre la utilidad, la facilidad de uso y la comprensión de las alertas del sistema CuiDarte, a partir de un video explicativo (15). Se incluyeron preguntas tipo Likert

y preguntas abiertas orientadas a recoger sugerencias de mejora (ver anexo 1). La tabla 2 resume el perfil general de los cuidadores participantes; la tabla 3 destaca los elementos del sistema más valorados; y la tabla 4 presenta la evaluación de su facilidad de uso y utilidad.

Tabla 2. Características sociodemográficas y percepción del sistema CuiDarte según los cuidadores (n = 17).

Categoría	%
Rango de edad	
18 a 24 años	17,6
25 a 34 años	11,8
35 a 44 años	29,4
45 a 54 años	23,5
Más de 55 años	17,6
Sexo	
Masculino	52,9
Femenino	47,1
Vínculo con el adulto mayor	
Familiar directo	35,3
Cuidador/a profesional	17,6
Voluntario/a o eventual	17,6
Enfermero/a	11,8
Médico	11,8
Terapista	5,9

Tabla 2. (Continuación).

Categoría	%
Tiempo en el cuidado	
Ocasionalmente	11,8
Menos de 6 meses	11,8
6 meses a 1 año	5,9
1 a 3 años	35,3
Más de 3 años	35,3
Experiencia con caídas	
Sí	70,6
No	17,6
Tal vez	11,8
Percepción de necesidad	
Sí	70,6
Parcialmente	29,4
No	0,0
¿Recomendaría el sistema?	
Sí	70,6
Tal vez	29,4
No	0,0

Tabla 3. Resultados sobre los aspectos más relevantes o útiles del sistema CuiDarte identificados por los cuidadores (n = 17).

Aspecto valorado del sistema	%
Detección automática de caídas	76,5
Botón de alerta de fácil acceso	70,6
Conectividad con el cuidador (vía wifi)	64,7
Confirmación de alerta mediante luz, sonido o vibración	52,9
Estación base con funciones adicionales (reloj, luz y sonido)	47,1
Portabilidad y facilidad de uso	35,3

Tabla 4. Respuestas de evaluación de facilidad de uso y utilidad del sistema CuiDarte según la percepción de los cuidadores (n = 17).

Pregunta	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
¿Qué tan fácil de usar considera que es el sistema CuiDarte para un adulto mayor?	0,0 %	5,9 %	29,4 %	58,8 %	5,9 %
¿Qué tan útil considera este sistema para apoyar su labor como cuidador(a)?	0,0 %	0,0 %	23,5 %	11,8 %	64,7 %

Además de las preguntas cerradas, se incluyeron preguntas semiestructuradas que permitieron recopilar información cualitativa relacionada con las experiencias, percepciones y sugerencias de los cuidadores. Las respuestas fueron analizadas mediante codifi-

cación temática, lo que facilitó su organización en categorías representativas. La tabla 5 presenta un resumen de las principales categorías identificadas, junto con su frecuencia de aparición y una cita representativa.

Tabla 5. Principales categorías de sugerencias de mejora del sistema CuiDarte según los cuidadores encuestados (n = 17).

Categoría de sugerencia	Descripción	Frecuencia	Cita representativa
Alertas sonoras y batería	Necesidad de mayor intensidad, confirmaciones auditivas y advertencias de carga	9	<i>Que el wearable emita sonido y tenga alerta de batería baja.</i>
Conectividad alternativa a wifi	Preocupación por la dependencia a internet, especialmente en zonas remotas	4	<i>¿Y si no hay wifi en la casa?</i>
Ergonomía y comodidad del dispositivo	Incomodidad en la muñeca o dificultad para usar el cargador	5	<i>¿El diseño puede dar calor en la muñeca?</i>
Aplicación móvil y monitoreo remoto	Solicitan una aplicación para monitoreo, conexión médica y acceso familiar	7	<i>Añadir una aplicación con alertas al médico.</i>
Precisión y detección de caídas	Necesidad de ajustar sensibilidad y mejorar algoritmos para distintos tipos de caídas	4	<i>¿Qué pasa con caídas lentes o deslizamientos?</i>
Accesibilidad (discapacidad sensorial)	Limitaciones para personas con problemas visuales o auditivos	3	<i>Algunas personas mayores pueden tener discapacidades auditivas y visuales.</i>
Capacitación y aprendizaje del sistema	Requieren tutoriales, guías o materiales educativos para cuidadores	3	<i>Señala la necesidad de capacitación para el uso correcto del sistema.</i>
Sin sugerencias/valoración positiva	Algunos cuidadores no identificaron mejoras necesarias	2	<i>No ve mejoras necesarias actualmente.</i>

De lo expuesto, la solución que se propone consiste en un sistema de asistencia orientado a la prevención y detección de caídas en adultos mayores de 65 años, cuyo propósito es brindar seguridad, autonomía y tranquilidad tanto a los usuarios como a sus cuidadores. El sistema está compuesto por dos dispositivos interconec-

tados por wifi: una base de mesa y un dispositivo portátil (*wearable*).

La base de mesa cumple la función de estación de carga y centro de control. Incorpora una pantalla led que muestra la hora, ofreciendo apoyo temporal y un recor-

datorio visual. Dispone de dos botones de fácil acceso: uno destinado a solicitar ayuda y otro a activar emergencias. Al presionarlos, se envían alertas a los dispositivos móviles de los cuidadores a través de la red wifi. La confirmación del envío se realiza mediante una señal sonora (*buzzer*), que permite al usuario saber que su alerta fue emitida correctamente.

En lo que refiere al dispositivo portátil, se encuentra diseñado para acompañar al adulto mayor durante sus desplazamientos dentro del hogar. Es compacto, ergonómico y liviano, y puede colocarse en el cuello, brazo o muñeca. Cuenta con un botón de encendido/apagado y otro de alerta, que también envía notificaciones mediante wifi. Ofrece retroalimentación visual (led RGB) y sensorial (vibración), lo que facilita su uso por personas con limitaciones visuales o auditivas.

Del mismo modo, integra un acelerómetro que posibilita la detección automática de caídas, enviando una alerta sin necesidad de que el usuario presione algún botón. Esta función garantiza una comunicación constante con los cuidadores, incluso cuando el usuario se encuentra lejos de la base (figura 1).



Figura 1. (A) Prototipo de base de carga; (B) dispositivo portátil en base de carga; (C) accesorio con correa ajustable; (D) dispositivo portátil en uso.

Ambos dispositivos están fabricados con ácido poliláctico (PLA), un material resistente y adecuado para impresión 3D, con estructuras optimizadas para proteger los componentes internos (ESP32, batería, pantalla led, botones, *buzzer*, led RGB y motor de vibración). Presentan un diseño ergonómico, con bordes suaves y sin aristas vivas, pensado para facilitar la manipulación por parte de adultos mayores con movilidad o destreza reducida. Su diseño formal, basado en volúmenes

geométricos suaves y jerarquía visual, busca reducir la carga cognitiva e integrarse armónicamente al entorno doméstico.

Validación

Las pruebas presenciales evidenciaron que los adultos mayores comprendieron con facilidad el funcionamiento básico del sistema, en especial el encendido del dispositivo, cuya operación resultó intuitiva. Los botones tanto del dispositivo de mesa como del portátil presentaron tamaño y ubicación adecuados. El diseño ergonómico del dispositivo portátil —forma cóncava y dimensiones compactas— facilitó el agarre, mientras que el dispositivo de mesa proporcionó buena visibilidad y estabilidad gracias a su inclinación y bases antideslizantes.

Ambos participantes lograron colocarse el dispositivo portátil en distintas posiciones (muñeca, brazo o cuello) y ubicarlo en la base de carga con facilidad, lo que favorece su integración en la rutina diaria. No obstante, al inicio requirieron orientación externa para su correcta colocación (figuras 2 y 3).



Figura 2. Adulto mayor de 87 años utilizando la base de mesa y el dispositivo portátil, mientras prueba el funcionamiento de los botones.



Figura 3. Adulta mayor de 83 años utilizando la base de mesa y el dispositivo portátil, mientras prueba el funcionamiento de los botones.

La prueba presencial se amplió con la participación de una egresada en Enfermería, quien cuenta con experiencia en el cuidado de adultos mayores, lo que permitió realizar una validación más especializada del sistema (figura 4).

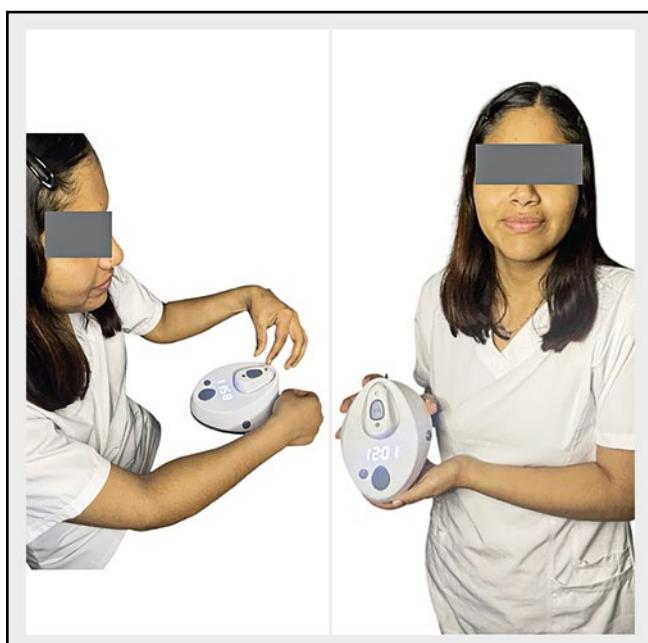


Figura 4. Egresada de Enfermería validando el funcionamiento del sistema.

DISCUSIÓN

La investigación abordó el diseño, la implementación y la validación del sistema CuiDarte, orientado a mejorar el cuidado de adultos mayores en el hogar. La evaluación se llevó a cabo mediante una prueba presencial con una enfermera y dos adultos mayores, complementada con una encuesta virtual aplicada a 17 cuidadores. Ambas instancias permitieron identificar fortalezas y oportunidades de mejora en el funcionamiento del sistema.

Entre las principales fortalezas destacan la detección automática de caídas, el botón de alerta accesible y la conectividad wifi con el cuidador. Estas funciones fueron valoradas por su utilidad en la prevención de incidentes y el acompañamiento remoto. Comentarios como «Excelente para seguimiento remoto» y «Facilita ayudar al adulto mayor en el momento indicado» reflejan una percepción positiva y una alta utilidad percibida del sistema.

Estos hallazgos adquieren relevancia considerando que, según el Minsa, entre el 28 % y el 50 % de las personas mayores de 65 años sufren al menos una caída al año, y que el INEI indica que el 42,2 % de los hogares peruanos alberga al menos a una persona mayor de 60 años. Estos datos refuerzan la necesidad de soluciones tecnológicas accesibles, funcionales y adaptadas al entorno domiciliario.

Durante la prueba presencial, los adultos mayores comprendieron con facilidad el uso básico del sistema, especialmente la función de encendido (figuras 2 y 3). Se verificó que los botones del dispositivo portátil y del de mesa presentaron un tamaño y ubicación adecuados para personas mayores. El dispositivo portátil, con su forma cóncava y dimensiones compactas, facilitó un agarre seguro, mientras que el de mesa, gracias a su inclinación y base antideslizante, ofreció una manipulación cómoda y visualización clara. Ambos participantes lograron colocarse el dispositivo sin dificultad, ya sea en la muñeca, el brazo o el cuello, y ubicarlo correctamente en la base de carga (figura 4), aunque al inicio requirieron una breve orientación externa.

Entre las oportunidades de mejora, se propuso reducir el tamaño del dispositivo portátil en 2 cm para optimizar su adaptación corporal, ampliar los botones en un 50 % para facilitar su uso en personas con limitaciones motoras o visuales, e incorporar retroalimentación sonora y visual para reforzar la interacción segura y accesible con el sistema (figura 5).



Figura 5. (A) Reducción de tamaño del dispositivo portátil; (B) aumento de tamaño de los botones del dispositivo portátil; (C) aumento de tamaño de los botones del dispositivo de mesa; (D) indicadores visuales del dispositivo de mesa.

Finalmente, se recomendó el desarrollo de una interfaz complementaria dirigida al cuidador, que le permita acceder al historial de alertas, consultar los registros de eventos, verificar el nivel de batería del dispositivo

portátil y configurar alarmas en el dispositivo de mesa, contribuyendo de esta manera a una atención más eficiente, personalizada y oportuna (figura 6).

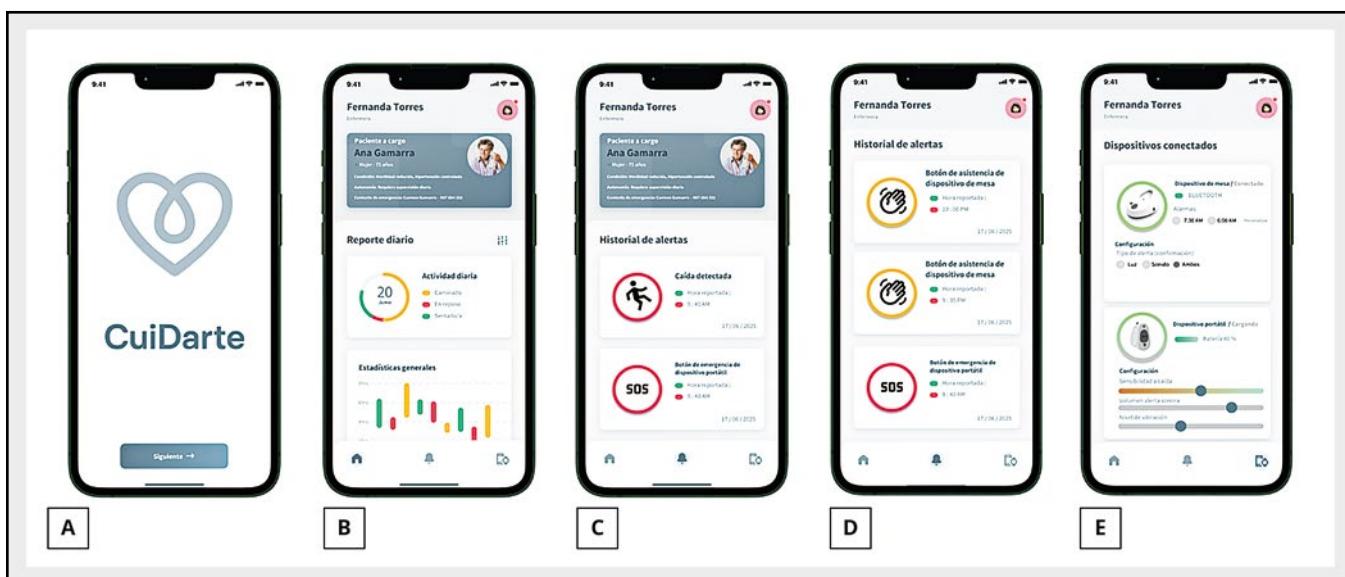


Figura 6. Interfaz de la aplicación móvil: (A) pantalla de inicio; (B) pantalla principal con reporte diario del paciente; (C) vista general del historial de alertas; (D) historial de alertas desplegado en detalle; (E) sección de dispositivos conectados con opciones de configuración y personalización.

CONCLUSIONES

Estas recomendaciones reflejan que, si bien el sistema CuiDarte fue valorado como pertinente y funcional, su diseño puede seguir perfeccionándose para garantizar una experiencia más accesible, segura y adaptable a diversas realidades de cuidado. La participación activa de los cuidadores en el proceso de validación resultó fundamental para comprender cómo el diseño se traduce en la práctica cotidiana y qué ajustes son necesarios para

maximizar su impacto en la calidad de vida tanto del adulto mayor como del cuidador.

El desarrollo del sistema CuiDarte abordó de manera eficaz la necesidad de un dispositivo de asistencia capaz de detectar caídas en adultos mayores y emitir alertas oportunas a sus cuidadores. A través del diseño y validación de un dispositivo portátil con sensores de movimiento y notificación visual y sonora, se logró una solución funcional alineada con las condiciones y necesidades del usuario final.

Uno de los principales logros fue la implementación de un prototipo basado en componentes electrónicos básicos, con un formato ergonómico y de fácil uso, que prioriza la autonomía del adulto mayor y una respuesta rápida ante emergencias. Asimismo, se estableció una comunicación efectiva con un sistema externo de alerta, lo que contribuye a la prevención y atención oportuna de eventos.

La iteración con usuarios reales permitió identificar limitaciones físicas, visuales y cognitivas que influyeron directamente en el rediseño del producto y en la mejora de su usabilidad. Paralelamente, se fortalecieron compe-

tencias técnicas en el manejo de sensores, microcontroladores y desarrollo de soluciones tecnológicas orientadas al bienestar social, en concordancia con la evidencia que destaca el papel de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el envejecimiento activo y la promoción de la autonomía en personas mayores (20-22).

En síntesis, el proyecto no solo respondió de manera efectiva al problema inicial, sino que también generó conocimiento práctico y aplicable para futuros desarrollos en el diseño de productos destinados a la salud y el cuidado de poblaciones vulnerables.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento:

Autofinanciado

Aprobación de ética:

El estudio se realizó conforme a los principios de la Declaración de Helsinki, garantizando el respeto, la confidencialidad, el consentimiento informado y el bienestar de los participantes. Se obtuvo consentimiento escrito de los adultos mayores y cuidadores, asegurando su comprensión y autorización para el uso académico de los datos e imágenes.

Contribución de autoría:

JTH: conceptualización, diseño, desarrollo del prototipo, experimentación y validación del sistema CuiDarte, redacción del borrador original.

CCG: supervisión, dirección metodológica y conceptual del proyecto, revisión crítica del contenido, redacción final del artículo, aprobación de la versión a publicar.

Correspondencia:

Consuelo Cano Gallardo

✉ consuelocano@gmail.com

REFERENCIAS

- Organización Mundial de la Salud. Caídas [Internet]. OMS; 2021, 26 de abril. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/falls>
- Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. N Engl J Med [Internet]. 1988; 319(26): 1701-1707. Disponible en: <https://doi.org/10.1056/NEJM198812293192604>
- El-Sharif SI, Al-Harbi AB, Al-Shihabi AM, Al-Daour DS, Sharif RS. Falls in the elderly: assessment of prevalence and risk factors. Pharm Pract [Internet]. 2018; 16(3): 1206. Disponible en: <https://doi.org/10.18549/PharmPract.2018.03.1206>
- Stalenhoef PA, Diederiks JP, Knottnerus JA, Kester AD, Crebolder HF. A risk model for the prediction of recurrent falls in community-dwelling elderly: a prospective cohort study. J Clin Epidemiol [Internet]. 2002; 55(11): 1088-1094. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(02\)00502-4](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(02)00502-4)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (PE). El 42,2 % de los hogares del país tiene entre sus miembros a una persona de 60 y más años de edad [Internet]. INEI; 2023, 29 de diciembre. Disponible en: <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/el-422-de-los-hogares-del-pais-tiene-entre-sus-miembros-a-una-persona-de-60-y-mas-anos-de-edad-14851/>
- Ministerio de Salud (PE). Uno de cada tres adultos mayores de 65 años sufre una caída [Internet]. MINSA; 2018, 13 de diciembre. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/23629-uno-de-cada-tres-adultos-mayores-de-65-anos-sufre-una-caida>
- Herman M, Gallagher E, Scott V. The evolution of seniors' falls prevention in British Columbia: working strategically and collectively to reduce the burden and impact of falls and fall-related injury among seniors [Internet]. Ministry of Health (CA); 2006. Disponible en: https://www.health.gov.bc.ca/library/publications/year/2006/falls_report.pdf

8. Blake EM. Caídas en adultos mayores: principales causas y cómo prevenir [Internet]. Clínica Alemana; 2018, 28 de enero. Disponible en: <https://www.clinicaalemana.cl/articulos/detalle/2018/caidas-en-adultos-mayores-principales-causas-y-como-prevenir>
9. Stefanacci RG, Wilkinson JR. Caídas en las personas mayores [Internet]. Manual Merck versión para profesionales; 2025, abril. Disponible en: <https://www.merckmanuals.com/es-us/professional/geriatr%C3%A3/C3%ADa/ca%C3%ADdas-en-las-personas-mayores/ca%C3%ADdas-en-las-personas-mayores>
10. Fundación Atilano Sánchez Sánchez. Las dificultades de cuidar a una persona mayor [Internet]. FASS; [s. f.]. Disponible en: <https://www.fundacionfass.org/general/las-dificultades-de-cuidar-a-una-persona-mayor/>
11. Tran B. Personal emergency response (PER) system [Internet]. Patente estadounidense US8461988B2. 2013, 11 de junio. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US8461988B2/en>
12. Carlton-Foss J. Method and system for fall detection [Internet]. Patente estadounidense US8217795B2. 2012, 10 de julio. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US8217795B2/en>
13. WolfJL, Walker TP, Huber F, Caruso RN. Wireless health monitor device and system with cognition [Internet]. Patente estadounidense US2007/0197881A1. 2007, 23 de agosto. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US20070197881A1/en>
14. Design Council. Design Methods for Developing Services [Internet]. Londres: Design Council; 2015. Disponible en: https://www.designcouncil.org.uk/fileadmin/uploads/dc/Documents/DesignCouncil_Design%2520methods%2520for%2520developing%2520services.pdf
15. Jeremy Hurtado. Funcionamiento del Sistema CuiDarte [Internet]. YouTube; 2025, 19 de junio. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=b-NjjImg0Eo>
16. Taylor SJ, Bogdan R, de Vault ML. Introduction to qualitative research methods: a guidebook and resource. 4.^a ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2015.
17. Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology. Qual Res Psychol [Internet]. 2006; 3(2): 77-101. Disponible en: <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
18. World Medical Association. WMA declaration of Helsinki - Ethical principles for medical research involving human participants [Internet]. WMA; 2024, 31 de diciembre. Disponible en: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki/>
19. Organización Mundial de la Salud. Década del envejecimiento saludable (2021-2030) [Internet]. OMS; [s. f.]. Disponible en: <https://www.who.int/es/initiatives/decade-of-healthy-ageing>
20. Teixeira-Gasparini E, Partezani-Rodrigues R, Fabricio-Wehbe S, Silva-Fhon J, Aleixo-Diniz M, Kusumota L. Uso de tecnologías de asistencia y fragilidad en adultos mayores de 80 años y más. Enferm Univ [Internet]. 2018; 13(3): 151-158. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.reu.2016.06.001>
21. Sevilla M, Salgado MC, Osuna NC. Envejecimiento activo. Las TIC en la vida del adulto mayor. Rev Iberoam Investig Desarro Educ [Internet]. 2015; 6(11): 574-587. Disponible en: <https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/138>
22. López M. Las TIC como herramientas de apoyo al envejecimiento activo. Familia [Internet]. 2018; (56): 111-117. Disponible en: <https://doi.org/10.36576/summa.92091>

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario aplicado a cuidadores para la evaluación del sistema CuiDarte.

Descripción del sistema CuiDarte

CuiDarte es un sistema tecnológico desarrollado para mejorar la seguridad y el bienestar de los adultos mayores en el hogar. Está compuesto por un dispositivo portátil (wearable) y una base de carga multifuncional que, en conjunto, permiten:

- Detectar caídas automáticamente mediante sensores de movimiento.
- Emitir alertas inmediatas (visuales, sonoras y por vibración) cuando ocurre una caída o se activa el botón de emergencia.
- Notificar a cuidadores o familiares a través de conexión WiFi.
- Facilitar la interacción mediante un diseño ergonómico, sencillo y fácil de manipular.
- Proveer retroalimentación clara (luz, sonido, vibración) para confirmar que la alerta fue enviada.
- Incluir funciones adicionales como reloj visible y luz de acompañamiento.

Utilización de video en la evaluación: <https://www.youtube.com/watch?v=b-NjjImg0Eo>

Cuestionario aplicado

Sección 1: Consentimiento informado

1. ¿Está de acuerdo en participar voluntariamente en esta encuesta?

- Sí, acepto participar
 No, prefiero no participar
-

Sección 2: Datos generales del participante

2. Edad:

- 18 a 24 años
 25 a 34 años
 35 a 44 años
 45 a 54 años
 Más de 55 años

3. Género:

- Masculino
 Femenino
 Prefiero no decirlo
 Otro: _____

4. ¿Cuál es su vínculo con el adulto mayor al que cuida o ha cuidado?

- Familiar directo (padre/madre, abuelo/a, etc.)
- Cuidador/a profesional
- Voluntario/a o cuidador/a eventual
- Enfermero/a
- Médico/a
- Terapista
- Otro: _____

5. ¿Cuánto tiempo ha estado involucrado(a) en el cuidado de adultos mayores?

- Ocasionalmente
- Menos de 6 meses
- Entre 6 meses y 1 año
- De 1 a 3 años
- Más de 3 años

6. ¿Ha tenido experiencias relacionadas con caídas de la persona mayor a su cargo?

- Sí
- No
- Tal vez
- Prefiero no responder

Sección 3: Evaluación del sistema CuiDarte

7. ¿Considera que el sistema responde a una necesidad real en el cuidado de adultos mayores?

- Sí
- Parcialmente
- No

8. Justifique su respuesta anterior:

.....
.....

9. ¿Qué aspectos del sistema le parecen más relevantes o útiles? (Marque todas las que considere):

- Detección automática de caídas
- Botón de alerta de fácil acceso
- Confirmación de alerta mediante luz, sonido o vibración
- Conectividad con el cuidador (vía WiFi)
- Estación base con funciones adicionales (reloj, luz, sonido)
- Portabilidad y facilidad de uso

10. ¿Qué posibles dificultades visualiza en el uso del sistema por parte del adulto mayor?

.....
.....

11. Desde su experiencia como cuidador(a), ¿qué mejoras sugeriría para que el sistema sea más práctico, seguro o accesible?

.....
.....

Sección 4: Usabilidad y utilidad percibida

12. En una escala del 1 al 5, ¿qué tan fácil de usar considera que es el sistema CuiDarte para un adulto mayor?
(1 = Muy difícil de usar, 5 = Muy fácil de usar)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

13. En una escala del 1 al 5, ¿qué tan útil considera este sistema para apoyar su labor como cuidador/a?
(1 = Poco práctico, 5 = Muy útil)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

14. ¿Recomendaría este sistema a otros cuidadores de adultos mayores?

- Sí
- Tal vez
- No

15. Explique brevemente su respuesta anterior:

.....
.....

Material suplementario 1

Terán J. CuiDarte - Taller 8 [Internet]. Vimeo; 2025, 11 de julio. Disponible en: <https://vimeo.com/1100792980>