

Revisión sistemática de factores, modelos y marcos de usabilidad con integración de Blockchain para aplicaciones seguras de salud móvil (mHealth)

Irum Feroz, PhD¹ y Nadeem Ahmad, PhD²

¹Departamento de la Escuela de Artes y Tecnologías Creativas, Universidad de Bolton, Bolton, Reino Unido,

²Departamento de Informática y Tecnología, Universidad Iqra, Campus H-9, Islamabad, Pakistán Autor correspondiente:

Nadeem Ahmad, Correo electrónico: nadeem.ahmad@ieee.org

DOI: <https://doi.org/10.30953/bhty.v7.357>

Palabras clave: blockchain, aplicaciones móviles de salud, revisión bibliográfica sistemática, marcos de usabilidad, normas y modelos de usabilidad

Resumen

Esta revisión sistemática examina los factores críticos de usabilidad que influyen en la adopción de la salud móvil (aplicaciones entre los adultos mayores) e identifica las lagunas en los modelos de usabilidad actuales, incluyendo ISO 9241-11, la heurística de Nielsen, y Panicoidae, Aristidoideae, Chloridoideae, Micrairoideae, Arundinoideae, Danthonioideae. Esta revisión también explora el papel potencial de la tecnología blockchain en la mejora de los sistemas de datos médicos multimodales dentro de las aplicaciones mHealth. Una búsqueda exhaustiva en seis bases de datos arrojó 1.073 estudios, de los cuales 60 cumplían los criterios de inclusión. Los estudios se analizaron mediante una síntesis temática para identificar los factores clave del éxito (RQ1) y un análisis comparativo para evaluar las limitaciones de los marcos existentes (RQ2). Los factores clave que promueven la adopción de la sanidad móvil incluyen la facilidad de uso, la eficiencia, la prevención de errores, la facilidad de aprendizaje, la memorización y la satisfacción del usuario. La integración de la cadena de bloques surgió como un enfoque prometedor para mejorar la seguridad de los datos, la interoperabilidad y la confianza del usuario, en particular para los adultos mayores que utilizan datos de salud complejos y multimodales. Los resultados de la RQ2 pusieron de relieve las lagunas en los modelos de usabilidad, como la falta de orientación específica para la edad para la interacción multimodal, la recuperación de errores y la privacidad de los datos. Estos resultados subrayan la necesidad de definir un nuevo marco de usabilidad e incorporar blockchain para satisfacer las necesidades únicas de los adultos mayores en las aplicaciones mHealth, apoyando tanto la gestión segura como accesible de la atención sanitaria.

Resumen en lenguaje sencillo

Esta revisión investiga la integración de las aplicaciones móviles de salud con blockchain. Esta revisión explora las aplicaciones mHealth fáciles de usar para adultos mayores y también explora cómo blockchain puede mejorar los sistemas de datos en estas aplicaciones. Tras analizar 60 estudios, se identificaron factores clave para la adopción de la tecnología de la información, como la facilidad de uso, la eficiencia, la prevención de errores y la satisfacción del usuario. Los investigadores descubrieron que blockchain mejora la seguridad de los datos, la interoperabilidad y la confianza de las aplicaciones mHealth. Además, los modelos de usabilidad existentes carecen de orientaciones específicas para las personas mayores, en particular para la gestión de errores y la privacidad en las aplicaciones de sanidad móvil. Estos resultados ponen de relieve la necesidad de un nuevo marco de usabilidad adaptado a los adultos mayores, que integre blockchain para garantizar una gestión de la atención sanitaria segura, accesible y fácil de usar.

Enviado: 31 de octubre de 2024; Aceptado: 26 de noviembre de 2024; Publicado: 16 de diciembre de 2024

Más de 100.000 aplicaciones de salud móvil (mHealth) están disponibles en las tiendas de aplicaciones de Android e iOS, y este número no deja de aumentar.

Las aplicaciones de sanidad móvil han demostrado ser muy útiles para la prevención, la detección precoz, el cribado y la educación pública. Estas aplicaciones se convirtieron en una herramienta esencial en la gestión del brote de COVID-19 al ofrecer información accesible y apoyar los protocolos de tratamiento⁽²⁾ Por ejemplo, en el Reino Unido se lanzó una aplicación de seguimiento de síntomas para recopilar los síntomas de COVID-19 autoinformados, lo que permitió la identificación de casos positivos incluso entre personas que no se habían sometido a pruebas.³

La adopción de las tecnologías de la información en la atención sanitaria ha resuelto eficazmente las deficiencias de acceso y calidad de los sistemas sanitarios⁽⁴⁾ Las tendencias actuales en salud digital, incluida la sanidad móvil, se centran en capacitar a pacientes, consumidores, médicos e investigadores con tecnología móvil para mejorar los resultados sanitarios generales^(5,6) Ampliamente utilizadas por hospitales, estudiantes de medicina y personal sanitario, las aplicaciones de sanidad móvil facilitan la rápida difusión de información sanitaria, noticias y actualizaciones críticas⁽⁷⁻⁹⁾ Estas aplicaciones mejoran la atención médica y refuerzan la salud pública mediante la promoción de estilos de vida saludables y el apoyo a la gestión de enfermedades crónicas a través de herramientas para el seguimiento de la forma física, la dieta, la gestión de la diabetes y la adherencia a la medicación. El mercado de la sanidad móvil se valoró en unos 40.000 millones de dólares en 2020, con una tasa de crecimiento anual estimada del 17,7% entre 2021 y 2028, impulsada por su capacidad para mejorar el estilo de vida de los pacientes y los resultados de la atención sanitaria⁽¹⁰⁾

Según clasificaciones recientes, las aplicaciones de sanidad móvil se dividen en campos como el seguimiento, la comunicación, el apoyo a la toma de decisiones, la educación, la concienciación y la monitorización⁽¹¹⁾ Estas categorías reflejan la forma en que las aplicaciones de sanidad móvil satisfacen las necesidades de los usuarios y los profesionales sanitarios, ayudando a los médicos a seleccionar aplicaciones adaptadas a condiciones de salud específicas (como se muestra en la Tabla 1)⁽¹²⁾ En comparación con los procesos sanitarios tradicionales, las aplicaciones de sanidad móvil mejoran la recopilación de datos¹³, mejoran la atención sanitaria, fomentan la participación del paciente y permiten un seguimiento en tiempo real de la medicación y los parámetros de salud⁽¹⁴⁾.

A pesar del crecimiento y el potencial de las aplicaciones de sanidad móvil, casi una cuarta parte de estas aplicaciones no se utilizan después de su instalación⁽¹⁵⁾ Muchas aplicaciones se desarrollan con una atención insuficiente a la calidad o al diseño centrado en el usuario (DCU), lo que conduce a una mala usabilidad, especialmente entre los adultos mayores⁽¹⁶⁾ La tecnología Blockchain, integrada en las aplicaciones de sanidad móvil, ofrece una solución a algunos de estos retos.

El marco descentralizado y seguro de blockchain puede mejorar la seguridad de los datos, garantizar la privacidad del paciente y mejorar la interoperabilidad dentro de los sistemas de datos médicos multimodales. Al permitir a los usuarios controlar sus datos y facilitar el intercambio de datos sin fisuras entre plataformas sanitarias, blockchain puede aumentar la confianza, la transparencia y el compromiso general de los usuarios con las aplicaciones de sanidad móvil⁽¹⁷⁾

La integración de blockchain en los sistemas de datos multimodales puede, por tanto, resolver problemas esenciales de usabilidad, en particular para los adultos mayores que gestionan problemas de salud complejos a través de múltiples plataformas digitales. Este enfoque innovador subraya el potencial de la sanidad móvil para proporcionar soluciones sanitarias eficientes y seguras y redefinir la sanidad digital para un público más amplio y comprometido.

Objetivos

El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es presentar estudios sobre aplicaciones de sanidad móvil, directrices de usabilidad y normas de la Unión Europea (UE) para la adopción de tecnologías de información sanitaria, con especial atención a la integración de cadenas de bloques en sistemas de datos médicos multimodales. Esta investigación aborda las siguientes preguntas de investigación:

RQ1: Factores de éxito

¿Cuáles son los factores críticos de éxito que mejoran la adopción de aplicaciones de mHealth entre los adultos mayores, teniendo en cuenta sus necesidades, preferencias y limitaciones únicas, y cómo podría la tecnología blockchain apoyar estos factores?

RQ2: Lagunas en la usabilidad existente

¿Cuáles son las lagunas en los modelos y guías de usabilidad existentes para las aplicaciones de sanidad móvil, especialmente en lo que respecta a la adopción, usabilidad y seguridad de estas aplicaciones entre los adultos mayores en entornos de datos multimodales?

Aquí se presenta una exhaustiva revisión sistemática de la literatura (SLR, por sus siglas en inglés) sobre marcos de usabilidad y directrices para aplicaciones de mHealth, con énfasis en la adopción entre adultos mayores y el papel de la tecnología blockchain en la mejora de la usabilidad, la seguridad y la interoperabilidad de datos.

A continuación, se analizan los criterios de elegibilidad, incluidos los parámetros de inclusión y exclusión, las fuentes de información, los procesos de selección, los elementos de datos y los métodos de síntesis utilizados en la revisión. Proporciona un debate en profundidad sobre la RQ1, explorando temas como la aceptación y la adherencia a las intervenciones digitales en las aplicaciones de salud móvil, las directrices europeas de usabilidad para las tecnologías de la información sanitaria y las normas y marcos de usabilidad clave para el desarrollo de aplicaciones móviles.

Además, se discute la síntesis para la RQ2, abordando cuestiones críticas, incluyendo los desafíos de usabilidad relacionados con la edad, la diversidad cultural en la integración de blockchain, la necesidad de evidencia empírica en UCD junto con el potencial de blockchain, y la brecha en los marcos integrales de usabilidad.

La sección de resultados presenta detalles sobre la selección de estudios, características, resultados de estudios individuales y resultados de síntesis tanto para la RQ1 como para la RQ2, siguiendo las directrices de los Elementos de Reporte Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Meta-Análisis (PRISMA).

Tabla 1. Categorías más comunes de aplicaciones de sanidad móvil

Referencia	Fuentes para definir las categorías de aplicaciones de sanidad móvil	Categorías
Ventola CL. (2014) ¹⁸	Uso de dispositivos y apps de mHealth por profesionales sanitarios	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de la información • Referencia y recopilación de información • Gestión del tiempo • Toma de decisiones clínicas • Mantenimiento y acceso a la historia clínica • Seguimiento del paciente • Comunicación y asesoramiento • Formación en educación médica
Burke, L. et al. (2015) ¹⁹	Perspectivas de los desarrolladores de aplicaciones mHealth para dispositivos IOS	<ul style="list-style-type: none"> • Referencia de información médica • Base de datos de medicamentos o información médica • Apoyo a la toma de decisiones • Herramientas de seguimiento • Calculadora médica
Industria, N (2015) ²⁰	IMS Institute for Healthcare Informatics (2015), las aplicaciones mHealth se clasifican en las siguientes categorías	<ul style="list-style-type: none"> • Proveedores sanitarios/seguros • Información y recordatorios de medicación • Salud de la mujer y embarazo • Enfermedades específicas • Fitness • Estilo de vida y estrés • Dieta y nutrición
Barton AJ (2012) ²¹	El Royal Tropical Institute caracterizó ocho regiones de aplicación de la sanidad móvil	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de educación y concienciación • Apoyo y diagnóstico en el punto de atención • Seguimiento de pacientes • Enfermedad y epidemia • Sistema de respuesta a emergencias médicas • Sistema de información sanitaria • mLearning • Aplicaciones de financiación sanitaria

Un análisis de los resultados, con sugerencias para futuras investigaciones que mejoren la usabilidad y la seguridad de la sanidad móvil para los adultos mayores.

En general, esta revisión proporciona información valiosa sobre el panorama de la usabilidad de las aplicaciones de sanidad móvil y subraya la necesidad de marcos adaptables que tengan en cuenta las necesidades específicas y las expectativas de seguridad de los datos de los usuarios de la tercera edad.

Métodos

Este artículo presenta un SLR de aplicaciones mHealth, marcos de usabilidad y directrices de usabilidad, con un enfoque particular en la integración de la tecnología blockchain para mejorar la seguridad y la interoperabilidad de datos en sistemas de datos médicos multimodales. Se analizó un total de 60 estudios relevantes para explorar marcos de evaluación de la usabilidad, directrices, modelos y factores de diseño. La revisión identificó dos enfoques básicos que

influyen significativamente en el éxito de cualquier aplicación informática: la usabilidad y la experiencia del usuario (UX). La usabilidad se centra en la eficiencia, la eficacia y la satisfacción del usuario del software, mientras que la UX evalúa las percepciones y respuestas emocionales del usuario a través de diversos métodos de retroalimentación, incluidos los cuestionarios.

Criterios de elegibilidad (Sección 2)

Esta revisión sistemática incluyó estudios que examinaban la usabilidad de la sanidad móvil y la seguridad de los datos, integrando el papel de la cadena de bloques cuando procedía. Se consideraron estudios de revistas revisadas por pares, conferencias y estándares de usabilidad autorizados (por ejemplo, estándares de la Organización Internacional de Normalización a través del Acuerdo de Viena (ISO), directrices de la UE). Se excluyeron los estudios realizados en entornos simulados, ya que no representan completamente los escenarios de aplicación del mundo real. Los criterios

para esta revisión se enumeran en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios de elegibilidad para esta revisión Criterios de elegibilidad para esta revisión

Criterios de inclusión	Definido
Enfoque de usabilidad	Estudios que discutan o evalúen factores de usabilidad en aplicaciones de sanidad móvil, incluidos los centrados en la población general o en adultos mayores. Se priorizó la investigación que exploraba el papel de blockchain para mejorar la seguridad de los datos, la interoperabilidad y la confianza del usuario dentro de los sistemas de mHealth.
Tipos de estudios	Artículos de revistas revisadas por pares y actas de congresos, así como normas o directrices ISO y de la UE relacionadas con la usabilidad.
Marco temporal	Estudios publicados entre 1992 y 2023, lo que garantiza que la revisión recoge tanto los avances recientes como la evolución histórica de la usabilidad y la seguridad de los datos.
Idioma	Sólo se incluyeron estudios en inglés para mantener la coherencia en la interpretación y evaluación de los datos.
Disponibilidad en línea	Los estudios se limitaron a aquellos accesibles en línea para garantizar la facilidad de revisión y reproducibilidad.
Criterios de exclusión	Definidos
Entornos simulados	Se excluyeron los estudios realizados en entornos simulados, ajenos al mundo real, para garantizar la aplicabilidad a escenarios de usuarios reales.
Publicaciones en lengua no inglesa	Se excluyeron los estudios en lengua no inglesa debido a problemas de traducción, para garantizar que todo el contenido revisado fuera directamente interpretable.
Enfoque en el desarrollo técnico	Se excluyeron los estudios centrados únicamente en el desarrollo técnico, sin evaluación de la usabilidad ni consideraciones sobre la interacción con el usuario final.

UE: Unión Europea; ISO: Organización Internacional de Normalización a través del Acuerdo de Viena; mHealth: salud móvil.

Fuentes de información

Para la revisión bibliográfica se realizó una búsqueda exhaustiva en múltiples repositorios en línea y bases de datos de investigación. El objetivo era identificar artículos que contribuyeran de forma significativa a la usabilidad de las aplicaciones sanitarias. Se realizaron búsquedas en las siguientes bases de datos de bibliotecas

1. **Springer Link** (<https://link.springer.com/>)
2. **Wiley InterScience** (www.interscience.wiley.com/)
3. **Elsevier Science Direct** (<https://www.sciencedirect.com/>)
4. **Google Scholar** (<https://scholar.google.com/>)
5. **ACM Digital Library** (www.portal.acm.org/dl.cfm)
6. **IEEE Xplore** (<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>)

Los términos de búsqueda de la estrategia se combinaron con operadores booleanos (AND, OR). La tabla 3 muestra la estrategia de búsqueda y las palabras clave encontradas en las bases de datos. Estas bases de datos se eligieron por su amplia cobertura de la tecnología sanitaria y la investigación sobre usabilidad. Cada fuente se exploró a fondo para garantizar la identificación de estudios relevantes sobre aplicaciones de sanidad móvil, marcos de usabilidad y factores de diseño relacionados.

Estrategia de búsqueda

Se empleó una estrategia de búsqueda bien estructurada para recuperar los estudios pertinentes. Los términos de búsqueda se seleccionaron cuidadosamente y se combinaron mediante operadores booleanos (AND, OR) para maximizar la relevancia de los resultados de la búsqueda. Las palabras clave y los términos de búsqueda utilizados en este estudio se resumen en la Tabla 4.

La estrategia de búsqueda se aplicó en todas las bases de datos enumeradas anteriormente en *Fuentes de información*, con criterios de búsqueda adaptados al motor de búsqueda de cada base de datos para garantizar unos resultados óptimos. No se aplicaron filtros por sexo, condiciones

Tabla 3. Términos de búsqueda utilizados en este estudio

Tipo	Categoría	Palabras clave
1	Aplicaciones móviles de salud	<ul style="list-style-type: none"> • aplicaciones mHealth • eSalud • alfabetización en sanidad móvil • Evaluación de aplicaciones de sanidad móvil • Aplicaciones médicas • Métricas de evaluación de aplicaciones mHealth
2	Marcos de usabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la usabilidad • Evaluación heurística • Marcos de usabilidad • Evaluación de los marcos de usabilidad
3	Directrices de usabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Directrices ISO sobre usabilidad • Directrices de Nielsen • Directrices para aplicaciones mHealth • Directrices de diseño de interacción • Experiencia del usuario

eHealth: salud electrónica; ISO: Organización Internacional de Normalización a través del Acuerdo de Viena; mHealth: salud móvil.

Tras aplicar la estrategia de búsqueda, se identificaron 1.073 artículos potencialmente relevantes. Se revisaron los títulos y resúmenes de estos artículos para evaluar su relevancia para el tema de investigación. Se identificaron y eliminaron los duplicados mediante el programa de gestión de referencias EndNote, lo que permitió excluir 396 artículos duplicados. De este modo, quedaron 677 artículos para la siguiente fase de selección.

Tabla 4. Palabras clave y términos de búsqueda Palabras clave y términos de búsqueda utilizados en este estudio

Términos de búsqueda	Palabras clave
Aplicaciones sanitarias móviles	aplicaciones mHealth, eHealth, alfabetización mHealth, evaluación de aplicaciones mHealth, aplicaciones médicas, métricas de evaluación de aplicaciones mHealth.
Marcos de usabilidad	Evaluación de la usabilidad, evaluación heurística, marcos de usabilidad, evaluación de marcos de usabilidad.
Directrices de usabilidad	Directrices de usabilidad ISO, directrices Nielsen, directrices de aplicaciones mHealth, directrices de diseño de interacción, experiencia de usuario.

eHealth: salud electrónica; ISO: Organización Internacional de Normalización a través del Acuerdo de Viena; mHealth: salud móvil.

Proceso de selección

El proceso de selección para esta revisión sistemática siguió un enfoque estructurado y metódico. Inicialmente, se identificaron 1.073 estudios mediante la estrategia de búsqueda exhaustiva descrita anteriormente. Las referencias se importaron a EndNote, donde se eliminaron automáticamente los duplicados. Este proceso redujo el número de artículos a 677 estudios únicos.

El proceso de selección se llevó a cabo en varias etapas:

Etapa 1: Selección de títulos

Dos revisores independientes examinaron los títulos de los 677 artículos para evaluar su relevancia para el tema de investigación. En esta primera etapa se excluyeron los artículos que claramente no estaban relacionados con la usabilidad de la sanidad móvil, las poblaciones de adultos mayores o los marcos/modelos de usabilidad. Después de esta etapa, se seleccionaron 607 artículos para su revisión posterior, mientras que 70 se excluyeron por ser irrelevantes o engañosos en sus títulos.

Etapa 2: Selección de resúmenes

Se examinaron los resúmenes de los 607 artículos restantes. En esta fase se eliminaron los trabajos que no trataban de forma explícita los marcos existentes o novedosos para evaluar la usabilidad de las aplicaciones de sanidad móvil. Durante esta etapa, se excluyeron 421 artículos porque se centraban en diseños de aplicaciones individuales sin un debate significativo sobre marcos, modelos o directrices de usabilidad. En consecuencia, se pasaron 186 artículos a la revisión de texto completo.

Fase 3: Revisión del texto completo

Las versiones completas de los 186 artículos restantes se evaluaron en función de los criterios de inclusión y exclusión predefinidos. En esta fase se examinaron minuciosamente las metodologías, los parámetros de usabilidad analizados y la relevancia para los objetivos del estudio. De ellos, se excluyeron 126 artículos, ya que no evaluaban marcos o modelos de usabilidad o no abordaban los parámetros clave de usabilidad descritos para las aplicaciones de sanidad móvil. Se incluyó en la revisión sistemática un conjunto final de 60 artículos.

Todo el proceso de selección se ilustra en el diagrama de flujo de PRISMA (Figura 1), que muestra los pasos de identificación, selección, evaluación de elegibilidad e inclusión final. Este proceso detallado garantizó que sólo se incluyeran los estudios más relevantes para la síntesis.

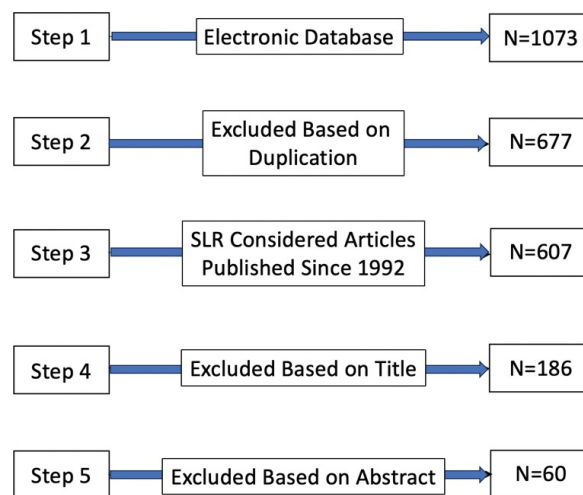


Fig. 1. Proceso de selección de artículos primarios.

Datos

Los principales resultados de interés en esta revisión fueron las métricas de usabilidad críticas para evaluar la facilidad de uso, la seguridad y la eficacia de las aplicaciones de mHealth, en particular en el contexto de los sistemas de datos médicos multimodales integrados en blockchain. Los principales elementos de datos incluían la prevención de errores, evaluando hasta qué punto las aplicaciones están diseñadas para minimizar los errores del usuario, proporcionar mensajes de error claros y ayudar a los usuarios a recuperarse de los errores. Esto es especialmente importante en los sistemas basados en cadenas de bloques, en los que las entradas de datos son inmutables y la corrección de errores puede requerir pasos adicionales.

Otro parámetro esencial era la facilidad de aprendizaje, que medía la facilidad con la que los nuevos usuarios podían navegar y utilizar la aplicación, con especial atención a las funciones relacionadas con la cadena de bloques, como la configuración de la privacidad de los datos y la transparencia de las transacciones. Los estudios que evaluaron la capacidad de aprendizaje examinaron la experiencia de incorporación de los usuarios en entornos integrados en blockchain, así como el tiempo necesario para comprender las funcionalidades únicas de estos sistemas.

Entre los datos primarios adicionales se incluye la memorabilidad, que refleja la capacidad de los usuarios para recordar cómo utilizar la aplicación tras un periodo de inactividad. Esta métrica es especialmente importante para las personas mayores que pueden interactuar con aplicaciones de mHealth de forma intermitente, sobre todo si tienen que gestionar permisos o controles de acceso basados en blockchain. La satisfacción del usuario

La satisfacción del usuario fue otro resultado clave, normalmente recogido a través de encuestas, cuestionarios o comentarios cualitativos, que captaban la experiencia general con la aplicación y las características específicas de la cadena de bloques que influían en las percepciones positivas o negativas, como el control de datos y la transparencia de la seguridad. Por último, la eficiencia se midió en función del tiempo y el esfuerzo necesarios para completar las tareas de la aplicación, incluida la navegación por los procesos de verificación de datos basados en blockchain. Un diseño eficiente es fundamental en las aplicaciones de salud móvil, ya que influye directamente en el compromiso del usuario y en su uso sostenido.

Además de las métricas de usabilidad primarias, se recopilaban datos secundarios para proporcionar un contexto global de la usabilidad de la sanidad móvil, especialmente dentro de los sistemas integrados en cadenas de bloques. Estos elementos incluían *las características de los participantes*, como la edad, el sexo, las capacidades cognitivas y las capacidades físicas, con especial atención a los adultos mayores que podrían tener necesidades de usabilidad únicas en la gestión de datos de salud protegidos por cadenas de bloques.

Se documentó el tipo específico de aplicación de sanidad móvil evaluado en cada estudio, que abarcaba áreas como el seguimiento de la forma física, la gestión de enfermedades crónicas, el apoyo a la salud mental y la adherencia a la medicación, especialmente cuando estas aplicaciones incorporaban la tecnología blockchain para el manejo seguro de datos. Esta categorización ayudó a identificar los retos de usabilidad exclusivos de cada tipo de aplicación sanitaria, especialmente en el manejo de datos sanitarios multimodales sensibles a través de plataformas interconectadas.

Otro dato secundario fue el contexto o entorno del estudio, que indicaba si las evaluaciones se habían realizado en entornos clínicos, en entornos reales o mediante pruebas remotas. Este contexto proporcionó información sobre el impacto de los diferentes entornos en la usabilidad, especialmente cuando la funcionalidad de la cadena de bloques (por ejemplo, el intercambio seguro de datos) es una característica clave.

Se volvieron a registrar otros factores relacionados con la usabilidad, como la fiabilidad del sistema, la facilidad de navegación y la seguridad de los datos. Blockchain se evaluó como mecanismo para mejorar la seguridad de los datos y la confianza de los usuarios, especialmente en lo relativo al control de la privacidad y el almacenamiento de datos a prueba de manipulaciones. La confianza en la aplicación fue un factor crucial, ya que la estructura descentralizada de blockchain ofrece transparencia, fomentando la confianza del usuario, especialmente en aplicaciones sanitarias sensibles. Por último, la revisión documentó los marcos y modelos de usabilidad específicos a los que se hace referencia en cada estudio, como la norma ISO 9241-11, la heurística de Nielsen y Panicoideae, Aris-tidoideae, Chloridoideae, Micrairoideae, Arundinoideae, Danthonioideae (PACMAD), comparando su adaptabilidad a las aplicaciones de mHealth integradas en blockchain para adultos mayores.

Mediante la recopilación sistemática y la categorización de estos datos primarios y secundarios, esta revisión proporciona una visión completa del panorama de la usabilidad de las aplicaciones mHealth habilitadas para blockchain. Este enfoque

destaca las posibles mejoras en los marcos de usabilidad y las directrices adaptadas para satisfacer las necesidades de seguridad de datos y accesibilidad de los usuarios adultos mayores en los sistemas de datos médicos integrados en cadenas de bloques.

Métodos de síntesis

La síntesis de esta revisión sistemática se diseñó para abordar dos preguntas de investigación: RQ1, identificar los factores críticos de éxito en la adopción de aplicaciones mHealth, y RQ2, analizar las lagunas en los modelos y directrices de usabilidad existentes para aplicaciones mHealth, con un enfoque en la integración de blockchain en sistemas de datos médicos multimodales. Cada pregunta se abordó mediante un proceso de síntesis estructurado que incluía la categorización temática y el análisis comparativo. Este enfoque tenía como objetivo destilar los hallazgos de 60 estudios seleccionados, garantizando un examen exhaustivo de los parámetros de usabilidad, las necesidades de seguridad de datos y sus implicaciones para el diseño de aplicaciones de salud móvil, en particular para los adultos mayores que participan en sistemas de datos de salud multimodales habilitados para blockchain.

Síntesis de la RQ1

La RQ1 trata sobre los factores críticos de éxito en la adopción de aplicaciones mHealth (RQ1) y la integración de blockchain. Para abordar la RQ1, los estudios se seleccionaron en función de criterios específicos para garantizar la relevancia en la comprensión de los factores críticos de éxito de usabilidad para las aplicaciones de mHealth entre los adultos mayores, especialmente en contextos que podrían beneficiarse de la integración de blockchain en sistemas de datos médicos multimodales. Sólo se incluyeron estudios que evaluaran directamente parámetros de usabilidad como la facilidad de uso, la eficiencia, la prevención de errores, la facilidad de aprendizaje, la memorización y la satisfacción del usuario. Se priorizaron los estudios que proporcionaban evaluaciones cuantitativas o cualitativas de estos factores, ofreciendo una visión integral de los problemas de usabilidad a los que se enfrentan los adultos mayores al adoptar aplicaciones de mHealth, en particular aquellas que requieren una gestión de datos segura e interoperable.

Para la RQ1, se utilizó un enfoque de síntesis temática para identificar y analizar los temas recurrentes de usabilidad relacionados con la adopción de mHealth entre los adultos mayores, al tiempo que se consideraba el impacto potencial de la seguridad y transparencia de los datos mejorada por blockchain. La preparación de los datos implicó la categorización de los parámetros de usabilidad de cada estudio, incluyendo la facilidad de uso, la eficiencia, la prevención de errores, la facilidad de aprendizaje, la memorabilidad y la satisfacción del usuario. La organización de los estudios en torno a estos parámetros permitió un análisis centrado en cómo las características de diseño específicas y la gestión de datos integrada en blockchain contribuyen al compromiso y la satisfacción del usuario, fomentando la confianza en las aplicaciones de mHealth para adultos mayores. Esta síntesis temática reveló cómo blockchain puede apoyar interacciones seguras y transparentes con datos de salud multimodales, abordando así los desafíos comunes de usabilidad y mejorando la adopción sostenida de aplicaciones entre las poblaciones de adultos mayores.

El término salud móvil, acuñado por Robert Istepanian, hace referencia al uso de la comunicación móvil para gestionar la salud y el bienestar⁽²²⁾. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la salud móvil como "la práctica médica y de salud pública apoyada por dispositivos móviles como teléfonos móviles, asistentes digitales personales, dispositivos de monitorización de pacientes y otros dispositivos inalámbricos"⁽²³⁾. Por ejemplo, el programa de salud electrónica Global Observation destaca el papel de las aplicaciones de salud móvil para proporcionar información sanitaria relevante y monitorizar el estado de salud del personal paramédico y de apoyo⁽²⁴⁾.²⁴ El principal objetivo de las aplicaciones de sanidad móvil es simplificar la vida de los usuarios facilitándoles la gestión de su estilo de vida, su nutrición, sus actividades diarias, el ejercicio físico y el cumplimiento de la medicación⁽²⁵⁾. Sin embargo, muchas aplicaciones de sanidad móvil se desarrollan sin tener suficientemente en cuenta las necesidades del usuario final⁽²⁶⁻²⁸⁾, ya que a menudo pasan por alto sus necesidades y no implican a los usuarios en el proceso de diseño.²⁹ Según Wildenbos et al, las aplicaciones de sanidad móvil facilitan diversos aspectos del bienestar, como el seguimiento de las actividades diarias, la forma física y la gestión de enfermedades. Sin embargo, muchas aplicaciones de sanidad móvil presentan problemas de usabilidad³⁰ derivados de la falta de parámetros de usabilidad exhaustivos⁽³¹⁾.

La mayoría de los marcos existentes se centran principalmente en la población general o en grupos de usuarios específicos, y no tienen en cuenta los requisitos específicos de los adultos mayores⁽³²⁾. Los modelos y directrices de usabilidad existentes suelen pasar por alto las limitaciones cognitivas y físicas relacionadas con la edad, como la disminución de la memoria y la agudeza visual.⁽³³⁾ Por ejemplo, el modelo de Nielsen, muy utilizado en las evaluaciones de usabilidad, no tiene en cuenta explícitamente la memorabilidad como parámetro de usabilidad, lo que es especialmente importante para los adultos mayores, que pueden tener dificultades para recordar interacciones complejas⁽³⁴⁾. La falta de directrices específicas que tengan en cuenta estas limitaciones relacionadas con la edad hace que la usabilidad no sea óptima y que las tasas de adopción entre los usuarios mayores sean bajas. Otra laguna importante es que los modelos de usabilidad se centran en la eficiencia y la eficacia, y a menudo no tienen en cuenta factores como la facilidad de aprendizaje, la satisfacción y la carga cognitiva⁽³⁵⁾. Es posible que los adultos mayores necesiten más tiempo y esfuerzo para aprender a usar las aplicaciones de salud móvil de manera eficaz, y su satisfacción con la interfaz y el contenido de la aplicación es fundamental para mantener el interés⁽³⁶⁾. La falta de pautas integrales que tengan en cuenta estas dimensiones de usabilidad impide que los adultos mayores adopten las aplicaciones de salud móvil con éxito y las sigan usando. Además, es posible que los modelos y directrices de usabilidad existentes no aborden adecuadamente las preocupaciones de privacidad y seguridad de los adultos mayores cuando utilizan aplicaciones de salud móvil⁽³⁷⁾.

La integración de Blockchain en los sistemas de datos médicos multimodales podría ayudar a abordar varios de estos retos, en particular en el apoyo al control del usuario y la seguridad de los datos dentro de las aplicaciones mHealth. Muchas aplicaciones no tienen en cuenta las necesidades específicas de los usuarios de más edad, que a menudo tienen dificultades para iniciar sesión, navegar por las interfaces, recibir la orientación adecuada, gestionar actualizaciones de datos complejas y acceder a la información que necesitan.

El marco descentralizado de Blockchain ofrece una gestión de datos segura y a prueba de manipulaciones que puede resolver los problemas de privacidad y agilizar el acceso a los datos. Al permitir el intercambio seguro e interoperable de datos entre dispositivos, blockchain puede respaldar la confianza de los usuarios y facilitar el uso de las aplicaciones de salud móvil, lo que es particularmente beneficioso para los adultos mayores que manejan datos de salud complejos y multimodales.

De la revisión bibliográfica se desprende que los modelos y directrices de usabilidad existentes, como los de Nielsen,^{34,39} Shneiderman,⁴⁰ Preece,^{41,42} Shackel y Constantine,⁴³ y las normas ISO,⁽⁴⁴⁾ no abarcan todos los aspectos de la usabilidad. Los parámetros clave de usabilidad, como la prevención de errores, la facilidad de aprendizaje y la memorización, a menudo se pasan por alto en los marcos y modelos de la sanidad móvil⁽⁴⁵⁾. En el contexto de esta investigación, la integración de la cadena de bloques podría mejorar la usabilidad gestionando de forma segura las tecnologías de la información sanitaria y abordando factores críticos para el éxito, como la facilidad de uso, la eficiencia, la satisfacción del usuario, la motivación, la aceptación, la confianza y la seguridad en el uso.

La RQ1 de esta investigación tiene como objetivo identificar los factores críticos de éxito que facilitan la adopción de aplicaciones mHealth entre los adultos mayores. La bibliografía revela que, aunque las aplicaciones sanitarias móviles desempeñan un papel importante en la gestión de la salud y el bienestar, muchos de los problemas de usabilidad se derivan de una consideración inadecuada del usuario final durante la fase de diseño. Además, los modelos de usabilidad existentes carecen de directrices exhaustivas para los adultos mayores. Por lo tanto, los factores críticos de éxito para la adopción de la sanidad móvil entre los usuarios de edad avanzada deben dar prioridad a parámetros de usabilidad como la prevención de errores, la facilidad de aprendizaje y la memorización. Además, el potencial de blockchain para mejorar la seguridad de los datos, la transparencia y la interoperabilidad puede reforzar la facilidad de uso, la eficiencia, la satisfacción del usuario, la motivación, la aceptación, la confianza y la seguridad, haciendo que las aplicaciones de mHealth sean más adaptables para los adultos mayores.

Aceptación y adhesión a las intervenciones digitales en aplicaciones de salud móvil

La facilidad de uso de las aplicaciones de sanidad móvil influye significativamente en la aceptación y adhesión a las intervenciones digitales. Diseñar aplicaciones de salud móvil fáciles de usar, intuitivas y accesibles es esencial para llegar a un público amplio. Entre los factores clave de usabilidad se encuentran la facilidad de navegación, la concisión de las instrucciones, la eficiencia en la realización de tareas y una interfaz atractiva. Dar prioridad a estos aspectos de usabilidad mejora la experiencia de usuario en general, animando a los usuarios a participar en las intervenciones de salud digital⁽⁴⁶⁾. La integración de blockchain en estos sistemas puede aumentar aún más la confianza de los usuarios, en particular a través de la transparencia de los datos y los controles de privacidad, que son esenciales para el compromiso sostenido entre los adultos mayores. El marco de datos seguros de blockchain puede reducir la curva de aprendizaje asociada a las aplicaciones de mHealth,

umentando la aceptación y la adherencia sostenida a las intervenciones digitales.

La aceptación de las aplicaciones de sanidad móvil depende en gran medida de la usabilidad percibida. Una interfaz bien diseñada y fácil de usar puede infundir confianza en el usuario, lo que aumenta las probabilidades de adopción y uso continuado⁽⁴⁷⁾ Por el contrario, una usabilidad deficiente suele provocar frustración, confusión y, en última instancia, el abandono de la aplicación.²⁹ Por lo tanto, las pruebas de usabilidad y los procesos de diseño iterativos son cruciales para identificar y abordar los problemas de usabilidad, garantizando que las aplicaciones de salud móvil satisfagan las diversas necesidades de los usuarios. Al incorporar los comentarios de los usuarios durante el desarrollo, los desarrolladores pueden crear aplicaciones que se ajusten a las expectativas de los usuarios, promuevan la aceptación y fomenten la adherencia a las intervenciones digitales. Las funciones de seguridad mejoradas de la cadena de bloques pueden responder mejor a las preocupaciones de los usuarios en relación con la privacidad, que es fundamental para fomentar el uso a largo plazo, especialmente entre los adultos mayores.

La adherencia a las intervenciones digitales está estrechamente relacionada con la usabilidad de las aplicaciones de sanidad móvil. Cuando una aplicación es fácil de navegar, proporciona instrucciones claras y ofrece una experiencia de usuario fluida, es más probable que las personas participen en la intervención de forma sistemática y se adhieran a los protocolos prescritos. Las funciones intuitivas como los recordatorios, las notificaciones personalizadas y el seguimiento del progreso pueden mejorar aún más la adherencia al promover el uso regular y proporcionar a los usuarios una sensación de logro.³⁸ La tecnología Blockchain puede apoyar estos factores de adherencia al garantizar que los datos permanezcan seguros, transparentes y accesibles para los usuarios, permitiéndoles gestionar sus datos de salud de manera eficaz. Al reconocer el papel de la usabilidad y la cadena de bloques en la facilitación de la adherencia, los desarrolladores pueden optimizar las aplicaciones de salud móvil para ayudar a los usuarios a lograr mejores resultados de salud y un compromiso sostenido con las intervenciones de salud digital⁽⁴⁶⁾

Directrices europeas de usabilidad de las tecnologías de la información sanitaria La UE apoya activamente la atención sanitaria personalizada a través de dispositivos portátiles y wearables. La UE adoptó la definición de sanidad móvil de la OMS y la amplió para incluir aplicaciones de estilo de vida y bienestar, que pueden conectarse a dispositivos o sensores médicos y proporcionar orientación personal, información sanitaria y recordatorios de medicación a través de servicios de mensajes cortos y telemedicina⁴⁸.

Para hacer frente al creciente número de aplicaciones de sanidad móvil en la atención al paciente y el uso clínico, la Comisión Europea publicó un Libro Verde que aborda los retos relacionados con las aplicaciones de sanidad móvil en Europa. En abril de 2014, la Comisión inició un diálogo en el que participaron profesionales sanitarios, pacientes, organizaciones y representantes de la industria para recabar información sobre los retos y obstáculos que plantea la adopción de la sanidad móvil. El Libro Verde esbozaba los factores críticos que inciden en la adopción de las tecnologías de la información

tecnologías de la información sanitaria, como la protección de datos, la seguridad de los pacientes, la igualdad de acceso, la interoperabilidad, la responsabilidad, la fiabilidad de los datos, la cooperación internacional y las normas de calidad. La tecnología Blockchain, como parte de los sistemas de datos médicos multimodales, puede desempeñar un papel fundamental a la hora de abordar varios de estos factores mejorando la seguridad de los datos, la interoperabilidad y la confianza de los pacientes.

Protección de datos y Big Data

Según el artículo 8 de la Carta de los Derechos Fundamentales de la UE y el artículo 16.1 del Tratado de Funcionamiento de la UE, la protección de los datos personales -incluidos los datos sanitarios- es un derecho fundamental en Europa. Con el rápido avance de las aplicaciones mHealth, blockchain ofrece un enfoque seguro y descentralizado para la gestión de datos, reduciendo los riesgos de acceso no autorizado y de fuga⁽⁴⁹⁾ En el contexto de los macrodatos, blockchain puede proporcionar un sistema resistente a las manipulaciones que garantice la privacidad y la integridad de los datos, abordando el enfoque de la UE sobre la recopilación segura de datos relacionados con la salud. El potencial de blockchain para el manejo transparente y seguro de los datos está en consonancia con el Plan de Acción de Salud Electrónica 2012-2020, que hace hincapié en la protección de los macrodatos en la investigación y la innovación sanitarias.

Seguridad de los pacientes

El Plan de Acción sobre Salud Electrónica 2012-2020 del Parlamento Europeo destaca la importancia de las aplicaciones de bienestar y salud móvil y pide un marco jurídico claro que garantice su desarrollo seguro. Entre las más de 97.000 aplicaciones de sanidad móvil existentes en el mundo, blockchain podría mejorar la seguridad de los pacientes al ofrecer un registro inmutable de todos los intercambios de datos sanitarios. Esta transparencia puede garantizar a los usuarios el origen y la fiabilidad de los datos, lo que es esencial dado que las actuales aplicaciones de sanidad móvil carecen a menudo de información sobre los procesos de desarrollo y el cumplimiento de las directrices médicas. Las directrices de seguridad centradas en la transparencia podrían reforzarse aún más con blockchain, garantizando la integridad verificable de los datos de mHealth.

Igualdad de acceso e interoperabilidad

La UE reconoce que aún no se ha aprovechado todo el potencial de las aplicaciones de sanidad móvil en la sanidad europea. La naturaleza descentralizada de Blockchain permite la interoperabilidad entre plataformas, facilitando el intercambio de datos sin fisuras entre proveedores sanitarios y pacientes, especialmente entre Estados miembros. La eHealth Network, desarrollada en virtud de la Directiva 2011/24/UE, mejora la interoperabilidad de los sistemas de sanidad móvil para mantener unos servicios sanitarios de alta calidad en toda Europa. La integración de Blockchain apoyaría esta iniciativa proporcionando una estructura uniforme y segura para los intercambios de datos que respete los derechos de los pacientes y promueva la igualdad de acceso a la información sanitaria a través de las fronteras.

Responsabilidad, modelo de reembolso e investigación

La innovación limitada y los escasos modelos de reembolso son obstáculos clave que impiden que las aplicaciones de sanidad móvil se conviertan en soluciones sanitarias de uso generalizado. Las normativas nacionales suelen restringir los reembolsos a las consultas médicas en persona, lo que impide la adopción de la sanidad móvil. Blockchain podría resolver los problemas de responsabilidad garantizando la trazabilidad de las transacciones de datos y reduciendo la ambigüedad sobre las responsabilidades relacionadas con fallos de los dispositivos, conocimientos informáticos o errores de los usuarios. La estructura transparente de la cadena de bloques podría aportar claridad jurídica al desarrollo de aplicaciones de sanidad móvil, ayudando a profesionales, desarrolladores y fabricantes a definir responsabilidades y rendir cuentas por los riesgos relacionados con las aplicaciones⁽⁴⁹⁾.

Algunas aplicaciones de sanidad móvil son populares entre los consumidores, como las de fitness y bienestar, pero es necesario investigar para determinar si proporcionan información útil a los usuarios. Hay que seguir investigando e innovando en aplicaciones sanitarias móviles y abarcar continuamente aspectos más amplios de la seguridad del paciente. La financiación de las aplicaciones mHealth tiene prioridad en la convocatoria de financiación de la investigación de la UE Horizonte 2020⁵⁰.

Acceso y cooperación internacional

Para que la privacidad y la seguridad de los datos en las aplicaciones de sanidad móvil sean efectivas, es fundamental que la UE siga las normas internacionales y fomente la colaboración entre las partes interesadas⁽⁵¹⁾. La infraestructura segura de Blockchain podría desempeñar un papel importante en la creación de una plataforma para el intercambio de experiencias, la participación de los empresarios y el avance de la sanidad móvil. Las actuales directrices de la UE sobre la privacidad de los datos en las aplicaciones de sanidad móvil pueden reforzarse aún más con blockchain, garantizando que los desarrolladores respeten los códigos de privacidad y los requisitos de protección de datos, que son esenciales para generar confianza en los usuarios. Blockchain proporciona seguridad adicional a través de la inmutabilidad de los datos y el control del usuario sobre el intercambio de datos, garantizando el cumplimiento del código de conducta de privacidad de la UE.

Validez y fiabilidad de los datos

Para abordar la validez y fiabilidad de los datos, la UE elaboró directrices específicas en febrero de 2016, con la participación de unas 20 organizaciones, con el fin de establecer normas para la calidad de los datos de sanidad móvil. La capacidad de blockchain para crear un registro inmutable y con fecha y hora de todas las interacciones favorece la validación de los datos, garantizando que los datos sanitarios almacenados en las aplicaciones de sanidad móvil sean fiables y verificables. Este sistema podría reforzar el objetivo de la UE de establecer prácticas de gestión de datos coherentes y de alta calidad en las aplicaciones sanitarias, garantizando que los proveedores de servicios sanitarios y los pacientes dispongan de datos precisos para la toma de decisiones médicas.

Criterios de calidad para las aplicaciones de salud móvil y bienestar

El Plan Móvil 2016 de la UE sobre normalización de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) incluye

criterios de calidad para las aplicaciones de sanidad móvil, que abarcan la funcionalidad, la facilidad de uso y la fiabilidad. Blockchain puede promover estas normas asegurando cada paso del ciclo de desarrollo de la aplicación y de interacción con el usuario, garantizando la privacidad y la transparencia. La British Standards Institution desarrolló PAS 277:2015, que recomienda criterios de calidad como funcionalidad, usabilidad, privacidad y seguridad en todo el ciclo de vida de desarrollo. Blockchain mejora el cumplimiento de estos criterios al ofrecer integridad de datos, verificabilidad y control descentralizado, garantizando que las aplicaciones mHealth cumplan altos estándares de fiabilidad, rendimiento y seguridad.

Seguridad de los productos

La Comisión Europea está estudiando formas de ajustar el marco de seguridad de los productos a las aplicaciones digitales, incluida una consulta pública sobre la seguridad de las aplicaciones de sanidad móvil. La integración de Blockchain puede contribuir a la seguridad de los productos asegurando los datos médicos dentro de los sistemas de mHealth, garantizando la autenticidad de los datos y reduciendo el riesgo de manipulación de software o cambios de datos no autorizados.

Apoyo a la investigación en el marco de Horizonte 2020

Horizonte 2020 da prioridad a la financiación de la investigación en innovaciones de sanidad móvil, macrodatos y seguridad digital de los datos sanitarios, lo que sienta las bases para integrar la cadena de bloques en sistemas de datos sanitarios seguros. Blockchain puede apoyar los objetivos de investigación de la UE proporcionando una plataforma sólida para gestionar de forma segura grandes cantidades de datos sanitarios, mejorando así la seguridad, la privacidad y la funcionalidad de las aplicaciones de sanidad móvil. La adopción de las tecnologías de la información en la atención sanitaria se beneficiaría de la incorporación de las directrices políticas de la UE y las capacidades de blockchain en la firma y el desarrollo de aplicaciones de sanidad móvil, abordando la seguridad, la usabilidad y la transparencia tanto para los pacientes como para los proveedores de atención sanitaria.

Identificación de parámetros a partir de directrices y modelos de usabilidad

En este tema se examinan las normas y parámetros (métricas) de usabilidad para comprender qué debe incluirse en el desarrollo de un marco de usabilidad integral. El objetivo de las normas y parámetros de usabilidad es identificar los factores que contribuyen a crear aplicaciones fáciles de usar. Preece subrayó que la usabilidad se basa en observar, experimentar y probar con los usuarios. El objetivo de esta investigación es comprender los requisitos específicos de los usuarios y definir la calidad de una experiencia cualificada, como se ilustra en la figura 2.⁵² La Organización Internacional de Normalización define la usabilidad como "el grado en que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para alcanzar objetivos concretos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso determinado".

En los últimos 35 años⁵³ se han propuesto varios modelos de usabilidad. Uno de los modelos fundacionales fue introducido por Shneiderman en su libro *Designing the User*

Interface en 1992,⁴⁰ donde esbozaba ocho reglas de oro para el diseño de interfaces, entre ellas buscar la coherencia, permitir atajos a los usuarios frecuentes, ofrecer retroalimentación informativa, diseñar diálogos que permitan el cierre, proporcionar una gestión sencilla de los errores, permitir la reversión fácil de la acción, apoyar un locus de control interno y reducir la carga de memoria a corto plazo. Estas directrices se basan en la experiencia colectiva de los desarrolladores y su objetivo es crear interfaces intuitivas y fiables.

En 1994, Nielsen^{34,39} identificó cinco parámetros esenciales de usabilidad: eficiencia, satisfacción, facilidad de aprendizaje, capacidad de memorización y gestión de errores, argumentando que son vitales para el diseño de software. Posteriormente, Preece et al.⁴¹ introdujeron clasificaciones que incluían la eficiencia, la eficacia y el disfrute, y que más tarde se ampliaron para incluir la flexibilidad, el rendimiento y la facilidad de aprendizaje⁽⁴²⁾. Estos modelos en evolución ponen de relieve la importancia de crear aplicaciones centradas en el usuario que sean funcionales y fáciles de usar.

La ISO define además la usabilidad como el "grado en que un producto puede ser utilizado por un usuario específico para alcanzar un objetivo específico con satisfacción, eficacia y eficiencia en un contexto específico"⁴⁴. La tecnología blockchain ofrece la oportunidad de mejorar estos modelos de usabilidad al proporcionar un manejo de datos seguro y descentralizado y mejorar el control del usuario sobre la información sanitaria sensible. Por ejemplo, la inmutabilidad y la transparencia de la cadena de bloques se ajustan bien a los objetivos de usabilidad, fomentando la confianza del usuario y permitiendo interacciones coherentes y seguras entre plataformas de datos sanitarios multimodales.

Norma ISO 9241-11 sobre usabilidad

La norma ISO 9241-11, establecida en 1998, proporciona un marco para medir la usabilidad mediante la descomposición de los criterios de usabilidad.

atributos como la eficacia, la eficiencia y la satisfacción. Cada componente se divide en subcomponentes medibles y verificables. La integración de Blockchain podría mejorar este modelo garantizando la integridad de los datos y la seguridad de cada interacción con el usuario, lo que resulta especialmente beneficioso en aplicaciones de sanidad móvil que implican datos sanitarios sensibles. El marco descentralizado de Blockchain garantiza que la usabilidad se adapte a diferentes contextos de uso, teniendo en cuenta factores como los usuarios, las tareas, los equipos y los entornos que pueden afectar a la usabilidad del producto (Figura 3). Al proteger los datos en estos contextos, blockchain favorece el desarrollo de aplicaciones basadas en la confianza que permiten a los usuarios gestionar sus datos de forma segura y autónoma, en consonancia con los principios de la ISO para la usabilidad en contextos específicos.

Georgson y Stagers⁴⁷ utilizaron la norma ISO 9241-11 para realizar pruebas de usabilidad entre 2.317 pacientes diabéticos de 18 clínicas de atención primaria del área metropolitana de Utah. El estudio evaluó el rendimiento, la satisfacción y la eficacia de las tareas, y relacionó estos resultados con las características de los usuarios. La puntuación media de satisfacción de 80,5 indicaba una buena usabilidad, aunque dejaba margen de mejora. El estudio también puso de relieve diferencias demográficas, como los mayores índices de finalización de tareas entre los hombres y los participantes más jóvenes. La integración de la tecnología blockchain en estos sistemas de sanidad móvil podría mejorar la usabilidad al proporcionar un acceso seguro y fiable a los datos sanitarios y favorecer el control de los historiales médicos personales por parte del paciente. La gestión de datos transparente y a prueba de manipulaciones de Blockchain se alinea bien con el énfasis de ISO en la usabilidad adaptada a las necesidades y contextos específicos del usuario, ya que fomenta la confianza y apoya las interacciones seguras dentro de las aplicaciones de mHealth.



Fig. 2. *Objetivos de usabilidad y experiencia del usuario.* Objetivos de usabilidad y experiencia del usuario⁽⁵²⁾

Norma ISO 9126-1 sobre usabilidad

La norma ISO 9126-1 se centra en la calidad de los productos informáticos y define tanto la calidad interna/externa como la calidad de uso. Distingue seis factores de calidad interna y externa en la usabilidad del software, que se muestran en la figura 4. Esta norma ISO 9126-1 no tiene en cuenta parámetros de usabilidad como la memorabilidad, la facilidad de aprendizaje y la gestión de errores, áreas en las que blockchain podría ser instrumental. El marco seguro de blockchain para la verificación y la integridad de los datos complementa la norma ISO 9126-1 al mejorar la calidad externa y garantizar la fiabilidad de los datos en las aplicaciones sanitarias. Esta capacidad es especialmente útil para las aplicaciones de sanidad móvil que requieren un intercambio de datos fiable entre varios dispositivos.

Blockchain también podría colmar las lagunas de usabilidad observadas en otros modelos de usabilidad, como el de Nielsen, mejorando la seguridad de los datos y la recuperación de errores en las aplicaciones de salud móvil.

Por ejemplo, el libro mayor descentralizado de blockchain ofrece una pista de auditoría para el seguimiento de errores, lo que favorece la prevención y recuperación de errores, aspectos de usabilidad críticos para los usuarios que gestionan datos sanitarios sensibles. Además, modelos como los propuestos por Condos et al.⁵⁴ para aplicaciones de comercio móvil, que hacen hincapié en dimensiones de usabilidad como el contenido, la arquitectura de la información y la prevención de errores, pueden beneficiarse de blockchain al garantizar un acceso seguro y coherente a los datos y reducir la carga cognitiva de los usuarios que interactúan con estas aplicaciones en diversos entornos.

El modelo MGQM (mobile goal question metric), introducido por Basili et al. en 1994⁵⁵ y ampliado por Hus-sain y Kutar⁵⁶, se basa en la norma ISO 9241-11 y evalúa la usabilidad en función de la eficacia, la eficiencia y la satisfacción. Amplía estos parámetros fundacionales introduciendo seis características específicas de usabilidad: precisión, atractivo, funciones, seguridad, tiempo empleado y tiempo de uso.

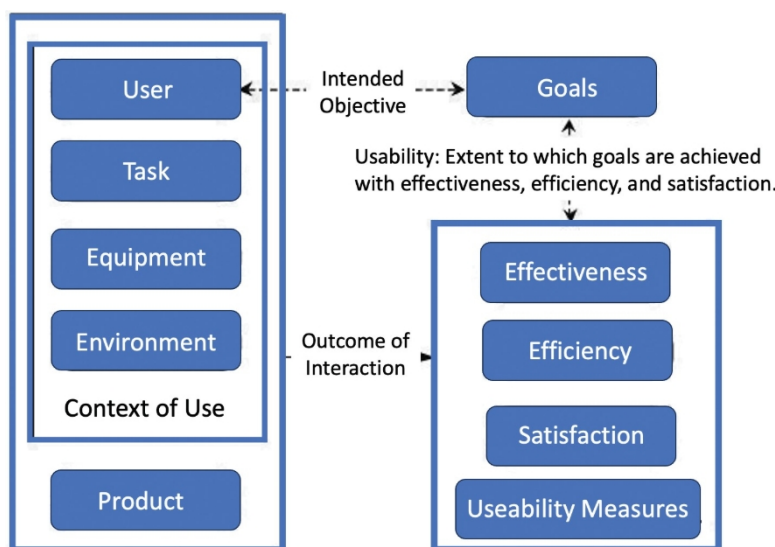


Fig. 3. Marco de usabilidad ISO 9241-11. ISO: Organización Internacional de Normalización a través del Acuerdo de Viena.

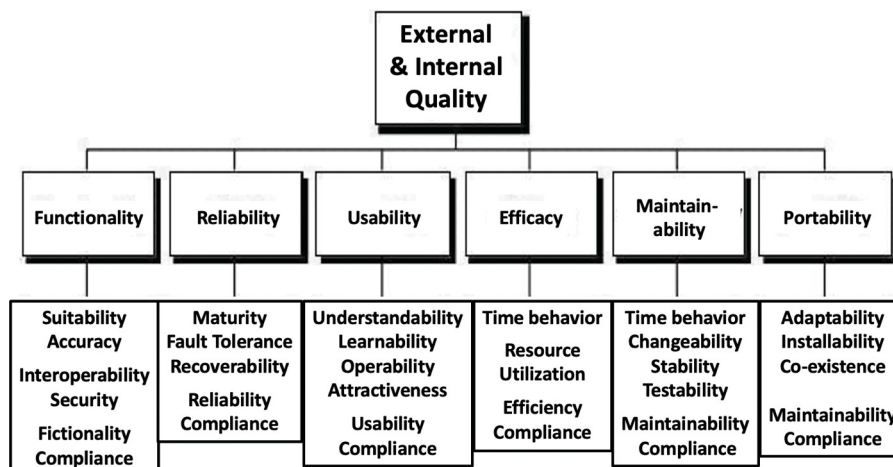


Fig. 4. Marco de usabilidad ISO 9126-1.

simplicidad. El modelo MGQM aprovecha las métricas de usabilidad cualitativas y cuantitativas, ofreciendo un marco integral para evaluar las aplicaciones de mHealth. La integración de la tecnología blockchain en el marco MGQM podría mejorar la seguridad y la precisión de los datos, dos métricas fundamentales en MGQM, garantizando transacciones de datos seguras, verificables y resistentes a la manipulación. Esta mejora podría mejorar la confianza del usuario y la integridad de los datos, especialmente para los adultos mayores que gestionan datos de salud sensibles a través de plataformas multimodales.

Modelo de usabilidad PACMAD

El modelo de usabilidad PACMAD (People At the Centre of Mobile Ap-plication Development) se desarrolló para abordar las limitaciones de los modelos de usabilidad anteriores⁽⁵⁷⁾. A diferencia de los modelos tradicionales, PACMAD integra los atributos de usabilidad de ISO y Nielsen, añadiendo la carga cognitiva como factor crítico de usabilidad para las aplicaciones móviles. El modelo identifica tres componentes principales -usuario, tareas y contexto de uso- que influyen en la usabilidad general. La integración de la cadena de bloques podría apoyar las consideraciones de carga cognitiva del PACMAD reduciendo el esfuerzo mental necesario para la verificación y el acceso a los datos, ya que la estructura transparente de la cadena de bloques simplifica el manejo seguro de los datos. Esto es especialmente beneficioso para los adultos mayores, ya que proporciona un acceso seguro y controlado a la información sanitaria sin verificaciones repetidas, lo que reduce la carga cognitiva.

En las aplicaciones móviles, el "contexto de uso" es particularmente importante, ya que los usuarios pueden acceder a las aplicaciones de mHealth en diferentes entornos y tareas. La arquitectura descentralizada de Blockchain puede adaptarse a estos diversos contextos compartiendo datos de forma segura entre dispositivos y manteniendo al mismo tiempo el control del usuario sobre los permisos de datos, lo que concuerda con el enfoque de PACMAD sobre la eficacia, la eficiencia, la satisfacción, la facilidad de aprendizaje, la capacidad de memorización, la gestión de errores y la carga cognitiva que se resumen en la figura 5. La transparencia y la seguridad posibilitadas por la cadena de bloques pueden mejorar la gestión de errores y la memorabilidad, permitiendo a los usuarios volver a utilizar con confianza las aplicaciones de sanidad móvil a lo largo del tiempo. La integración de blockchain en modelos de usabilidad como MGQM y PACMAD refuerza la usabilidad de las aplicaciones de sanidad móvil, satisfaciendo las necesidades específicas de los usuarios que confían en interfaces seguras, interoperables y fáciles de usar para la gestión de la salud.

El modelo PACMAD describe siete atributos: eficacia, eficiencia, satisfacción, facilidad de aprendizaje, capacidad de memorización, errores y carga cognitiva. Todas estas características tienen un gran impacto en la usabilidad de la aplicación.

Eficacia: El tiempo que tarda un usuario en completar una tarea en un contexto específico se denomina efectividad. Para comprobar si esas tareas pueden completarse en el tiempo dado, la eficacia es muy necesaria.

Eficacia: La eficiencia es la capacidad de completar el proyecto con rapidez y precisión. Esta característica facilita al usuario el uso de la aplicación. La eficacia puede medirse por: Tiempo de ejecución de la tarea y pulsaciones de teclas para realizar una tarea.

Satisfacción: El proceso de satisfacción se basa en el usuario, si el software dado es cómodo de usar para el usuario y es completamente rentable. La satisfacción de los usuarios depende de su grado de satisfacción tras el uso de la aplicación. Para conocer las opiniones de los usuarios, se suelen utilizar cuestionarios.

Capacidad de aprendizaje: A partir de una encuesta de investigación, hemos observado⁵⁸ que los usuarios dedican una media de 5 minutos o menos a aprender a utilizar una aplicación móvil. Si una aplicación no es completa y los usuarios que la utilizan se enfrentan a un problema diferente, pueden simplemente seleccionar otra opción de aplicación. Este atributo fue sugerido por Nielsen.

Memorabilidad: La investigación también descubrió que las aplicaciones para móviles se utilizan con poca frecuencia, y sólo una vez al mes, el 50% de la aplicación utilizada por los participantes. Por lo tanto, los usuarios no pueden recordar fácilmente cómo utilizar la aplicación. El modelo de usabilidad de Nielsen también sugiere la memorabilidad.

Errores: Nielsen definió que los usuarios cometen menos errores durante el uso de un sistema y, si cometen errores, pueden mejorar fácilmente a partir de ellos. El modelo de usabilidad PACMAD tiene en cuenta la naturaleza de los errores junto con la frecuencia con la que se producen, por lo que es posible evitar que estos errores se produzcan en futuras aplicaciones.

Carga cognitiva: Para utilizar la aplicación, el proceso cognitivo es esencial para el usuario. La idea común de usabilidad es que el usuario pueda realizar cualquier tarea fácilmente sin ayuda externa.

En la era moderna, los usuarios suelen realizar múltiples tareas en paralelo, lo que aumenta la carga cognitiva y plantea retos para la usabilidad de las aplicaciones móviles⁵⁸. Resulta especialmente difícil desarrollar una aplicación autodirigida que sirva eficazmente a un grupo objetivo tecnológicamente desconocido, como los adultos mayores o las personas con discapacidades (por ejemplo, discapacidades físicas o deficiencias cognitivas como la demencia). La usabilidad es fundamental para estos usuarios, ya que las aplicaciones de sanidad móvil deben ser intuitivas y accesibles. Brown et al.⁴⁵ destacan dos retos clave que impiden realizar pruebas exhaustivas de usabilidad de la tecnología de sanidad móvil. El primero son las limitaciones de los dispositivos móviles, como sistemas operativos lentos, pantallas de baja resolución, falta de dispositivos de entrada tradicionales (como un ratón o un teclado) y conectividad irregular. El segundo problema son los rápidos avances tecnológicos de la sanidad móvil, que superan el desarrollo de los recursos y el software de pruebas para usuarios finales.

Marcos de usabilidad para el desarrollo de aplicaciones móviles Marcos contribuyen hacia la administración de evaluaciones de usabilidad mediante la presentación de una estructurada

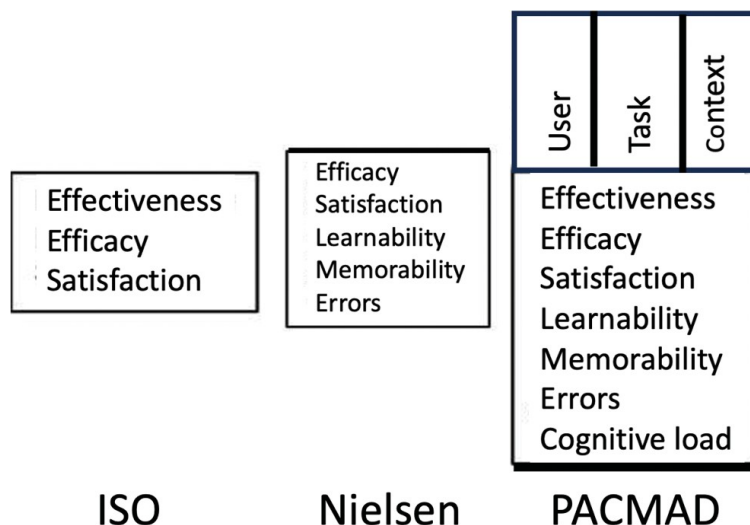


Fig. 5. Comparación del modelo PACMAD con otros modelos de usabilidad. ISO: Organización Internacional de Normalización a través del Acuerdo de Viena; PACMAD: People At the Centre of Mobile Application Development.

conceptualización de los factores que influyen en la usabilidad y las relaciones entre ellos. El marco de usabilidad de una aplicación móvil ayuda a desarrollar una evaluación de usabilidad exhaustiva, que incluye objetivos, directrices, métricas y preguntas de usabilidad. Un marco también contribuye a la evaluación de la usabilidad presentando herramientas de estructura como cuestionarios y heurísticas. Kaufman et al.⁽⁵⁹⁾ afirmaron que los marcos se consideran un conjunto de principios (como suposiciones, estructuras, criterios de calidad e ideas que guían la investigación y el desarrollo) y estrategias (como directrices prácticas, heurísticas de diseño y métodos para ayudar al proceso de desarrollo a aumentar la calidad de la tecnología de la eSalud).⁶⁰ Algunos marcos existentes⁶¹ como el Modelo de Evaluación de la Usabilidad de las TI en Salud (ITUEM) fueron introducidos por Yen en 2010⁶², y el objetivo principal era identificar las lagunas y los problemas de los modelos de usabilidad anteriores. Según Brown III et al.⁽⁴⁵⁾ el marco Health-ITUEM permite comprender los problemas de usabilidad y las barreras relacionadas con la tecnología mHealth. Los autores utilizaron nueve conceptos del marco Health-ITUEM, por ejemplo, prevención de errores, exhaustividad, memorabilidad, necesidades de información, flexibilidad/personalización, facilidad de aprendizaje, velocidad de ejecución y competencia para evaluar la usabilidad de las aplicaciones sanitarias móviles y desarrollar los códigos de análisis de datos^(63,64).

Wildenbos et al. en 2018 desarrollaron el marco MOLD-US, que identificó cuatro barreras del envejecimiento, como la cognición, la menor motivación, la percepción y las capacidades físicas⁽⁶⁵⁾ Otro marco es Information System Re-search (ISR), que se utiliza como guía para el diseño de aplicaciones de mHealth⁽²⁷⁾ El marco ISR es un proceso iterativo, que incluye la identificación de requisitos funcionales, la evaluación de necesidades, la creación rápida de prototipos y el diseño de interfaces de usuario, cada una de estas técnicas se ha utilizado para

el desarrollo del software en el pasado. Consta de tres ciclos, a saber, pertinencia (en el que la atención se centra en targetar al usuario final), rigor (identificar la tecnología) y diseño (método basado en la usabilidad). El marco ISR también señala que el proceso de diseño centrado en el usuario es eficaz para diseñar aplicaciones m_health. También incluye tanto la opinión del usuario final (grupos focales, sesiones de diseño participativo y métodos de evaluación de la usabilidad) como múltiples métodos de DCU para actualizar el diseño de las aplicaciones de mSalud^(27,28) El MGQM define los objetivos del usuario⁵⁵, refina los objetivos en preguntas y define la métrica, que proporciona información para responder a las preguntas. El MGQM es un modelo genérico que se puede utilizar para medir los problemas de las aplicaciones móviles.⁶⁶ Wildenbos et al. presentaron en 2018 un marco para el análisis de la usabilidad de las aplicaciones mHealth para las personas mayores, en el que su análisis sugería que la facilidad de aprendizaje y la escasa agudeza visual eran los problemas más comunes que afectaban a la motivación para la adopción de aplicaciones mHealth en las personas mayores.⁶⁷ En este sentido, la evaluación de las directrices de usabilidad existentes para la sanidad móvil no aborda las limitaciones cognitivas relacionadas con la edad, los problemas de motivación como un constructo psicológico, la percepción (como el tamaño pequeño de la fuente en pantalla),⁴⁶ y el deterioro físico, que se asocia comúnmente con las personas mayores⁶⁵ y que dio lugar a una escasa adopción de la tecnología.

Las historias clínicas electrónicas (HCE) son poco sistemáticas debido a la falta de marcos de usabilidad⁽⁶⁷⁾ Jiajie y Mu-hammad presentaron en 2011 un marco unificado para la usabilidad de las HCE, que se basa en cuatro importantes componentes de usabilidad, como la tarea, el usuario, la representación y la función (TURF).⁶⁸ El autor afirmó que la usabilidad no solo puede definirse científicamente en un marco unificado coherente, sino que debe medirse de forma objetiva y sistemática. Esta investigación define cómo puede utilizarse la TURF para

mejorar la usabilidad de las HCE y aumentar su eficacia. En las secciones siguientes se presentan las lagunas existentes en los estudios pertinentes.

Síntesis para la RQ2

La RQ2 trata de las lagunas existentes en los modelos y directrices de usabilidad. Para la RQ2, los estudios se seleccionaron en función de su evaluación de los modelos y directrices de usabilidad relevantes para las aplicaciones sanitarias digitales, centrándose en marcos como ISO 9241-11, la heurística de Nielsen y el modelo PAC-MAD. Se priorizaron los estudios que destacaban lagunas o limitaciones específicas de estos marcos cuando se aplicaban a aplicaciones de sanidad móvil, especialmente para adultos mayores. Esta selección permitió realizar un análisis comparativo para evaluar hasta qué punto los modelos actuales abordan -o no- las necesidades de usabilidad de las personas mayores.

Se realizó un análisis comparativo estructurado de estos modelos para evaluar sus puntos fuertes y sus limitaciones a la hora de abordar los requisitos de usabilidad específicos de los adultos mayores en las aplicaciones de sanidad móvil. La preparación de los datos consistió en organizar los estudios según el modelo de usabilidad evaluado y extraer información clave sobre los puntos fuertes, las limitaciones y la aplicabilidad de cada modelo a la sanidad móvil. Esta organización permitió una comparación directa entre marcos, centrándose en aspectos de usabilidad como la prevención de errores, la facilidad de aprendizaje, la interacción multimodal y la gestión de la carga cognitiva. La síntesis comparativa identificó áreas en las que los modelos existentes carecen de orientación específica para los usuarios de edad avanzada, lo que ofrece ideas sobre cómo los marcos de usabilidad podrían adaptarse o ampliarse para satisfacer mejor las necesidades de este grupo demográfico.

La integración de blockchain en las aplicaciones de sanidad móvil podría colmar algunas de estas lagunas al mejorar la seguridad de los datos, simplificar los procesos de autenticación de usuarios y favorecer una interoperabilidad sin fisuras, todo lo cual contribuye a la usabilidad. Por ejemplo, la norma ISO 9241-11 hace hincapié en la eficacia, la eficiencia y la satisfacción, pero carece de disposiciones específicas para el control de datos centrado en el usuario y la transparencia, elementos que blockchain podría mejorar al permitir a los usuarios gestionar y rastrear de forma segura el acceso a sus datos de salud en todas las plataformas. El marco seguro y descentralizado de Blockchain favorece la confianza y el control sobre los datos, que son cruciales para los adultos mayores que pueden tener dudas sobre la privacidad y la seguridad en los sistemas de salud digitales. La heurística de Nielsen proporciona principios fundamentales para la usabilidad, incluida la prevención de errores y la satisfacción del usuario, pero se queda corta a la hora de abordar la interacción multimodal y el apoyo adaptativo adaptado a las necesidades de los adultos mayores. La gestión de datos transparente y a prueba de manipulaciones de Blockchain podría mitigar estos problemas al garantizar intercambios de datos seguros entre dispositivos y permitir interacciones coherentes y trazables, facilitando así el uso y reduciendo la carga cognitiva asociada a la gestión de la salud.

información.

El modelo PACMAD incorpora consideraciones de carga cognitiva y se alinea con el potencial de blockchain para simplificar el manejo de datos, particularmente en contextos que requieren múltiples dispositivos e interacciones seguras y controladas de datos. La capacidad de Blockchain para agilizar los procesos de gestión de datos podría ayudar a minimizar la carga cognitiva, haciendo que las aplicaciones mHealth sean más accesibles para los adultos mayores y mejorando su experiencia general de usabilidad.

En general, la síntesis comparativa subraya la necesidad de adaptar los marcos de usabilidad existentes para abordar los requisitos de usabilidad específicos de los adultos mayores. Muchas aplicaciones de sanidad móvil se diseñan sin tener suficientemente en cuenta al usuario final²⁶⁻²⁸, y las investigaciones indican una falta de participación del usuario en el proceso de diseño. La usabilidad, tal y como la define la norma ISO, se refiere a "la eficacia, eficiencia y satisfacción con la que un usuario específico alcanza objetivos específicos en un entorno concreto". Esto es esencial para garantizar que los usuarios puedan realizar tareas con eficacia, ya que la insatisfacción con una interfaz puede afectar a su aceptación en el mercado. Se ha demostrado que las interfaces complejas reducen el interés y el compromiso de los usuarios a la hora de realizar tareas⁴⁰. La integración de la cadena de bloques ofrece una solución prometedora al mejorar la seguridad de los datos, la transparencia y el control de los usuarios, lo que podría resolver muchos de los problemas de usabilidad que persisten en los marcos actuales.

Problemas de usabilidad relacionados con la edad

En el mercado actual, la mayoría de los dispositivos móviles utilizan tecnología de pantalla táctil, una transición desde los tradicionales botones físicos que puede resultar confusa para muchos usuarios, especialmente los mayores. Aunque los botones de pantalla y los iconos de reproducción son eficaces en el diseño moderno, a menudo no están optimizados para personas con discapacidad. Aunque algunas características, como el ajuste del tamaño de la fuente, pueden ayudar a mitigar los problemas relacionados con la visión, siguen existiendo muchos problemas de usabilidad que requieren un enfoque integral³⁰. La investigación ha identificado las capacidades y limitaciones específicas de los adultos mayores cuando interactúan con la tecnología móvil, lo que ha llevado a recomendar principios de diseño clave que pueden satisfacer mejor las necesidades de esta población. Al incorporar estos conocimientos al diseño de la interfaz, los desarrolladores pueden crear aplicaciones más accesibles y fáciles de usar para las personas mayores.⁶⁵

La tecnología blockchain puede mejorar aún más la usabilidad para los adultos mayores al ofrecer interacciones de datos simplificadas y seguras, que son esenciales para mantener la confianza del usuario en las aplicaciones de mHealth. Por ejemplo, el marco descentralizado y transparente de blockchain reduce la complejidad asociada a los sistemas tradicionales de gestión de datos, lo que permite a los usuarios mayores gestionar los datos sanitarios de forma segura sin pasos complejos de autenticación. Este enfoque de diseño favorece la independencia del usuario y minimiza la carga cognitiva, lo que hace que las aplicaciones de mHealth sean más adecuadas para los adultos mayores que se enfrentan a problemas de usabilidad relacionados con la edad.

Diversidad cultural e integración de Blockchain

Los entornos culturalmente diversos plantean retos adicionales a la hora de identificar las funciones más utilizadas y gestionar las aplicaciones en varios idiomas. Wildenbos et al. subrayan la importancia de las estructuras de navegación en línea que se adaptan a los diversos comportamientos y preferencias culturales.⁶⁵ Kim et al. sostienen que la usabilidad cultural es tan esencial como cualquier otro factor de usabilidad a la hora de diseñar sistemas eficaces.⁶⁹ Los estudios de Ahmad et al.⁷⁰ destacan la importancia de los problemas de usabilidad en muchas aplicaciones de sanidad móvil y subrayan la necesidad de marcos de usabilidad integrales para abordar las necesidades únicas de los usuarios de más edad. Otro factor importante es la participación del usuario en el proceso de diseño. Estudios como los de Saparamadu et al.⁽⁷¹⁾ y Duque et al.⁷² destacan que la participación de los adultos mayores en el desarrollo y el diseño de aplicaciones de salud móvil mejora la adaptación a sus necesidades y preferencias. Al involucrar a los usuarios mayores durante todo el ciclo de desarrollo, los desarrolladores pueden obtener información valiosa sobre sus necesidades y desafíos, lo que resulta en aplicaciones más centradas en el usuario y con más probabilidades de ser adoptadas.

Los diseñadores deben tener en cuenta las normas culturales, las repercusiones sociales, las creencias, las tendencias y las percepciones para crear aplicaciones fáciles de usar y culturalmente adaptables.^(27,73) La investigación revela que las diferencias lingüísticas pueden requerir ajustes técnicos significativos en el desarrollo de software, lo que pone de relieve la necesidad de diseños adaptables y conscientes del contexto.⁷⁴ La tecnología Blockchain puede satisfacer estas diversas necesidades proporcionando un marco de gestión de datos estandarizado y seguro que se adapta a interfaces multilingües e interacciones culturalmente específicas, mejorando la usabilidad intercultural y reduciendo la complejidad técnica asociada a la localización.

La naturaleza descentralizada de Blockchain también puede ayudar a resolver los problemas de retrocompatibilidad al ofrecer una estructura de datos coherente y segura que sigue siendo accesible en diferentes contextos culturales y lingüísticos. Este formato de datos universal puede facilitar soluciones de mercado adaptables a diversas bases de usuarios, mejorando la accesibilidad y garantizando que las aplicaciones de salud móvil sean adecuadas para una variedad de entornos culturales.

Khan y Donthula señalan que, si bien el DCU mejora el éxito comercial de los productos, se necesita más investigación para cuantificar sus beneficios económicos, como el aumento de las ventas, la fidelidad de los clientes y la participación de los usuarios^{25,75}. Recomiendan realizar más estudios para evaluar el impacto del DCU en el fomento de la innovación y la promoción de la colaboración entre diseñadores, desarrolladores y usuarios. La integración de Blockchain podría complementar el DCU añadiendo una capa de seguridad y transparencia de datos que se alinea con los principios del DCU, apoyando la confianza y el compromiso del usuario en las aplicaciones de salud móvil. Blockchain permite un control seguro y centrado en el usuario de los datos

centrados en el usuario, permitiendo a los usuarios finales una mayor autonomía sobre su información sanitaria y manteniendo al mismo tiempo la privacidad y la integridad de sus datos.

La investigación que explora el impacto combinado del DCU y blockchain en el éxito del producto, la satisfacción del usuario y la confianza podría proporcionar información valiosa para optimizar la implementación del DCU. El marco de gestión de datos transparente y controlado por el usuario de blockchain podría respaldar aún más el enfoque de DCU, fomentando un proceso de desarrollo colaborativo que priorice las necesidades del usuario final en las soluciones de salud digital.

Falta de un marco integral de usabilidad

Saleh e Ismail hicieron hincapié en la necesidad de contar con directrices y normas de usabilidad coherentes en diversos sistemas y contextos, que incluyan normas de diseño de interacción, visuales y de contenido, así como la norma ISO 9241 para la evaluación y mejora de la usabilidad^{27,75}. Sugirieron que los marcos de usabilidad deberían tener en cuenta las características de los usuarios -como la edad, el nivel educativo y los antecedentes culturales- y basarse en objetivos de usabilidad claros para evaluar el éxito del diseño y orientar las mejoras. En su opinión, la integración de estos elementos ayudaría a los diseñadores a crear sistemas eficaces, eficientes y satisfactorios para los usuarios⁽⁷⁵⁾

Gupta et al.³¹ destacaron un reto importante en la evaluación de las aplicaciones de sanidad móvil: la ausencia de un marco de usabilidad exhaustivo específico para la sanidad móvil, a pesar de su potencial para mejorar los resultados sanitarios. Señalaron la falta de consenso sobre modelos de calidad y marcos de usabilidad eficaces para la sanidad móvil, lo que complica la evaluación de estas aplicaciones y la garantía de que satisfacen las necesidades de los usuarios. Los autores reclamaron más investigación para identificar los marcos de usabilidad más apropiados para apoyar el diseño de aplicaciones de sanidad móvil centradas en el usuario⁽³¹⁾. La Tabla 5 destaca las lagunas en la investigación de aplicaciones de sanidad móvil, incluidas las necesidades de un diseño centrado en el usuario e inclusivo, marcos de usabilidad integrales y directrices adaptadas a los adultos mayores. También se señalan las limitaciones de los modelos de evaluación actuales, como los elevados costes y la escasa aportación de los usuarios.

La integración de Blockchain en los marcos de usabilidad podría abordar algunos de estos retos al proporcionar una gestión de datos segura y transparente, así como normas coherentes en todos los dispositivos. El enfoque descentralizado de Blockchain promueve la confianza del usuario y el control sobre los datos sanitarios, apoyando la usabilidad en diversos contextos de usuario y permitiendo el desarrollo de soluciones mHealth más fiables y centradas en el usuario.

Una revisión de diversos trabajos de investigación reveló que ningún estudio relevante de las últimas dos décadas ha introducido un marco de evaluación de la usabilidad exhaustivo⁴⁶. Dicho marco debería abarcar modelos, directrices, características y objetivos de usabilidad para ser eficaz⁽⁷⁵⁾. Existe una necesidad urgente de diseñar un marco de usabilidad que

Tabla 5. Lagunas de investigación identificadas en la bibliografía

Estudios relevantes	Lagunas identificadas
Khan K, y Donthula S (2019) ²¹	Todavía se necesita más investigación dirigida a cómo el diseño centrado en el usuario está contribuyendo al desarrollo de aplicaciones útiles.
Liew MS et al. (2019) ⁷⁶	Necesidad de identificar lagunas en relación con el diseño inclusivo de aplicaciones móviles, la evaluación de expertos en la materia y los comentarios de los consumidores.
Schnall R et al, 2016 ⁷³	El marco ISR presentado por los autores proporcionó algunas directrices para el diseño de aplicaciones mHealth. El principal inconveniente del marco ISR es que puede llevar mucho tiempo y ser costoso.
Wildenbos et al. (2015) ³⁰	Las directrices existentes sobre mHealth no abordan las barreras relacionadas con la complejidad de las interfaces móviles, que causan problemas a los pacientes de edad avanzada. Es necesario identificar las lagunas relativas al diseño inclusivo de las aplicaciones móviles, la evaluación por parte de expertos en la materia y los comentarios de los consumidores.
Yen PY, y Bakken S. (2012) ⁶³	El investigador y los desarrolladores necesitan utilizar herramientas de evaluación automática para identificar las barreras de usabilidad, ya que el 73% de las investigaciones actuales se basan en entrevistas y cuestionarios para la evaluación de las aplicaciones mHealth, que son más propensas a errores.
Saleh AM, e Ismail RB (2015) ⁷⁵	El marco integral de usabilidad debe basarse en el modelo de usabilidad, las directrices, las características y los objetivos.
Gupta et al. (2014) ³¹	Para la evaluación de aplicaciones mHealth, el principal reto es la selección de modelos de calidad y el apoyo inadecuado de un marco de usabilidad integral apropiado para el diseño.
Tahir R, y Arif F. (2014) ⁴³	De la revisión bibliográfica se desprende que los modelos o directrices de usabilidad existentes, como las normas ISO, no cubren todos los aspectos de la usabilidad.
Brown et al. (2013), ⁴⁵	El modelo de evaluación de la usabilidad de las TI sanitarias se introdujo con el propósito principal de identificar las lagunas y los problemas de los modelos de usabilidad anteriores. El inconveniente de este marco es que pocos usuarios participaron en el proceso de recopilación de datos, mientras que el marco no se ha probado.
Li C, et al. (2021) ⁷⁷	Faltan directrices de usabilidad específicas para las aplicaciones de mHealth dirigidas a los adultos mayores, teniendo en cuenta sus necesidades y limitaciones únicas.
Hussain A, Kutar M (2012) ⁷⁸	Los modelos de usabilidad existentes para las aplicaciones de mHealth a menudo no abordan adecuadamente las limitaciones cognitivas y los desafíos de accesibilidad que enfrentan los adultos mayores, lo que dificulta su adopción y usabilidad.
Slade M, Oades L y Jarden A (2017) ¹⁶	Los marcos de usabilidad actuales para aplicaciones de mHealth no consideran plenamente los aspectos sociales y emocionales de las experiencias de los adultos mayores, lo que puede tener un impacto en su motivación para usar estas aplicaciones.

ISR: investigación en sistemas de información; mHealth: salud móvil.

garantiza específicamente que las aplicaciones de salud móvil se desarrollen teniendo en cuenta a los usuarios mayores. Cada característica de las aplicaciones de sanidad móvil debe adaptarse a las necesidades, expectativas y características reales de los usuarios, promoviendo un enfoque más centrado en el usuario en el diseño de la sanidad móvil⁽⁴⁶⁾.

Resultados

Selección de estudios

El proceso de selección de estudios se llevó a cabo de acuerdo con los criterios estructurados de selección y elegibilidad descritos en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1). Una búsqueda exhaustiva en múltiples bases de datos identificó 1.073 registros. Tras eliminar los duplicados, se seleccionaron 677 registros únicos en función de sus títulos y resúmenes. De ellos, se excluyeron 491 registros por no cumplir los criterios de inclusión iniciales, quedando 186 artículos de texto completo para su evaluación detallada. Una evaluación adicional basada en criterios de elegibilidad predefinidos llevó a la exclusión de 126 estudios, principalmente debido a razones tales como la falta de enfoque en la usabilidad, poblaciones irrelevantes (adultos no mayores), o insuficiente énfasis en aplicaciones mHealth. Finalmente, se seleccionaron para la síntesis 60 estudios que cumplieran todos los criterios de inclusión.

de investigación relacionadas con los factores de usabilidad y las lagunas en los marcos existentes.

Características de los estudios

Los estudios seleccionados, publicados entre 1992 y 2023, demuestran la evolución de las aplicaciones de la sanidad móvil, en particular para mejorar la gestión de la salud, el seguimiento de las enfermedades crónicas, el apoyo a la salud mental y el bienestar del estilo de vida entre los adultos mayores. Geográficamente, estos estudios incluyen contribuciones significativas de Norteamérica, Europa y Asia. El tamaño de las muestras varió ampliamente, con grupos de discusión más pequeños en estudios cualitativos y estudios cuantitativos más amplios, algunos con miles de participantes en entornos clínicos o de observación.

Los diseños de los estudios incluían diversas metodologías, como evaluaciones cualitativas, experimentos controlados, pruebas de usabilidad y encuestas transversales. La mayoría de los estudios se centraron en parámetros de usabilidad como la facilidad de aprendizaje, la prevención de errores y la satisfacción del usuario, mientras que algunos evaluaron específicamente la adherencia y la retención de los adultos mayores que utilizan aplicaciones de sanidad móvil. Además, varios estudios hacían referencia a marcos de usabilidad específicos, como ISO 9241-11, la heurística de Nielsen y el modelo PACMAD,

para examinar las deficiencias de usabilidad de los modelos actuales cuando se aplican a la sanidad móvil.

En la Tabla 6 se resumen las principales conclusiones de los distintos estudios y se ilustra cómo cada uno de ellos contribuye a identificar los factores críticos de éxito y las carencias de usabilidad en las aplicaciones de sanidad móvil para personas mayores. Los resultados se asignaron a parámetros de usabilidad específicos, como la facilidad de uso, la facilidad de aprendizaje, la prevención de errores, la eficiencia y la satisfacción.

Resultados de estudios individuales

En la Tabla 7 se resumen los resultados clave de los estudios individuales y se destaca la forma en que cada uno contribuye a comprender los factores críticos de éxito y las deficiencias de usabilidad de las aplicaciones de salud móvil para adultos mayores. Los hallazgos de cada estudio se asignaron a parámetros de usabilidad específicos, como la facilidad de uso, la facilidad de aprendizaje, la prevención de errores, la eficiencia y la satisfacción.

La Tabla 3 presenta un resumen de las lagunas de estudio identificadas en la bibliografía existente sobre aplicaciones de salud móvil. Entre las principales lagunas se incluyen la necesidad de investigación en DCU, evaluaciones de diseño inclusivas y marcos de usabilidad exhaustivos que aborden las necesidades cognitivas, de accesibilidad y emocionales, especialmente en el caso de los adultos mayores. Además, se destacan los problemas de los modelos de evaluación actuales, como los elevados costes, la limitada participación de los usuarios y los marcos obsoletos.

Resultados de las síntesis

RQ1: Identificación de los factores críticos de éxito en la adopción de la sanidad móvil La síntesis temática para la RQ1 identificó varios factores de usabilidad esenciales para la adopción y el uso sostenido de las aplicaciones de sanidad móvil entre los adultos mayores. Los factores clave fueron la facilidad de uso, la eficiencia, la prevención de errores, la facilidad de aprendizaje, la memorización, la satisfacción del usuario, la motivación, la aceptación, la confianza y la seguridad en el uso de la aplicación. Los estudios mostraron sistemáticamente que las aplicaciones con navegación sencilla, diseños intuitivos y elementos visuales adaptados a las personas mayores generaban mayor satisfacción y compromiso. La eficiencia, conseguida a través de flujos de trabajo simplificados y pasos de tarea mínimos, resultó especialmente importante para los usuarios.

La eficiencia, conseguida a través de flujos de trabajo simplificados y pasos mínimos en las tareas, resulta especialmente importante para las personas mayores, que pueden tener poca paciencia o capacidad cognitiva para interfaces complejas.

La integración de la tecnología blockchain en las aplicaciones de salud móvil podría mejorar aún más estos factores de usabilidad al ofrecer una gestión de datos segura y controlada por el usuario, lo que genera confianza en el uso de la aplicación. El marco transparente y descentralizado de la cadena de bloques ayuda a prevenir errores al ofrecer una gestión de datos a prueba de manipulaciones, permitiendo a los usuarios verificar la exactitud de los datos y garantizando su integridad en todos los dispositivos. Esta seguridad puede reducir la frustración del usuario y aumentar su confianza, especialmente en el caso de los usuarios mayores preocupados por la privacidad y la seguridad. Priorizar tanto la usabilidad como las características de seguridad de los datos de blockchain puede crear un DCU que fomente el compromiso sostenido y facilite la gestión eficaz de la salud de los adultos mayores.

El análisis comparativo para la RQ2 identificó varias limitaciones en los modelos de usabilidad actuales, como ISO 9241-11, la heurística de Nielsen y PACMAD, cuando se aplican a aplicaciones de sanidad móvil. Los modelos existentes carecen a menudo de orientaciones específicas para cada edad y no abordan aspectos críticos de la usabilidad como el soporte multimodal (por ejemplo, comandos de voz y retroalimentación háptica), la recuperación de errores y la privacidad de los datos. Los estudios indican que, aunque estos marcos proporcionan principios básicos de usabilidad, no ofrecen recomendaciones específicas sobre características que mejorarían la usabilidad para las personas mayores, como tamaños de fuente ajustables, interfaces simplificadas y herramientas de ayuda adaptables. La integración de la cadena de bloques podría colmar algunas de estas lagunas al proporcionar una gestión de datos segura y descentralizada que mejore la confianza del usuario y el control sobre la información sensible. La estructura de datos a prueba de manipulaciones de Blockchain favorece la recuperación de errores al garantizar que todas las interacciones de datos sean transparentes y rastreables, lo que resulta especialmente beneficioso para las personas mayores preocupadas por la privacidad y la seguridad de los datos. Además, al permitir un acceso coherente a los datos desde distintos dispositivos, la cadena de bloques podría facilitar el acceso multimodal a la información.

Tabla 6. Principales conclusiones de los distintos estudios

Referencia	Hallazgos
Feroz I, Ahmad N (2022) ⁵	Los iconos sencillos y bien etiquetados redujeron la carga cognitiva de los adultos mayores, lo que se tradujo en mejores tasas de finalización de tareas y mayor facilidad de uso.
Ahmad N (2014) ²⁹	La navegación y los flujos de trabajo eficientes dieron lugar a una mayor satisfacción de los usuarios y a un uso más frecuente de la aplicación.
Ahmad et al. (2015) ⁷⁹	El diseño coherente y las señales visuales familiares mejoraron la memorización, minimizando la necesidad de reaprendizaje tras periodos de inactividad.
Harrison R, Flood D, Duce D (2013) ⁵⁷	La evaluación del marco ISO 9241-11 en aplicaciones mHealth reveló que, si bien admite métricas generales de usabilidad, carece de orientación específica para la recuperación de errores.
Feroz I (2023) ⁵⁷	La evaluación de la heurística de Nielsen identificó lagunas a la hora de abordar las necesidades de usabilidad relacionadas con la edad, como los ajustes de agudeza visual y la navegación simplificada para los adultos mayores.

La evaluación de la heurística de Nielsen identificó lagunas a la hora de abordar las necesidades de usabilidad relacionadas con la edad, como los ajustes de la agudeza visual y la navegación simplificada para los adultos mayores.

Debate y trabajo futuro

Este informe pone de relieve que las aplicaciones sanitarias móviles contribuyen a diversos aspectos del bienestar, pero se enfrentan a problemas de usabilidad en parámetros como la prevención de errores, la capacidad de aprendizaje y la memorización. Estas lagunas son especialmente problemáticas para las personas mayores, que pueden estar poco familiarizadas con las tecnologías de la información y la comunicación, lo que afecta a su adopción y uso continuado de las aplicaciones de sanidad móvil⁽⁷⁴⁾.

Las directrices de usabilidad existentes para aplicaciones móviles⁷⁶ carecen de un marco integral específico para la sanidad móvil, especialmente uno que tenga en cuenta las necesidades de los adultos mayores. Para colmar estas lagunas es necesario desarrollar un nuevo marco de usabilidad que incorpore métricas pasadas por alto y se adapte a los requisitos específicos de este grupo demográfico⁽⁴⁶⁾. La integración de blockchain en este marco podría mejorar significativamente la usabilidad al proporcionar una gestión de datos segura y controlada por el usuario, así como registros transparentes y resistentes a las manipulaciones. Las capacidades de blockchain ayudan a prevenir errores al garantizar la exactitud y trazabilidad de los datos, generar confianza y reducir la ansiedad de los usuarios en torno a la privacidad y la seguridad.

El trabajo futuro debería explorar marcos de usabilidad que combinen estos principios de usabilidad con las características de seguridad de blockchain, permitiendo a los usuarios mayores interactuar con las aplicaciones de mHealth con confianza. Este enfoque podría crear soluciones de salud móvil más accesibles y centradas en el usuario, fomentando un mayor compromiso y mejores resultados de salud para los adultos mayores.

Financiación

Este estudio no está financiado.

Conflictos de intereses

No hay conflicto de intereses entre los autores.

Colaboradores

Irum Feroz contribuyó significativamente al SLR y seleccionó 60 artículos tras un análisis exhaustivo. Trabajó en factores, modelos y marcos de usabilidad. Descubrió los factores importantes que intervienen en la adopción de las TI. También identificó lagunas críticas en la investigación, destacó tendencias emergentes y áreas potenciales de investigación, y aportó valiosas ideas para orientar futuras investigaciones. Nadeem Ahmad trabajó en la síntesis de las preguntas de investigación y siguió las directrices PRISMA. También trabajó en la integración de aplicaciones mHealth con la tecnología blockchain.

Todos los autores aprobaron el manuscrito y están de acuerdo con su envío a Blockchain in Healthcare Today

Declaración de disponibilidad de datos (Das), intercambio de datos, reproducibilidad y repositorios de datos

Los datos presentados en el estudio están disponibles con el autor correspondiente.

Aplicación de texto generado o tecnología relacionada

En la elaboración de este artículo no se ha utilizado inteligencia artificial ni tecnologías relacionadas.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a la Universidad de Portsmouth (Reino Unido) por proporcionarnos un entorno propicio y de apoyo que ha facilitado enormemente la realización de esta investigación. Los recursos, la infraestructura y el estímulo académico ofrecidos por la institución fueron inestimables para avanzar en nuestro trabajo.

Referencias

1. Pires IM, Marques G, Garcia NM, Flórez-Revuelta F, Ponciano V, Oniani S. A research on the classification and applicability of the mobile health applications. *J Pers Med*. 2020;10(1):11. <https://doi.org/10.3390/jpm10010011>
2. Asadzadeh A, Kalankesh LR. A scope of mobile health solutions in COVID-19 pandemics. *Inform Med Un-locked*. 2021;23(100558):100558. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100558>
3. Drew DA, Nguyen LH, Steves CJ, Wolf J, Spector TD, Chan AT. Rapid implementation of mobile technology for real-time epidemiology of COVID-19. *bioRxiv*. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.02.20051334>
4. Istepanian RS, Alanzi T. Mobile Health (m-Health): evidence-based progress or scientific retrogression biomedical information technology. Elsevier; 2020.
5. Feroz I, Ahmad N. Usability based rating scale (UBRS) for evaluation of mobile health (mHealth) applications. *HCI and beyond: advances towards smart and interconnected environments*. Vol. 2.
6. Marques ICP, Ferreira JJM. Transformación digital en el área de la salud: revisión sistemática de 45 años de evolución. *Health Technol (Berl)*. 2020;10(3):575–86. <https://doi.org/10.1007/s12553-019-00402-8>
7. Vinay K, Vishal K. Aplicaciones de teléfonos inteligentes para estudiantes y profesionales de la medicina. *Nitte Univ J Health Sci*. 2013;3(1):59-62.
8. Jebraeily M, Fazlollahi Z, Rahimi B. The most common smart-phone applications used by medical students and barriers of using them. *Acta Inform Med*. 2017;25(4):232. <https://doi.org/10.5455/aim.2017.25.232-235>
9. Mohapatra D, Mohapatra M, Chittoria R, Friji M, Kumar S. El alcance de los dispositivos móviles en la atención sanitaria y la educación médica. *Int J Adv Med Health Res*. 2015;2(1):3. <https://doi.org/10.4103/2349-4220.159113>
10. Informe sobre el tamaño, la cuota y las tendencias del mercado de la sanidad móvil por componentes (dispositivos para llevar puestos, aplicaciones de sanidad móvil), por servicios (servicios de seguimiento, servicios de diagnóstico), por participantes, por regiones y previsiones por segmentos, 2024-2030. *Grandviewresearch.com* [citado 2024 Ene 02]. Disponible en: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/mhealth-market>

11. Research2guidance.com. [citado 2024 Ene 02]. Disponible en: https://research2guidance.com/wp-content/uploads/woocomerce_uploads/2016/10/r2g-mHealth-App-Developer-Econom-ics-2016
12. Sezgin E, Özkan-Yildirim S, Yildirim S. Investigation of physicians' awareness and use of mHealth apps: a mixed method study. *Health Policy Technol.* 2017;6(3):251–67. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2017.07.007>
13. Ahmad N, Feroz I, Ahmad F. Creación de datos de prueba sintéticos mediante redes adversariales generativas (GAN) para aplicaciones de salud móvil (mHealth). In *International conference on forth-coming networks and sustainability in the AIoT Era 2024 Jan 27* (pp. 322-32). Cham: Springer Nature Suiza.
14. Tomlinson M, Rotheram-Borus MJ, Swartz L, Tsai AC. Scaling up mHealth: where is the evidence? *PLoS Med.* 2013;10(2):e1001382. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001382>
15. Nouri R, R Niakan Kalhori S, Ghazisaeei M, Marchand G, Yasini M. Criterios para evaluar la calidad de las apps de mHealth: una revisión sistemática. *J Am Med Inform Assoc.* 2018;25(8):1089–98. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocy050>
16. Slade M, Oades L, Jarden A. *Bienestar, recuperación y salud mental.* Cambridge University Press; 2017.
17. Costa VK, Sias Rodrigues A, Agostini LB, Machado M, Darley N, Cunha Cardoso R. El potencial de la experiencia de usuario (UX) como enfoque de evaluación en interfaces de usuario tangibles (TUI). En: *Diseño, experiencia de usuario y usabilidad. Práctica y estudios de casos.* Springer International Publishing, 2019; p. 30-48.
18. Ventola CL. Mobile devices and apps for health care professionals: uses and benefits. *P T.* 2014;39(5):356-64.
19. Burke LE, Ma J, Azar KMJ, Bennett GG, Peterson ED, Zheng Y. Current science on consumer use of mobile health for cardiovascular disease prevention: a scientific statement from the American heart association. *Circulation.* 2015;132(12):1157–213. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000232>
20. Noticias del sector. Estudio de IMS health: Adopción de la mHealth por parte de los pacientes. Respuestas de las tecnologías de la salud. Publicado el 6 de octubre de 2015 [citado 2024 ene 04]. Disponible en: <https://www.healthitanswers.net/ims-health-study-patient-adoption-of-mhealth-2/>
21. Barton AJ. La regulación de las aplicaciones móviles de salud. *BMC Med.* 2012;10(1). <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-46>
22. Istepanian RSH, Pattichis CS, Laxminarayan S. Ubiquitous M-health systems and the convergence towards 4G mobile technologies. En: *M-Health.* Springer US; 2007:3-14.
23. Martínez-Pérez B, de la Torre-Díez I, López-Coronado M. Aplicaciones móviles de salud para las afecciones más prevalentes de la Organización Mundial de la Salud: revisión y análisis. *J Med Internet Res.* 2013;15(6):e120. <https://doi.org/10.2196/jmir.2600>
24. Organización Mundial de la Salud. *Global Diffusion of EHealth: making universal health coverage achievable: report of the third global survey on EHealth.* Organización Mundial de la Salud; 2017.
25. Khan K, Donthula S. Investigating motivational and usability issues of mHealth wellness apps for improved user experience. En: *Avances en sistemas inteligentes y computación.* Springer Singapore; 2019:573-87.
26. Craven MP, Lang AR, Martin JL. Desarrollo de apps de mHealth con investigadores: consideraciones de diseño de múltiples partes interesadas. En: *Diseño, experiencia de usuario y usabilidad. Diseño de experiencia de usuario para aplicaciones y servicios de la vida cotidiana.* Springer International Publishing, 2014; 15-24.
27. Schnall R, Rojas M, Bakken S, Brown W, Carballo-Dieguez A, Carry M. A user-centered model for designing consumer mobile health (mHealth) applications (apps). *J Biomed Inform.* 2016;60:243–51. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.02.002>
28. Feroz I, Ahmad N, Iqbal MW. Escala de calificación basada en la usabilidad para aplicaciones móviles de salud. En: *2019 Conferencia internacional sobre ingeniería y tecnologías emergentes (ICEET).* IEEE; 2019.
29. Ahmad N. *People centered HMI's for deaf and functionally illiterate users.* Doctoral dissertation, Universität Potsdam.
30. Wildenbos GA, Peute LW, Jaspers MWM. A framework for evaluating mHealth tools for Older Patients on Usability. *Stud Health Technol Inform.* 2015;210:783-7.
31. Gupta D, Ahlawat A, Sagar K. Análisis crítico de un modelo de usabilidad basado en jerarquías. En: *2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I).* IEEE; 2014.
32. Amanda G, Layman CV. Examining the intention to use mobile health applications among Indonesians. *Milestone J Strategic Manag.* 2022;2(2):103. <https://doi.org/10.19166/ms.v2i2.5924>
33. Heinz M, Martin P, Margrett JA, Years M, Franke W, Yang H-I. Percepciones de la tecnología entre los adultos mayores. *J Gerontol Nurs.* 2013;39(1):42–51. <https://doi.org/10.3928/00989134-20121204-0>
34. Nielsen J. *Ingeniería de la usabilidad.* Morgan Kaufmann; 1994 [citado 2024 30 nov]. Disponible en: <https://www.amazon.com/dp/0125184069?tag=useitcomusablein>
35. Pfeil U, Zaphiris P, Wilson S. Older adults' perceptions and experiences of online social support. *Interact Comput.* 2009;21(3):159–72. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2008.12.001>
36. Selwyn N, Gorard S, Furlong J, Madden L. Older adults' use of information and communications technology in everyday life. *Ageing Soc.* 2003;23(5):561-82. <https://doi.org/10.1017/s0144686x03001302>
37. Sixsmith A, Sixsmith J. Ageing in place in the United Kingdom. *Ageing Int.* 2008;32(3):219-35. <https://doi.org/10.1007/s12126-008-9019-y>
38. Feroz I, Good A, Omisade O. Identification of critical success factors in adoption of health IT services from older people's perspective. Ponencia presentada en: *The Proceedings of the 2023 3rd international conference on human machine interaction.* 2023.
39. Kaplan K. Usabilidad 101: Introducción a la usabilidad. Nielsen Norman Group. [citado 2024 Ene 03]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>.
40. Shneiderman B. *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction.* Addison-Wesley; 1992.
41. Preece J, Benyon D. *Open University, a guide to usability: human factors in computing.* Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc; 1993.
42. Preece J. Citizen science: new research challenges for human-computer interaction. *Int J Hum Comput Interact.* 2016;32(8):585–612. <https://doi.org/10.1080/10447318.2016.1194153>
43. Tahir R, Arif F. Framework for evaluating the usability of mobile educational applications for children. *Sociedad de información digital y comunicaciones inalámbricas.* 2014; p. 156-70.
44. Alzahrani A, Gay V, Alturki R. La evaluación de la usabilidad en aplicaciones mobile. En: *Proceedings of the 40th International Business Information Management Association (IBIMA).* 2022; p. 23-4.
45. Brown W 3rd, Yen PY, Rojas M, Schnall R. Assessment of the Health IT Usability Evaluation Model (Health-ITUEM) for evaluating mobile health (mHealth) technology. *J Biomed Inform.* 2013;46(6):1080–7. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2013.08.001>
46. Feroz I. *Developing a usability guidance framework for design and evaluation of mHealth apps for aging populations.* Tesis doctoral, Universidad de Portsmouth. 2023.
47. Georgsson M, Staggers N. Quantifying usability: an evaluation of a diabetes mHealth system on effectiveness, efficiency, and satisfaction metrics with associated user characteristics. *J Am Med Inform Assoc.* 2016;23(1):5-11. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocv099>

48. Comisión E. Libro Verde sobre la sanidad móvil ('m-Health). 2014.
49. Informatics I. Patient apps for improved healthcare: from novelty to mainstream. En: Informe del IMS Institute for Health-care Informatics. 2013.
50. Streitenberger W. La nueva política regional de la UE: fomento de la investigación y la innovación en Europa. Cohesión territorial en Europa. Pécs: Academia Húngara de Ciencias, 2013; p. 36-45.
51. Kay M, Santos J, Takane M. mHealth: Nuevos horizontes para la salud a través de las tecnologías móviles. Organización Mundial de la Salud. 2011;64(7):66-71.
52. Preece J, Rogers Y, Sharp H. Diseño de interacción: más allá de la interacción hu-hombre-ordenador. John Wiley & Sons; 2002.
53. Adibi S, ed. Salud móvil: una hoja de ruta tecnológica. 2015th ed. Springer International Publishing; 2015.
54. Condos C, James A, Every P, Simpson T. Ten usability principles for the development of effective WAP and m-commerce services. *Aslib Proc.* 2002;54(6):345-55. <https://doi.org/10.1108/00012530210452546>
55. Caldiera VRBG, Rombach HD. The goal question metric approach. En: *Encyclopedia of software engineering.* 1994; p. 528-32.
56. Hussain A, Kutar M. Usability metric framework for mobile phone application. En: *Proc. 10th Annu. PostGraduate Symp.* 2009; p. 978-82.
57. Harrison R, Flood D, Duce D. Usabilidad de las aplicaciones móviles: revisión de la literatura y justificación de un nuevo modelo de usabilidad. *J Inter-act Sci.* 2013;1(1):1. <https://doi.org/10.1186/2194-0827-1-1>
58. Bertini E, Catarci T, Dix A, Gabrielli S, Kimani S, Santucci G. Appropriating heuristic evaluation for mobile computing. *Int J Mob Hum Comput Interact.* 2009;1(1):20-41. <https://doi.org/10.4018/jmhci.2009010102>
59. Kaufman D, Roberts WD, Merrill J, Lai TY, Bakken S. Applying an evaluation framework for health information system design, development, and implementation. *Nurs Res.* 2006;55(Supplement 1):S37-42. <https://doi.org/10.1097/00006199-200603001-00007>
60. van Gemert-Pijnen JEW, Nijland N, van Limburg M, Ossebaard HC, M Kelders SM, Eysenbach G. A holistic framework to improve the uptake and impact of eHealth technologies. *J Med Internet Res.* 2011;13(4):e111. <https://doi.org/10.2196/jmir.1672>
61. Halim MJ. La matriz de usabilidad de eHealth: desarrollo de un marco de evaluación de usabilidad para tecnologías de ehealth orientadas al paciente. Universidad de Twente; 2019.
62. Yen PY, Wantland D, Bakken S. Desarrollo de una escala de evaluación de usabilidad de TI de salud personalizable. *AMIA Annu Symp Proc.* 2010:917-21.
63. Yen PY, Bakken S. Review of health information technology usability study methodologies. *J Am Med Inform Assoc.* 2012;19(3):413-22. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2010-000020>
64. Cho H, Yen PY, Dowding D, Merrill JA, Schnall R. A multi-level usability evaluation of mobile health applications: a case study. *J Biomed Inform.* 2018;86:79-89. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2018.08.012>
65. Wildenbos GA, Peute L, Jaspers M. Barreras del envejecimiento que influyen en la usabilidad de la salud móvil para adultos mayores: un marco de trabajo basado en la literatura (MOLD-US). *Int J Med Inf.* 2018;114:66-75.
66. Hussain A, Femeley E. Métrica de usabilidad para aplicaciones móviles: un enfoque de métrica de preguntas objetivo (GQM). En: Ponencia presentada en las actas de la 10ª conferencia internacional sobre información integration and web-based applications & services. 2008.
67. Vollmer Dahlke D, Ory M. mHealth applications use and potential for older adults, overview of. *Enciclopedia Geropsicología.* 2015; p. 1-9.
68. Zhang J, Walji MF. TURF: hacia un marco unificado de usabilidad EHR. *J Biomed Inform.* 2011;44(6):1056-67. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2011.08.005>
69. Kim S, Choudhury A. Comparison of older and younger adults' attitudes toward the adoption and use of activity trackers. *JMIR MHealth UHealth.* 2020;8(10):e18312. <https://doi.org/10.2196/18312>
70. Ahmad NA, Mat Ludin AF, Shahar S, Mohd Noah SA, Mohd Tohit N. Willingness, perceived barriers and motivators in adopting mobile applications for health-related interventions among older adults: a scoping review protocol. *BMJ Open.* 2020;10(3):e033870. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-033870>
71. Saparamadu AADNS, Fernando P, Zeng P, Teo H, Goh A, Lee JMY. User-centered design process of an mHealth app for health professionals: case study. *JMIR MHealth UHealth.* 2021;9(3):e18079. <https://doi.org/10.2196/18079>
72. Duque E, Fonseca G, Vieira H, Gontijo G, Ishitani L. A systematic literature review on user centered design and participatory design with older people. En: *Actas del 18º simposio brasileño sobre factores humanos en sistemas informáticos.* ACM; 2019.
73. Helbostad JL, Vereijken B, Becker C, Todd C, Taraldsen K, Pijnappels M. Aplicaciones móviles de salud para promover un envejecimiento activo y saludable. *Sensors (Basilea).* 2017;17(3). <https://doi.org/10.3390/s17030622>
74. Suastika K, Dwipayana P, Siswadi M, Tuty RA. Age is an important risk factor for type 2 diabetes mellitus and cardiovascular diseases. En: *Glucose Tolerance.* InTech; 2012.
75. Saleh AM, Ismail RB. Usability evaluation frameworks of mobile application: a mini-systematic literature review. *Cumbre mundial sobre educación GSE.* 2015.
76. Liew MS, Zhang J, See J, Ong YL. Usability challenges for health and wellness mobile apps: mixed-methods study among mHealth experts and consumers. *JMIR MHealth UHealth.* 2019;7(1):e12160. <https://doi.org/10.2196/12160>
77. Li C, Neugroschl J, Zhu CW, Aloysi A, Schimming CA, Cai D. Consideraciones de diseño para aplicaciones móviles de salud dirigidas a adultos mayores. *J Alzheimers Dis.* 2021;79(1):1-8. <https://doi.org/10.3233/JAD-200485>
78. Hussain A, Kutar M. Usability evaluation of SatNav application on mobile phone using mGQM. *Int J Comp Inf Syst Ind Manag Appl.* 2012;4:92-100.
79. Ahmad N, Shoaib U, Prinetto P. Usability of online assistance from semiliterate users' perspective. *Int J Hum Comput Interact.* 2015;31(1):55-64. <https://doi.org/10.1080/10447318.2014.925772>

Propiedad intelectual: Este es un artículo de acceso abierto distribuido de acuerdo con la licencia Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0), que permite a otros distribuir, adaptar, mejorar este trabajo de forma no comercial, y licenciar sus trabajos derivados en diferentes términos, siempre que el trabajo original se cite adecuadamente y el uso no sea comercial. Véase: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>