



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPTO. DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y CS DE LA COMPUTACIÓN

**IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS
DEL ADULTO MAYOR QUE AFECTAN LA
USABILIDAD DE LAS APLICACIONES
MÓVILES: UN ESTUDIO TERCARIO**

Profesor Guía: Dr. John W. Castro Llanos

Agustín I. Astudillo Castañeda

Copiapó, Marzo 2025, Chile.



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPTO. DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y CS DE LA COMPUTACIÓN

**IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS
DEL ADULTO MAYOR QUE AFECTAN LA
USABILIDAD DE LAS APLICACIONES
MÓVILES: UN ESTUDIO TERCARIO**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero Civil en Computación e Informática bajo la modalidad de articulación con postgrado

Profesor Guía:

Dr. John W. Castro Llanos

Miembros del Comité:

Mg. Nahur Meléndez Araya

Mg. Sebastián Flores Flores

Agustín I. Astudillo Castañeda

Copiapó, Marzo 2025, Chile.

*El presente trabajo de
titulación se lo dedico a mis
padres y hermanos, que han
sido parte importante de este
proceso.*

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco profundamente a mis padres y hermanos, quienes han sido mi principal apoyo y motivación durante este camino.

También quiero expresar agradecimiento a mi profesor guía, John Castro, por su orientación y aportes a lo largo de este trabajo. Su experiencia han sido fundamentales para el desarrollo de este proyecto, y se agradece el tiempo destinado en este trabajo.

Agradezco al proyecto FONDECYT-Iniciación 11230496, financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, el cual permite el desarrollo del presente Trabajo de Titulación. Su financiamiento y apoyo hicieron posible llevar a cabo esta investigación, brindándome las herramientas necesarias para lograr los objetivos definidos.

Finalmente, extiendo mi gratitud a todas las personas que me han acompañado en este proceso, compañeros y familiares.

Resumen

Considerando el crecimiento de la población de adultos mayores y los avances tecnológicos, este grupo etario enfrenta problemas para interactuar con aplicaciones móviles, ya que cuando se desarrollan aplicaciones para los adultos mayores, normalmente no se toman en cuenta las características ligadas al envejecimiento que presenta este grupo etario. Debido a esto, el presente trabajo de titulación tiene como objetivo identificar las características del adulto mayor que pueden afectar la usabilidad de las aplicaciones móviles. Para ello, se realizó un estudio terciario en el que se analizaron estudios secundarios enfocados en identificar estas características y su impacto en la usabilidad. Este trabajo de titulación se encuentra bajo la modalidad de articulación con postgrado. En total, se identificaron siete categorías de características: (i) Limitación psicomotora, (ii) limitación cognitiva, (iii) limitación visual, (iv) limitación auditiva, (v) limitación motivacional, (vi) limitación psicosocial y (vii) limitación económica. Por otra parte, se identificaron problemas que enfrenta el adulto mayor con la interacción de aplicaciones móviles para cada categoría de características, como por ejemplo la dificultad de interactuar con botones pequeños o la utilización términos ambiguos y que no maneja el adulto mayor. Además, se analizaron los trabajos futuros de los estudios secundarios para identificar cuales están asociados a la usabilidad desde la perspectiva de los usuarios adultos mayores. Se concluye que es necesario considerar recomendaciones, como por ejemplo permitir ampliar el tamaño del texto, reducir el número de interacciones y evitar las animaciones para evitar problemas al momento de interactuar con una aplicación móvil y este grupo etario. Además, se pudo identificar la necesidad de modificar las técnicas de evaluación de usabilidad para que se puedan aplicar de mejor manera con la participación del adulto mayor puesto que estas no pueden ser aplicadas en su estado original.

Índice general

Índice general	IV
Índice de figuras	VI
Índice de tablas	VII
1 Introducción	1
1.1 Contexto del Problema	1
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Modalidad de Titulación	5
1.4 Estructura del Documento	5
1.5 Producto Final de Investigación	6
2 Marco Teórico	7
2.1 El Adulto Mayor	7
2.2 Las TIC en los Adultos Mayores	8
2.3 Aplicaciones de Teléfonos Inteligentes	8
2.4 La Usabilidad	9
2.5 Evaluación de Usabilidad	9
2.6 Problemas del Adulto Mayor con el Uso de Aplicaciones Móviles	11
3 Trabajos Relacionados	12
4 Metodología de Investigación	14
4.1 Preguntas de Investigación	14
4.2 Definición de la Estrategia de Búsqueda	15

4.3	Criterios de Inclusión y Exclusión	17
4.4	Proceso de Selección de Estudios	18
5	Resultados	25
5.1	Síntesis de la Información Extraída	25
5.2	Características del Adulto Mayor que Pueden Impactar la Usabilidad en las Aplicaciones Móviles	28
5.2.1	Limitación Psicomotora	28
5.2.2	Limitación Cognitiva	30
5.2.3	Limitación Visual	32
5.2.4	Limitación Auditiva	33
5.2.5	Limitación Motivacional	34
5.2.6	Limitación Psicosocial	34
5.2.7	Limitación Económica	35
5.3	Problemas del Adulto Mayor con el uso de Aplicaciones Móviles . . .	37
5.3.1	Problemas Debido a Limitación Psicomotora	37
5.3.2	Problemas Debido a Limitación Cognitiva	38
5.3.3	Problemas Debido a Limitación Visual	38
5.3.4	Problemas Debido a Limitación Auditiva	39
5.3.5	Problemas Debido a Limitación Motivacional	39
5.3.6	Problemas Debido a Limitación Psicosocial	39
5.3.7	Problemas Debido a Limitación Económica	40
5.4	Trabajos Futuros de los Estudios Secundarios	40
6	Discusión y Amenazas a la Validez	43
6.1	Discusión	43
6.2	Amenazas a la Validez	44
7	Conclusiones	46
	Apéndice A	49
	Apéndice B	70
	Referencias	72

Índice de figuras

Figura 4.1	Proceso de selección de estudios (autoría propia).	24
Figura 5.1	Gráfico de burbuja que muestra los estudios según las categorías de características, incluidos el tipo y año de publicación (autoría propia).	26
Figura 5.2	Problemas que enfrenta el adulto mayor por categoría (autoría propia).	41
Figura 5.3	Trabajos futuros identificado por estudio secundario (autoría propia).	42

Índice de tablas

Tabla 4.1	Listado de palabras extraídas con su respectiva frecuencia total, porcentaje de cubrimiento y peso.	16
Tabla 4.2	Cadenas de búsqueda probadas.	19
Tabla 4.3	Cantidad de estudios en cada etapa por base de datos.	23
Tabla 5.1	Información estudios secundarios.	27
Tabla 5.2	Características identificadas por categoría.	35
Tabla B.1	Estudios secundarios.	70

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo, se presentan una visión general y los alcances de la investigación, la cual está centrada en las áreas de usabilidad, aplicaciones móviles y adulto mayor. Inicialmente, se ofrece un contexto general de la investigación, indicando la problemática a abordar. Seguido de esto, se detallarán los objetivos, diferenciando entre el objetivo general y los objetivos específicos a cumplir, así como la modalidad de titulación. Además, se describirá la estructura de este documento, donde se detallarán en general los contenidos de cada uno. Finalmente, se indicará el producto final de esta investigación correspondiente a un estudio terciario (ET).

1.1. Contexto del Problema

En los últimos años, se ha experimentado un considerable crecimiento de la población mundial de adultos mayores. Se estima que para el año 2050, el 22% de los habitantes del mundo serán personas mayores a 60 años [World Health Organization: WHO, 2024]. Además para 2030, una de cada seis personas del mundo tendrá una edad de 60 años o más [World Health Organization: WHO, 2024]. En el caso de Chile, dentro de los últimos cien años se ha observado la disminución de las tasas de fecundidad y mortalidad, lo que ha generado que las personas de 60 años o más tengan más relevancia dentro de la población, siendo así que para el año 2022 el porcentaje de este grupo etario alcanzó el 18,1% de la población total del país. También, se estima que para el año 2050 la población de adulto mayores en Chile corresponderá a un tercio de la población total del país [Rojas *et al.*, 2022].

En las últimas décadas, las nuevas tecnologías y las innovaciones han avanzado a un ritmo acelerado [Mahdi Yadegari y Masoumi, 2024]. En general, las tecnologías de la información y comunicación (TIC), como las aplicaciones en línea, se han convertido en parte esencial de nuestras vidas [Ramírez-Correa *et al.*, 2023]. En el caso de los adultos mayores, las TIC pueden ser una herramienta para mejorar su calidad de vida [Briede-Westermeyer *et al.*, 2020]. Algunos beneficios que este grupo etario puede obtener con el uso de las TIC, corresponden a la facilidad de comunicarse con sus familiares, permitiéndoles reducir su soledad [Chopik, 2016] o fortalecer sus relaciones sociales y lazos intergeneracionales [Navarrete *et al.*, 2022].

Actualmente, el dispositivo tecnológico más utilizado por los adultos mayores es el teléfono inteligente, cuyo uso se destina principalmente a aplicaciones de comunicación, redes sociales, entretenimiento y salud [Castro y Madrigal, 2024]. No obstante, este grupo etario a menudo se ve excluido por la presencia de tecnología o sistema software no diseñados para ellos, dado que habitualmente durante el desarrollo de estos, no se consideran algunas características propias del envejecimiento, tal como la reducción en la motricidad, deterioro cognitivo y limitaciones visuales [Aldana *et al.*, 2019] [Slavicek *et al.*, 2014] [Gonçalves *et al.*, 2017]. Estas características propias de la edad generan retos en el uso de aplicaciones móviles [Ferreira *et al.*, 2019] y pueden afectar a la usabilidad de las mismas [Castro y Lamilla, 2024].

La usabilidad corresponde a la medida en que un sistema, producto o servicio puede ser utilizado por determinados usuarios para conseguir determinados objetivos con eficacia, eficiencia y satisfacción en una situación específica de uso [ISO, 2018]. Por otra parte, algunos de los desafíos que enfrentan los adultos mayores a causa de sus características, son la dificultad para reconocer elementos visuales de una interfaz o dificultades en la interacción con elementos en movimiento en una interfaz gráfica de usuario [Castro y Lamilla, 2024].

La identificación de estas características es fundamental para los involucrados en el desarrollo de aplicaciones móviles, ya que asegura que los diseños se adapten a estas necesidades y mejorando así la usabilidad. Para determinar qué tan usable es una aplicación o sistema software, es necesario evaluar su usabilidad. La evaluación de usabilidad, se realiza a través de la aplicación de técnicas, como por ejemplo pensar en voz alta [Nielsen, 1993], la cual permite estudiar los procesos mentales de los participantes en la medida que ellos realizan comentarios en voz alta mientras trabajan en una tarea [Hix y Hartson, 1993].

Algunos autores afirman que es necesario adaptar las técnicas de evaluación de usabilidad para que se ajusten a las características del adulto mayor [Peute *et al.*, 2022] [Franz *et al.*, 2019] [Sayago y Blat, 2007], esto debido a que es un reto aplicarlas en su estado original con la participación del adulto mayor. Algunas de estas características, como por ejemplo el deterioro cognitivo pueden influir en la aplicación de la técnica pensar en voz alta. Por lo tanto, conocer estas características es de vital importancia para poder realizar adaptaciones a las técnicas de evaluación de usabilidad.

Existen algunos estudios primarios que abordan el tema del adulto mayor y sus características [Gao *et al.*, 2015] [Kascak *et al.*, 2014] [Azuddin *et al.*, 2014] [Isaković *et al.*, 2016] [Harrington *et al.*, 2017] [Cáliz y Alamán, 2014]. Por ejemplo, en el estudio primario de Gao *et al.* [2015], los autores reportan que este grupo etario tiene deficiencias psicomotoras relacionadas con la edad, como una menor capacidad para seguir un objeto en movimiento o tiempos de respuesta más largos en tareas motoras complejas y que afectan cuando se requiere realizar interacciones con movimientos repetitivos y rápidos. Otro estudio primario es el realizado por Kascak *et al.* [2014], donde se reporta que con el envejecimiento algunas capacidades que incluyen la visión, habilidades motoras, cognitiva y auditiva disminuyen. Además, existen algunos estudios secundarios que recopilan estos estudios. Por ejemplo, en el estudio secundario de Elguera y Zapata [2019] los autores se centran en conocer cuáles son los principales retos de usabilidad que los adultos mayores enfrentan cuando interactúan con una interfaz gráfica de usuario de una aplicación en general y también conocer de qué manera estas pueden ser más aceptadas por esta población. Los autores clasificaron los problemas en las categorías de limitaciones visuales, psicomotoras y cognitivas.

Además, en el estudio de Kurniawan *et al.* [2021] los autores reportan los resultados de otro estudio secundario, cuyo objetivo fue identificar los desafíos que enfrentan los adultos mayores con el uso de aplicaciones *mHealth* con el uso de y las dimensiones de usabilidad más utilizadas para evaluar aplicaciones *mHealth*. Los autores identificaron seis categorías clave para los desafíos que enfrentan los adultos mayores y que influyen en la usabilidad de aplicaciones *mHealth*: (i) cognitivos, (ii) psicomotores, (iii) perceptuales, (iv) motivacionales, (v) psicosociales, y (vi) relacionados con la seguridad y privacidad. Debido a lo anterior, es crucial realizar una caracterización en este contexto de forma más extensa de lo que permite una revi-

sión sistemática de literatura. Asimismo, de acuerdo con una investigación inicial, no existe un estudio que entregue una mirada completa de las revisiones de literaturas existentes relacionadas con las características asociadas a la edad de los adultos mayores y que puedan afectar la usabilidad de las aplicaciones móviles.

Por tanto, en este trabajo se desarrollará un ET específico que proporcione a investigadores y desarrolladores una visión unificada de este tema y que pueda servir como un catálogo de gran nivel de la investigación existente, reuniendo los resultados de trabajos en esta área.

1.2. Objetivos

A continuación, se presentan el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo de titulación.

1.2.1. Objetivo General

El objetivo general del presente trabajo corresponde identificar las características del adulto mayor que pueden afectar la usabilidad de las aplicaciones móviles.

1.2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- a) Clasificar las características del adulto mayor que pueden impactar el uso de la tecnología por parte del adulto mayor,
- b) Identificar los problemas que las características del adulto mayor pueden ocasionar en el uso de tecnología,
- c) Identificar los trabajos futuros asociados con la usabilidad de las aplicaciones móviles desde la perspectiva del adulto mayor.

1.3. Modalidad de Titulación

El presente trabajo de Título se enmarca en la modalidad de “ARTICULACIÓN CON POSTGRADO”, El presente trabajo reportará las características del adulto mayor que puedan impactar o influir en la usabilidad de las aplicaciones móviles. Además se identificaran problemas asociados a estas características, como también los trabajos futuros asociados a esos estudios.

1.4. Estructura del Documento

El presente trabajo de titulación contiene siete capítulos los cuales giran entorno a las características de los adultos mayores y su impacto en la usabilidad de las aplicaciones móviles.

- Capítulo 1 “Introducción”: Corresponde al presente capítulo en el cual se describe el contexto del problema, los objetivos del trabajo y la estructura del documento.
- Capítulo 2 “Marco Teórico”: Este capítulo presenta conceptos relevantes al tema presentando, relacionados con las TIC, aplicaciones móviles, usabilidad, y enfocados al adulto mayor.
- Capítulo 3 “Trabajos Relacionados”: En este capítulo, se analizan estudios terciarios previos relacionados con las características del adulto mayor que afectan la usabilidad de aplicaciones móviles.
- Capítulo 4 “Metodología de Investigación”: Se explican los pasos para llevar a cabo el ET, mencionando las preguntas de investigación formuladas, la estrategia de búsqueda utilizada y los criterios para la selección y análisis de estudios secundarios.
- Capítulo 5 “Resultados”: Se reportan los hallazgos del ET, relacionados con las características de los adultos mayores que puedan afectar la usabilidad de las aplicaciones móviles.
- Capítulo 6 “Discusión y Amenazas a la Validez”: Se discuten los resultados reportados y se indican las amenazas a la validez del ET.

- Capítulo 7 “Conclusiones”: Se presentan las conclusiones derivadas del ET y se responden a cada pregunta de investigación.
- Apéndice A: Contiene el artículo “Identification of Older Adults’ Characteristics that Affect the Usability of Mobile Applications: A Tertiary Study”. El cual entrega una síntesis de las características del adulto mayor que pueden impactar la usabilidad en aplicaciones móviles y trabajos futuros de los estudios analizados.
- Apéndice B: Se presentan los datos de cada estudio secundario analizado.

1.5. Producto Final de Investigación

Los resultados del presente trabajo de titulación corresponden a un ET, el cual fue aceptado en la Conferencia Internacional sobre Interacción Persona-Computador (HCI). Ver apéndice A. El artículo titulado “Identificación de las características de las personas mayores que afectan a la usabilidad de las aplicaciones móviles: Un Estudio Terciario” recopila las principales características del adulto mayor que puedan afectar la usabilidad de las aplicaciones móviles y los problemas asociados a estas con el uso de tecnología. Esta conferencia tendrá lugar en Gotemburgo, Suecia y se desarrollará entre el 22 al 27 de junio del 2025.

Capítulo 2

Marco Teórico

En este capítulo, se exponen los conceptos que respaldan la presente investigación. Primero, se mencionará al crecimiento de la población adulto mayor, tanto a escala mundial como en Chile, relatando los beneficios que tiene el adulto mayor con el uso de las TIC y los problemas que tiene este grupo etario con el uso de aplicaciones móviles. Finalmente, se menciona el concepto de usabilidad y ejemplos a las distintas técnicas existentes para evaluar la misma.

2.1. El Adulto Mayor

A nivel global, se está experimentando un notable cambio demográfico, específicamente en la población de adultos mayores [World Health Organization: WHO, 2024]. La esperanza de vida ha aumentado debido a los avances en salud y tratamientos médicos, un mejor acceso a la educación y una disminución de la tasa de fertilidad. Esto es reflejado en la cantidad de adultos mayores existentes en el mundo, donde se estima que en 2050 la cantidad de personas mayores de 60 años superará a la de los jóvenes en todo el planeta [World Health Organization: WHO, 2024].

De acuerdo a lo establecido por Olivares y Salazar [2006], en Chile se considera una persona mayor a toda aquella que tenga 60 o más años de edad. En Chile, el ritmo del envejecimiento se encuentra en un constante crecimiento, y se proyecta que para el 2050 la población total de adultos mayores será aproximadamente un tercio de la población total del país (32,1%) [Rojas *et al.*, 2022] y para el 2050, el único país de la región de América con una esperanza de vida promedio superior a

los 80 años [Leiva *et al.*, 2020]. Debido al deterioro de salud y movilidad que sufren los adultos mayores producto del envejecimiento, estos pueden enfrentar una alta probabilidad de aislamiento social [Francis *et al.*, 2019].

2.2. Las TIC en los Adultos Mayores

Por un lado, las (TIC) pueden sobresalir dentro de la población de adultos mayores ya que pueden ayudar a fortalecer las relaciones sociales y los lazos intergeneracionales. Algunos otros beneficios que el adulto mayor obtiene con el uso de las TIC son los siguientes:

- **Acceso a salud.** Pueden utilizar las TIC para tener acceso a servicios de salud en línea, por ejemplo, atenciones con médicos [Alive, 2024].
- **Disminuir Sentimiento Soledad.** Las TIC les permite a los adultos mayores estar conectados con personas de su grupo social, lo que ayuda en gran medida a combatir la soledad [Alive, 2024].
- **Autonomía Personal.** Los adultos mayores pueden utilizar las TIC para administrar sus tareas diarias, ayudando a mantener su autonomía personal [Alive, 2024].

Por otro lado, es un desafío por parte de este grupo etario adaptarse a las demandas tecnológicas, ya que éstas requieren recursos sensoriales, cognitivos y motores, los cuales disminuyen con la edad [Yáñez y Dragucevic, 2021].

Actualmente, el adulto mayor utiliza en gran medida los teléfonos inteligentes como principal dispositivo tecnológico [Castro y Madrigal, 2024]. Esto suele estar relacionado con la percepción de comodidad, utilidad y control sobre este dispositivo [Cerdea Díez *et al.*, 2023]. Los principales usos que el adulto mayor destina con el teléfono inteligente, son en aplicaciones de comunicación, redes sociales, entretenimiento y salud [Castro y Madrigal, 2024].

2.3. Aplicaciones de Teléfonos Inteligentes

Corresponden a aplicaciones que fueron diseñadas para ejecutarse en un dispositivo móvil, como por ejemplo el teléfono inteligente, donde se aprovechan características como la portabilidad, la conectividad y los sensores integrados. En la actualidad

diversos dispositivos tecnológicos, como por ejemplo computadoras, teléfonos inteligentes, tabletas, etc, ofrecen la facilidad de instalar aplicaciones mediante la utilización de alguna tienda de aplicación o traen de fábrica algunas. Algunos ejemplos de aplicaciones por categoría son los siguientes:

- Comunicación / Mensajería: Mail, Messenger, Skype y Zoom [Castro y Madrigal, 2024].
- Imagen y Vídeo: Snapchat, YouTube y Camara [Castro y Madrigal, 2024].
- Redes sociales: Instagram, Facebook y Pinterest [Castro y Madrigal, 2024].

2.4. La Usabilidad

La usabilidad es un elemento esencial que forma parte de la calidad de un sistema software. Brevemente, se puede definir como el grado en que algo es fácil de utilizar. Cuando se utiliza un sistema software y el usuario lo encuentra engorroso de usar le genera frustración, puede provocar que lo deje de utilizar, lo cual implicaría que el sistema software tiene una baja usabilidad. La usabilidad considera tres factores fundamentales:

1. **Eficacia.** Se refiere a la capacidad del usuario para completar una tarea utilizando el producto [Nielsen, 1993].
2. **Eficiencia.** La velocidad y los recursos utilizados para realizar la tarea [Nielsen, 1993].
3. **Satisfacción.** Corresponde a lo agradable y satisfactoria que resulta la experiencia del usuario al interactuar con el producto [Nielsen, 1993].

Para que un sistema software pueda alcanzar un nivel de usabilidad adecuado, se requiere la aplicación de técnicas de usabilidad. De esta manera, se detectan problemas de usabilidad, los cuales deberán ser resueltos oportunamente.

2.5. Evaluación de Usabilidad

Para determinar la usabilidad en una aplicación o sistema software, es necesario utilizar técnicas de evaluación de usabilidad [López Cisternas, 2024]. Existen

aproximadamente 40 técnicas para evaluar la usabilidad. En ciertos casos, para la implementación de las técnicas, se involucra un experto en usabilidad o usuarios finales. Algunos ejemplos de técnicas de evaluación de usabilidad son los siguientes:

- **Test de Usabilidad.** En esta técnica, se prueba una versión actual del sistema con usuarios reales. Además, tiene normalmente cuatro etapas: (i) Preparación, (ii) introducción, (iii) el propio test y (iv) elaboración del informe del test. Adicionalmente, los test de usabilidad pueden ser grabados en vídeo y/o audio para un posterior análisis o también tomar notas en tiempo real por parte del evaluador [Nielsen, 1993].
- **Test en Laboratorio.** Se seleccionan participantes los cuales son llevados a instalaciones donde se encuentran laboratorios de usabilidad, donde se llevan a cabo tests de usabilidad [Hix y Hartson, 1993].
- **Test de Campo.** Esto es una forma alternativa al Test en Laboratorio. Se lleva la interfaz a evaluar al entorno normal de los usuarios finales del sistema software [Hix y Hartson, 1993].
- **Pensar en Voz Alta.** Implica tener a una persona utilizando un sistema o aplicación, mientras él de forma recurrente indica en voz alta lo que está pensando. De esta manera, se obtiene la impresión del usuario mientras usa la aplicación [Nielsen, 1993].
- **Retroalimentación del Usuario.** Se recolectan de los usuarios retroalimentaciones mediante correo o tableros de anuncio electrónicos, las cuales pueden ser quejas o peticiones de cambio o mejora [Nielsen, 1993].
- **Evaluación Heurística.** En esta técnica participa un experto en usabilidad. Se obtienen opiniones acerca de lo bueno o malo de una interfaz mientras se observa la misma. Para realizar la evaluación, se utilizan pautas basadas en principios heurísticos [Nielsen, 1993].

2.6. Problemas del Adulto Mayor con el Uso de Aplicaciones Móviles

Cuando el adulto mayor interactúa con alguna aplicación móvil, puede sufrir algunos de los siguientes problemas Castro y Lamilla [2024]:

- **Dificultad para reconocer los elementos visuales de la interfaz.** En este problema el adulto mayor se enfrenta a elementos visuales pequeños y poco claros en la pantalla, como por ejemplo caracteres, iconos, botones e imágenes. También, se puede encontrar con fuentes pequeñas o muy finas.
- **Gráficos e iconos difíciles de comprender.** En ocasiones el adulto mayor se encuentra con iconos poco significativos, gráficos irrelevantes y que generan confusión.
- **Contraste inadecuado.** Algunas interfaces utilizan colores inadecuados, como por ejemplo un color muy fuerte, generando en algunos adultos mayores dificultades cuando interactúan con la interfaz.
- **Instrucciones poco intuitivas y carencia de ayuda.** El adulto mayor se enfrenta a instrucciones confusas sobre como realizar una determinada tarea con la aplicación y no existen ayudas adicionales.
- **Pasos excesivos para realizar una tarea.** Para cumplir con una tarea, se exige realizar movimientos rápidos y repetitivos, aumentando en pasos innecesarios el cumplimiento de una acción.
- **Dificultad para introducir textos extensos.** Algunas interfaces de aplicaciones móviles solicitan introducir textos extensos, sin considerar herramientas para facilitar esta escritura.

Capítulo 3

Trabajos Relacionados

En una etapa inicial de la investigación, se pudo identificar un único estudio que realiza una revisión de estudios primarios y secundarios. En el trabajo realizado por Wildenbos *et al.* [2018], los autores reportan los hallazgos de un *scoping review* que se enfoca en conocer las barreras que afectan la usabilidad de las aplicaciones móviles orientadas a la salud de los adultos mayores y proponen un marco de trabajo centrado en la Usabilidad de la sanidad móvil para usuarios mayores (MOLD-US). Para la revisión sistemática de literatura se utilizaron las bases de datos PUBMED, EMBASE, ScienceDirect y Web of Science. Los autores de Wildenbos *et al.* [2018] identificaron cuatro categorías de barreras: (i) cognitivas, (ii) físicas, (iii) perceptivas y (iv) motivacionales. Menciona que estas barreras pueden limitar la utilidad y la usabilidad de *mHealth* para los adultos mayores, generando dificultades al momento de tomar un dispositivo móvil con una sola mano o interactuar con botones que están muy juntos entre si.

Además de este estudio, se identificó el estudio secundario de Elguera y Zapata [2019]. Los autores realizaron una revisión sistemática de literatura entre los años 2013 y 2019 ocupando las bases de datos IEEE Xplore, Scopus, ProQuest Computing y ACM Digital Library. En su estudio, los autores abordaron los principales retos de usabilidad a los que se enfrentan el adulto mayor cuando interactúan con una interfaz gráfica de usuario en una aplicación móvil y como se pueden hacer más aceptables para este grupo etario. Los principales hallazgos fueron la identificación de tres limitaciones: (i) Visual, (ii) psicomotora y (iii) cognitiva. Además, los autores señalaron recomendaciones a partir de lineamientos para el desarrollo de aplicaciones Android e iOS.

En el trabajo de Wildenbos *et al.* [2018], se identifican barreras asociadas al envejecimiento para la experiencia de usuario. Sin embargo está enfocado en identificar las barreras para únicamente aplicaciones *mHealth*. Si bien Wildenbos *et al.* [2018] no realizan un ET, si incluyen estudios secundarios y por esta razón corresponde a un trabajo relacionado. Además, el estudio secundario de Elguera y Zapata [2019] se centra en la identificación de problemas asociados a limitaciones del adulto mayor cuando interactúan con aplicaciones móviles. Sin embargo, no busca identificar las características de adulto mayor que podrían influir en la usabilidad de aplicaciones móviles. Debido a esto, se hace necesario realizar un trabajo de investigación como el presente para aportar en esta área, identificando las características de adulto mayor que podrían influir en la usabilidad de aplicaciones móviles. Esto beneficiará a los desarrolladores de aplicaciones móviles para que realicen diseños que se adapten a estas características, como también permitir a los evaluadores de usabilidad realizar modificaciones a las técnicas de evaluación para que se ajusten mejor a la participación del adulto mayor y finalmente beneficiará a los adultos mayores que tendrán aplicaciones más adecuadas para ellos.

Capítulo 4

Metodología de Investigación

La metodología de investigación del presente trabajo de titulación corresponde a un ET para sintetizar y analizar la evidencia existente de un tema particular. En este caso, el tema comprende las características propias del adulto mayor y que puedan afectar la usabilidad de las aplicaciones móviles. Esta metodología considera una serie de fases establecidas por Kitchenham y Charters [2007]: (i) Formular las preguntas de investigación, (ii) definir la estrategia de búsqueda, (iii) definir criterios de inclusión y exclusión, (iv) seleccionar los estudios secundarios, (v) extraer la información relevante a las preguntas de investigación y finalmente (vi) sintetizar la información extraída.

4.1. Preguntas de Investigación

La presente investigación, se focaliza en tres aspectos de gran importancia: las características del adulto mayor, el uso de aplicaciones móviles y la usabilidad de las mismas. En consecuencia, la información extraída de los estudios secundarios pretenden responder a las siguientes preguntas de investigación (PI):

- PI1: ¿Cuáles son las características del adulto mayor que influyen o impactan la usabilidad de las aplicaciones móviles?
- PI2: ¿Cuáles son los problemas que enfrentan los adultos mayores al utilizar aplicaciones móviles a causa de sus características?
- PI3: ¿Cuáles son los trabajos futuros que están asociados a la usabilidad desde la perspectiva de los usuarios adultos mayores?

4.2. Definición de la Estrategia de Búsqueda

La definición de la estrategia de búsqueda, se inicia identificando las palabras clave que se ocuparán para formar la cadena de búsqueda. Para ello, se definió un Grupo de Control (GC), el cual corresponde a un grupo inicial de estudios que son relevantes para el área de interés de la investigación [Zhang *et al.*, 2011], para este caso, las características de los adultos mayores ligadas al envejecimiento y que puedan afectar la usabilidad de las aplicaciones móviles. Los estudios que integran el GC deben responder adecuadamente las preguntas de investigación planteadas Zhang *et al.* [2011]. La identificación del GC, se realiza para mantener la objetividad al seleccionar la cadena de búsqueda. Para definir el GC, se realiza una búsqueda manual de estudios relevantes al contexto de la investigación, garantizando que respondan las preguntas planteadas. Como resultado de este proceso, se identificaron cinco estudios secundarios para el GC [Elguera y Zapata, 2019] [Wildenbos *et al.*, 2018] [Aranha *et al.*, 2021] [Sinabell y Ammenwerth, 2022] [Ramdowar *et al.*, 2023]. Se verificó que los estudios pertenecientes al GC estuvieran en la base de datos Scopus, esto debido a que es la base de datos con mayor cantidad de estudios. Tras esta verificación, se comprobó que todos los estudios del GC estaban en Scopus. Seguido de esto, se procedió a extraer las palabras claves que formarán la cadena de búsqueda, mediante el uso de Atlas.ti 24. Con las palabras extraídas, se creó una tabla que muestra las frecuencias de todas las palabras y combinaciones relacionadas con el objetivo de la investigación que aparecieron en cada estudio del GC. De la tabla de frecuencia, se seleccionaron solamente los términos que se encontraban relacionados con las preguntas de investigación y que estuvieran presentes en un porcentaje considerable de los estudios del GC. Este porcentaje, se denomina “Porcentaje de cubrimiento”, el cual se determinó con la Ecuación 4.1. Seguido esto, se determinó el peso de cada palabra, con la Ecuación 4.2. En la Tabla 4.1 se encuentra el resultado de las palabras obtenidas en este proceso, mostrando la frecuencia total de cada una, el porcentaje de cubrimiento y peso respectivo. Con respecto a los valores obtenidos de la variable peso, solamente se consideraron aquellos que contenían un peso igual o mayor a 0.41, porque de esta manera se asegura un porcentaje de cubrimiento de por lo menos un 80 % de los estudios del GC. Además, se crearon únicamente 7 cadenas, ya que al generar más combinaciones no se observó una disminución significativa en los resultados de las búsquedas, sin afectar la cantidad de resultados en el GC.

Tabla 4.1: Listado de palabras extraídas con su respectiva frecuencia total, porcentaje de cubrimiento y peso.

Palabra	Frecuencia total	Porcentaje de cubrimiento	Peso
elderly	501	100	1
usability	474	100	0.97
older	387	100	0.89
adults	254	100	0.75
user	215	100	0.71
mobile	202	100	0.70
ehealth	297	80	0.70
barriers	147	100	0.65
applications	125	100	0.62
app	91	100	0.59
apps	88	100	0.59
aging	78	100	0.58
application	76	100	0.58
computer	71	100	0.57
issues	62	100	0.56
devices	60	100	0.56
problems	50	100	0.55
human	39	100	0.54
interaction	36	100	0.54
senior	35	100	0.53
limitations	33	100	0.53
experience	30	100	0.53
smartphone	26	100	0.53
challenges	101	80	0.50
barrier	27	80	0.43
adult	18	80	0.42
smartphones	15	80	0.41
experiences	13	80	0.41
characteristics	6	80	0.41
seniors	18	60	0.32
problem	8	60	0.31
hci	5	60	0.30

$$\text{Porcentaje de cubrimiento} = \frac{(\text{frecuencia de aparición}) \cdot 100}{n} \quad (4.1)$$

Donde:

- Frecuencia de aparición representa la cantidad de estudios dentro del GC que contiene la palabra
- n es la cantidad total de estudios en el GC.

$$\text{Peso} = \frac{\left(\frac{\text{Porcentaje de cubrimiento}}{\text{Cobertura máxima}}\right) + \left(\frac{\text{Frecuencia de la palabra}}{\text{Frecuencia máxima}}\right)}{2} \quad (4.2)$$

Donde:

- **Cobertura máxima:** Es la máxima cobertura posible, correspondiente a 100 %.
- **Frecuencia de la palabra:** La cantidad de veces que aparece la palabra en todos los estudios del GC.
- **Frecuencia máxima:** La frecuencia más alta, en este caso resultó ser 501.

4.3. Criterios de Inclusión y Exclusión

Los criterios de selección definidos fueron los siguientes:

- **Criterios de Inclusión.** El estudio debe: (i) Estar escrito en inglés; AND (ii) Considerar al adulto mayor con un rango de edad mayor o igual a 60 años; AND (iii) Reportar cómo la usabilidad de aplicaciones móviles se ve influenciada por las barreras, limitaciones o características propias de este grupo etario o reportar qué características propias del adulto mayor afectan el uso de este tipo de aplicaciones.
- **Criterios de Exclusión.** El estudio: (i) No es un estudio secundario; OR (ii) No considera al adulto mayor como población de estudio; OR (iii) No reporta cómo la usabilidad de aplicaciones móviles se ve influenciada por las barreras, limitaciones o características propias de este grupo etario o no reporta qué características propias del adulto mayor afectan el uso de aplicaciones móviles.

4.4. Proceso de Selección de Estudios

Una vez identificadas las palabras clave, se procedió a construir las cadenas de búsqueda. Para ello, se comenzó identificando los componentes principales que formarían las cadenas. Estos componentes fueron los siguientes: (i) Características, (ii) adulto mayor, (iii) usabilidad, (iv) aplicaciones móviles y (v) revisiones sistemáticas de literatura. Para los cuatro primeros componentes, los términos a utilizar fueron identificados con los resultados del GC. Es importante mencionar que para el último componente, correspondiente a revisiones sistemáticas de literatura, se extrajo del estudio de Napoleão *et al.* [2021] y formó parte de todas las cadenas de búsqueda probadas. También, se le añadió al componente de Napoleão *et al.* [2021] el término “Scoping Review”, porque se ha identificado en la literatura que recientemente se está utilizando este término para estudios que realizan revisiones sistemáticas de literatura. De esta manera, se aseguro que el rango de búsqueda incluyera la totalidad de los estudios del GC, ya que uno de estos estudios corresponde a un “Scoping Review”. Se utilizó el operador lógico AND para unir cada componente principal y el operador lógico OR para incluir sinónimos de cada componente principal. Considerando lo anterior, se crearon y probaron 7 cadenas con diferentes combinaciones. En la Tabla 4.2 se presentan para cada cadena un identificador (ID), la cantidad de estudios que arroja la búsqueda en base Scopus, los términos utilizados de la cadena, la cantidad de estudios del GC encontrados, X ratio, Y ratio y media. Además, se observa que mayormente todas las cadenas encontraron los cinco estudios del GC, excepto una. Para realizar la selección de cadena más adecuada, se utilizó un método adicional. Este método implica calcular las proporciones X, Y y la media entre estas dos. Las ecuaciones para calcular cada una de estas variables son: 4.3, 4.4 y 4.5.

$$X_{\text{ratio}} = \frac{\text{Número de artículos encontrados del GC}}{\text{Total de artículos del GC}} \quad (4.3)$$

$$Y_{\text{ratio}} = \frac{\text{Número de artículos encontrados del GC}}{\text{Total de artículos encontrados por cadena de búsqueda}} \quad (4.4)$$

$$\text{Media} = \frac{X_{\text{ratio}} + Y_{\text{ratio}}}{2} \quad (4.5)$$

Tabla 4.2: Cadenas de búsqueda probadas.

ID	Estudios	Cadena	GC	X_{ratio}	Y_{ratio}	Media
1	230	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges OR barrier OR characteristics) AND (elderly OR older OR “older adults” OR aging OR senior OR “older adult”) AND (usability OR “human-computer interaction” OR “user experience” OR “user experiences”) AND (mobile OR ehealth OR “mobile applications” OR “mobile application” OR “mobile devices” OR apps OR app OR smartphone OR smartphones) AND (“systematic review” OR “literature review” OR “systematic mapping” OR “mapping study” OR meta-analysis OR survey OR “literature analysis” OR “scoping review”)	5	1	0,022	0,511
2	206	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges OR barrier) AND (elderly OR older OR “older adults” OR aging OR senior) AND (usability OR “human-computer interaction” OR “user experience”) AND (mobile OR ehealth OR “mobile applications” OR “mobile devices” OR apps OR smartphones) AND (“systematic review” OR “literature review” OR “systematic mapping” OR “mapping study” OR meta-analysis OR survey OR “literature analysis” OR “scoping review”)	5	1	0,024	0,512

Tabla 4.2 (continuación)

ID	Estudios	Cadena	GC	X_{ratio}	Y_{ratio}	Media
3	122	(barriers OR problems OR issues OR limitations) AND (elderly OR older OR “older adults” OR aging) AND (usability OR “human-computer interaction”) AND (mobile OR ehealth OR “mobile applications” OR “mobile devices” OR apps) AND (“systematic review” OR “literature review” OR “systematic mapping” OR “mapping study” OR meta-analysis OR survey OR “literature analysis” OR “scoping review”)	4	0.8	0,033	0,416
4	174	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges OR barrier) AND (elderly OR older OR “older adults” OR aging OR senior) AND (usability OR “human computer interaction” OR “user experience”) AND (“mobile applications” OR ehealth OR “mobile devices” OR apps OR smartphones) AND (“systematic review” OR “literature review” OR “systematic mapping” OR “mapping study” OR meta-analysis OR survey OR “literature analysis” OR “scoping review”)	5	1	0,029	0,514

Tabla 4.2 (continuación)

ID	Estudios	Cadena	GC	X_{ratio}	Y_{ratio}	Media
5	153	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges OR barrier) AND (elderly OR older OR “older adults” OR aging OR senior) AND (usability) AND (mobile OR ehealth OR “mobile applications” OR “mobile devices” OR apps OR smartphones) AND (“systematic review” OR “literature review” OR “systematic mapping” OR “mapping study” OR meta-analysis OR survey OR “literature analysis” OR “scoping review”)	5	1	0,033	0,516
6	206	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges) AND (elderly OR older OR “older adults” OR aging OR senior) AND (usability OR “human-computer interaction” OR “user experience”) AND (mobile OR ehealth OR “mobile application” OR “mobile devices” OR apps OR app OR “mobile application” OR smartphone) AND (“systematic review” OR “literature review” OR “systematic mapping” OR “mapping study” OR meta-analysis OR survey OR “literature analysis” OR “scoping review”)	5	1	0,024	0,512

Tabla 4.2 (continuación)

ID	Estudios	Cadena	GC	X_{ratio}	Y_{ratio}	Media
7	165	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges) AND (elderly OR older OR “older adults” OR aging OR senior) AND (usability OR “human-computer interaction”) AND (mobile OR ehealth OR “mobile applications” OR app OR apps) AND (“systematic review” OR “literature review” OR “systematic mapping” OR “mapping study” OR meta-analysis OR survey OR “literature analysis” OR “scoping review”)	5	1	0,030	0,515

La cadena con ID 5 fue la seleccionada para realizar esta búsqueda, porque obtenía la menor cantidad de estudios y encontraba todos los estudios del GC. Por lo tanto, era la que mayor proporción de media tenía. Una vez seleccionada la cadena de búsqueda, se comenzó el proceso de búsqueda de estudios en tres bases de datos: Scopus, Web of Science (WoS) e IEEE Xplore. En Scopus el campo de búsqueda que utilizamos fue “Title-Abs-Key”. Para Web of Science, utilizamos como campo de búsqueda “Topic Search”, mientras que para IEEE Xplore utilizamos el campo de búsqueda “Abstract”. En total se encontraron 369 estudios. Luego de excluir estudios duplicados, la cantidad disminuyó a 297. Seguido de esto, se realizó una selección de estudios aplicando los criterios de inclusión y exclusión al título y resumen en cada estudio no duplicado, disminuyendo la cantidad en 14 estudios preseleccionados. Finalmente, se aplicaron a cada estudio preseleccionado los criterios de inclusión y exclusión, reduciendo la cantidad a 8 estudios seleccionados. La Tabla 4.3 y la Figura 4.1 muestran el proceso de selección de estudios. En el Apéndice B, se encuentra la información completa de los estudios secundarios. Se puede observar en la Tabla 4.3 como todos los estudios seleccionados están en Scopus.

Tabla 4.3: Cantidad de estudios en cada etapa por base de datos.

Base de Datos	Encontrados	Sin duplicados	Preseleccionados	Seleccionados
Scopus	154	154	14	8
WoS	210	141	0	0
IEEE Xplore	5	2	0	0
Total	369	297	14	8

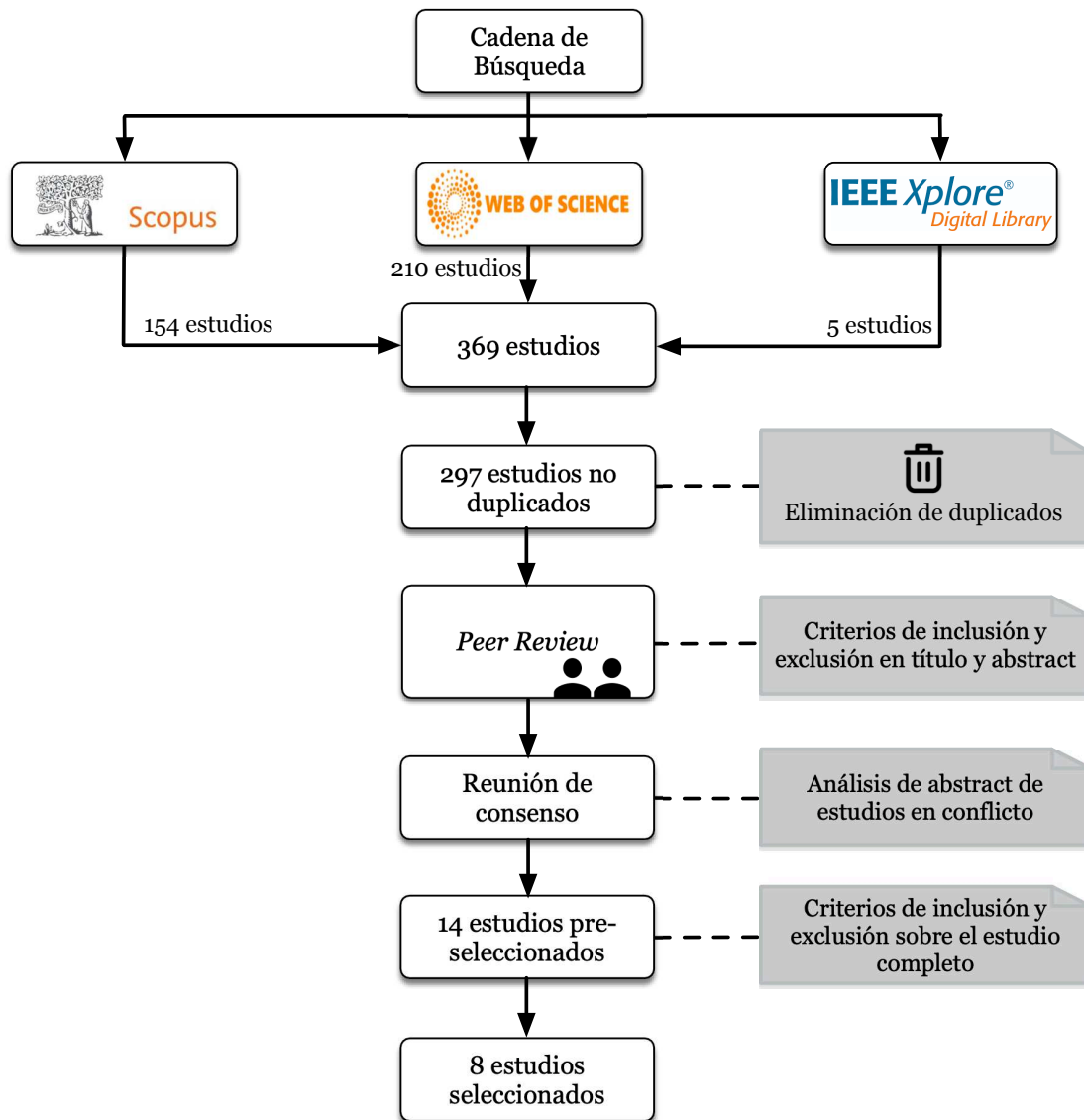


Figura 4.1: Proceso de selección de estudios (autoría propia).

Capítulo 5

Resultados

En este capítulo, se exponen los resultados obtenidos del análisis de los estudios secundarios [ES] identificados durante la realización del presente trabajo. Estos resultados demuestran una visión clara de las características y problemas que enfrentan los adultos mayores con la interacción de aplicaciones móviles. Así mismo, se identificaron los trabajos futuros asociados con la usabilidad desde la perspectiva de los usuarios pertenecientes a este grupo etario.

5.1. Síntesis de la Información Extraída

En el análisis de los ocho ES, se pudo identificar siete categorías relacionadas con las características del adulto mayor que pueden impactar o influir en la usabilidad de las aplicaciones móviles: (i) Limitación psicomotora, (ii) limitación cognitiva, (iii) limitación visual, (iv) limitación auditiva, (v) limitación motivacional, (vi) limitación psicosocial y (vii) limitación económica.

En la Figura 5.1, se sintetiza la información obtenida de los ES identificados en este ET, el cual se divide en dos áreas que muestran una visión global de los resultados. En el lado izquierdo de la Figura hay dos gráficos de dispersión XY con burbujas, las cuales representan las intersecciones del conjunto tipo-año de publicación y tipo de publicación-categoría del estudio. El tamaño de las burbujas representa la cantidad de ES clasificado en cada conjunto. Por otra parte, en el lado superior derecho de la Figura 5.1, se observa un gran número de publicaciones para el año 2021, disminuyendo su cantidad en los años 2022 y 2023. Posteriormente, vuelve a subir para el año 2024.

En la Tabla 5.1, se muestra el año, metodología, periodo de búsqueda y base de datos de indexación utilizadas para cada estudio secundario. Se puede observar como la base de datos ACM Digital Library es la más utilizada, donde seis estudios estaban publicados.

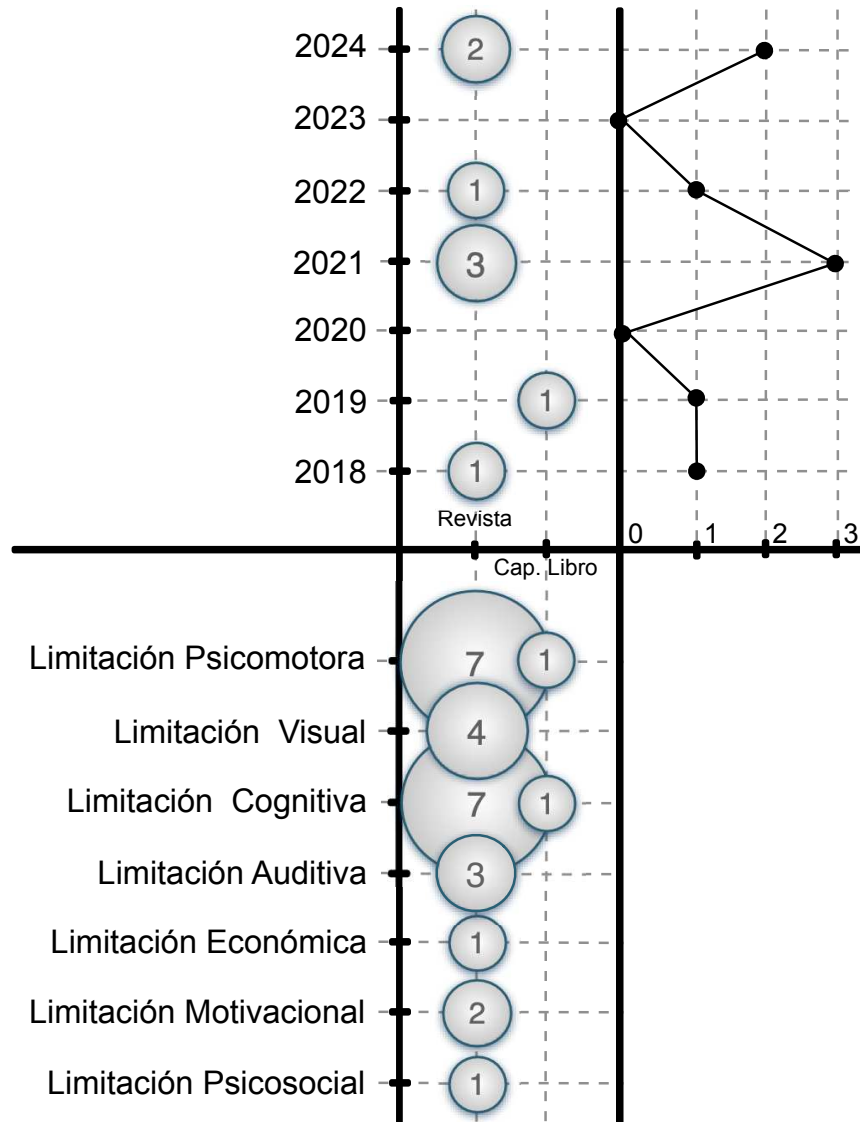


Figura 5.1: Gráfico de burbuja que muestra los estudios según las categorías de características, incluidos el tipo y año de publicación (autoría propia).

Tabla 5.1: Información estudios secundarios.

ID	Año	Metodología utilizada	Periodo de búsqueda	Bases de datos
[ES1]	2019	Systematic Literature Review (SLR)	2013 - 2019	IEEE Xplore Scopus ProQuest Computing ACM Digital Library
[ES2]	2024	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)	2012 - 2022	ACM Digital Library Google scholar
[ES3]	2024	Estudio de caso exploratorio complementado con un SLR	2012 - 2022	ACM Digital Library Cochrane Library IEEE Xplore Medline
[ES4]	2021	SLR	No indicado.	IEEE Xplore ACM Digital Library Springer Link Science Direct Google scholar
[ES5]	2022	Scoping Review	No indicado.	ACM Digital Library IEEE Xplore - Scopus - Ageline - CINAHL Embase Medline PsychINFO Proquest
[ES6]	2021	PRISMA	2014 - 2020	Scopus Science Direct ACM Digital Library JMIR IEEE Xplore
[ES7]	2021	Literature Review	2010 - 2020	PubMed Scopus
[ES8]	2018	Scoping Review	No indicado.	PubMed Embase Science Direct Web of Science

5.2. Características del Adulto Mayor que Pueden Impactar la Usabilidad en las Aplicaciones Móviles

Con relación a PI1: ¿Cuáles son las características que tiene el adulto mayor que pueden influir o impactar en la usabilidad de las aplicaciones móviles?, según el análisis de los ocho ES, se identificaron siete categorías de características, las cuales corresponden a: (i) Limitación psicomotora, (ii) limitación cognitiva, (iii) limitación visual, (iv) limitación auditiva, (v) limitación motivacional, (vi) limitación psicosocial y (vii) limitación económica. En adelante, se detallarán las características que comprenden cada una de estas categorías.

5.2.1. Limitación Psicomotora

En esta sección, se presenta la categoría limitación psicomotora. Las características que se identificaron fueron las siguientes:

- **Aumento del tiempo necesario para completar tareas durante el uso del teléfono inteligente.** En los trabajos de [Elguera y Zapata, 2019] y [Kurniawan *et al.*, 2021] se señalan que existe un regla general en la cual los adultos mayores requieren entre un 50 % a 100 % más de tiempo para completar una tarea mientras utilizan teléfonos inteligentes a comparación de personas menores a 30 años. Según [Awan *et al.*, 2021] este tiempo puede deberse por leer la información en una pantalla pequeña, como es el caso de los teléfonos móviles.
- **Reducción de habilidades motoras.** Según [Kurniawan *et al.*, 2021] se menciona que la reducción de habilidades motoras supone un desafío para los adultos mayores al momento de utilizar teléfonos inteligentes y puede hacer mas complejo interactuar con botones pequeños en una interfaz.
- **Movimientos y reflejos más lentos.** En el trabajo de [Ramdowar *et al.*, 2023] se menciona que esta condición puede afectar al tiempo de aprendizaje, la velocidad de ejecución e incluso la tasa de fallos. Además en [Ramdowar *et al.*, 2023], se indica que los adultos mayores prefieren que todos los iconos se encuentren en una sola pantalla para que no existe la necesidad de desplazarse.

- **Artritis reumatoide.** En los estudios de [Ramdowar *et al.*, 2023] y [Wildenbos *et al.*, 2018] se mencionan que la artritis reumatoide puede provocar incomodidad al sostener un dispositivo. Según [Wildenbos *et al.*, 2018] esto puede limitar la utilidad y usabilidad.
- **Músculos y articulaciones más tensas y disminución del equilibrio.** En el trabajo de [Ramdowar *et al.*, 2023] se indica que los adultos mayores que presentan esta característica, tienen problemas cuando se desplazan sobre una interfaz e incluso les afecta la velocidad de ejecución.
- **Dificultad para introducir datos con el dedo.** El estudio de [Sinabell y Ammenwerth, 2022] indica que esta característica se refiere a los problemas que tiene el adulto mayor con la inserción de datos mediante el dedo.
- **Manos temblorosas.** En [Chalghoumi *et al.*, 2022] se reporta que durante el uso de tecnología, los adultos mayores padecen temblores en las manos. En el trabajo de [Wildenbos *et al.*, 2018] esta característica se menciona junto con otras como movimiento y reflejos lentos.
- **Pérdida de la masa muscular y aumento de la variabilidad de los movimientos motores fino.** En el estudio de [Kurniawan *et al.*, 2021] donde se menciona ambas características juntas. La disminución en la actividad psicomotora se puede medir en la pérdida de la masa muscular y el aumento de la variabilidad de los movimientos motores finos.
- **Disminución de la fuerza de agarre.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] se menciona que esta característica puede ocasionar dificultad en la navegación de menú si se sostiene un teléfono inteligente con una sola mano.
- **Disminución de la coordinación mano-ojo.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] se menciona que esta característica ocasiona que al momento de utilizar gestos para mover objetos o hacer zoom provoque dificultad en los adultos mayores porque no pueden coordinar los dedos.
- **Menor control preciso del movimiento.** En el estudio de [Kurniawan *et al.*, 2021] se menciona que esta característica puede ocasionar problemas al interactuar con botones mal posicionados.

- **Disminución en la retención en movimiento de la mano.** El estudio de [Kurniawan *et al.*, 2021] menciona que puede ocasionar problemas al adulto mayor cuando se interactúa con una scrollbar ubicada en la parte superior o derecha.

5.2.2. Limitación Cognitiva

En esta sección, se presenta la categoría limitación cognitiva. Las características que se identificaron fueron las siguientes:

- **Capacidad de memoria disminuida.** El estudio de [Elguera y Zapata, 2019] menciona que la capacidad de la memoria se disminuye considerablemente con la edad, lo que impacta en la capacidad de recordar alguna acción planeada. Por otra parte, [Kurniawan *et al.*, 2021] señala que los adultos mayores suelen olvidar acciones que ellos desean realizar
- **Dificultad para recordar acciones e información.** En [Sinabell y Ammenwerth, 2022] se señala que mientras se utilizan aplicaciones, los adultos mayores pueden olvidar de manera recurrente pasos o acciones que se requieren en el momento, como puede ser funciones dentro de una aplicación [Chalghoumi *et al.*, 2022]. Por otra parte, también tienen dificultades para recordar tareas que se necesitan completar en el futuro [Kurniawan *et al.*, 2021]. Además, el adulto mayor tiene dificultades para recordar contraseñas o información nueva [Ramdowar *et al.*, 2023]
- **Disminución de la capacidad de trabajo y concentración.** Los trabajos de [Ramdowar *et al.*, 2023] [Wildenbos *et al.*, 2018] señalan que estas características se relacionan con personas mayores que tienen una menor capacidad de procesar información en un determinado periodo de tiempo y se encuentra relacionado con la disminución en la capacidad de concentración, las cuales van a impactar negativamente en la utilización de aplicaciones móviles.
- **Requerir más tiempo para completar una tarea.** El estudio de [Ramdowar *et al.*, 2023] menciona que esta característica se comparte en la categoría de la limitación física, debido a que algunos autores la catalogan como una barrera cognitiva. No solamente requiere más tiempo sino que también son mucho más desafiantes para completarlas efectivamente.

- **Dificultades con grandes cantidades de información.** En [Ramdowar *et al.*, 2023] se menciona que los adultos mayores se sienten abrumados o agobiante por demasiada cantidad de información.
- **Falta de experiencia y de conocimientos de términos.** En [Ramdowar *et al.*, 2023] se menciona que los adultos mayores carecen de experiencia y del entendimiento de terminologías o de palabras de jerga utilizados por generaciones más jóvenes. Por lo que se sugiere construir un lenguaje familiar y tener un significado directo.
- **Confusión.** En [Awan *et al.*, 2021] se menciona que esta relacionado con la falta de conocimiento de términos, los adultos mayores pueden confundirse por la utilización de términos pocos familiares, ya que el procesamiento de estos términos desconocidos requiere que la mente tenga más información que procesar.
- **Dificultades para aprender nuevas habilidades.** Los trabajos de [Ramdowar *et al.*, 2023], [Kurniawan *et al.*, 2021] y [Wildenbos *et al.*, 2018] indican que los adultos mayores necesitan dedicar más tiempo y esfuerzo para aprender nuevas habilidades.
- **Disminución del razonamiento, fluidez semántica y cognición espacial.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] se menciona que la disminución del razonamiento puede provocar complejidad en el entendimiento de gráficos o el difícil reconocimiento de íconos. En relación a la fluidez semántica esto puede generar problemas en el entendimiento de términos. La cognición espacial puede generar desorientación al interactuar con menús en movimiento y efectos de transición.
- **Disminución de la función cognitiva.** En [Aranha *et al.*, 2021] se menciona que al disminuir la función cognitiva incrementará el esfuerzo necesario para aprender nuevas habilidades, como por ejemplo operar nuevas tecnologías.
- **Disminución de la velocidad de procesamiento.** En [Aranha *et al.*, 2021] los autores se refieren a la disminución de la velocidad de procesamiento de la información, la cual obliga a los adultos mayores a confiar en un enfoque basado en la teoría para la toma de decisiones.

5.2.3. Limitación Visual

En esta sección, se presenta la categoría limitación visual. Las características que se identificaron fueron las siguientes:

- **Disminución capacidad visual.** En [Elguera y Zapata, 2019] se menciona que los adultos mayores presentan una peor visión que las personas jóvenes. Además, en [Ramdowar *et al.*, 2023] alrededor del 15,8 % de los adultos mayores entre 65 y 74 años poseen problemas de visión que afectan a su vida cotidiana.
- **Problemas de luminosidad.** En [Elguera y Zapata, 2019] se indica que el ojo de los adultos mayores presentan una acomodación más lenta entre espacios y claros. Así mismo, tienen una reacción más lenta durante los cambios rápidos de luminosidad. También, los trabajos de [Ramdowar *et al.*, 2023] y [Wildenbos *et al.*, 2018] se mencionan que para ver con mayor claridad, los adultos mayores necesitan luces adicionales. Por otra parte, en [Ramdowar *et al.*, 2023] se menciona que es necesario configurar una pantalla con una adecuada luminosidad.
- **Disminución capacidad de enfoque.** En [Elguera y Zapata, 2019] se indica que el adulto mayor no tiene la capacidad de cambiar rápidamente de enfoque. Además, en [Ramdowar *et al.*, 2023] se indica que la capacidad de enfocar objetos de cerca y de lejos disminuyen con la edad.
- **Reducción de la sensibilidad al contraste.** En [Ramdowar *et al.*, 2023] se menciona que los adultos mayores presentan sensibilidad al contraste, los cuales pueden afectar a la combinación de colores y la lectura de textos sobre fondos de colores. También, en [Kurniawan *et al.*, 2021] se menciona que es difícil distinguir entre contraste, especialmente en configuraciones con baja luz.
- **Degeneración macular y lentes bifocales.** Los estudios de [Ramdowar *et al.*, 2023] y [Awan *et al.*, 2021] indican que la degeneración macular se considera una condición de la vista. En [Ramdowar *et al.*, 2023] se menciona que esta característica se refiere a un tipo de pérdida de visión causada por daños en la retina, en donde aparece una sombra en el centro del campo de visión y el deterioro de la visión suele estar asociado con la utilización de lentes bifocales.
- **Cansancio ocular.** En [Ramdowar *et al.*, 2023] se menciona que Los adultos mayores se les dificulta utilizar las pantallas de los teléfonos inteligentes debido

al cansancio ocular.

- **Escasa visibilidad de lectura.** En [Awan *et al.*, 2021] se señala que los adultos mayores tienen problemas para leer la información en pantallas pequeñas de teléfonos móviles. Esto se relaciona con la característica de aumento de tiempo necesario para realizar una tarea, ya que esto es influenciado por los problemas de lectura.
- **Disminución de la agudeza visual.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] se indica que los adultos mayores presentan una menor agudeza visual, la cual se utiliza para describir la claridad o nitidez de la visión y que puede determinarse en distintas condiciones de iluminación ambiental. Esto puede afectar en la identificación de elementos visuales como imágenes, gráficos, texto, iconos, botones.
- **Disminución visión de color** En [Kurniawan *et al.*, 2021] se menciona que el adulto mayor presenta una disminución en la visión de color y esto genera problemas para distinguir entre colores, especialmente los colores violeta, azul y verdes.
- **Disminución en la adaptación de la oscuridad.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] se indica que los adultos mayores tienen una menor adaptación de la oscuridad. En este sentido, los adultos mayores necesitan más luz para ver claramente
- **Disminución en la función visual.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] mencionan que esta característica se refiere a la disminución en la habilidad de ver objetos detalladamente, como por ejemplo distinguir colores.

5.2.4. Limitación Auditiva

En esta sección, se presenta la categoría limitación auditiva. Las características que se identificaron fueron las siguientes:

- **Capacidad auditiva deteriorada.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] se indica que los adultos mayores es más desafiante distinguir señales acústicas de corta duración y también para comprender una retroalimentación imprecisa. En el trabajo de [Wildenbos *et al.*, 2018] se menciona que normalmente, los adultos mayores que presentan dificultades auditivas de moderada a grave, muestran un menor uso de internet. Por otra parte, en [Kurniawan *et al.*, 2021] en indica que los adultos

mayores tienen un menor rendimiento en el uso de una aplicación a comparación de personas sin estas condiciones.

- **Aumento de la probabilidad de sordera.** En los trabajos de [Ramdowar *et al.*, 2023] y [Kurniawan *et al.*, 2021] se indica que los adultos mayores tienen más probabilidad de padecer sordera o audición deficiente.

5.2.5. Limitación Motivacional

En esta sección, se presenta la categoría limitación motivacional. Las características que se identificaron fueron las siguientes:

- **Deseo de no seguir utilizando una aplicación.** Los trabajos de [Kurniawan *et al.*, 2021] y [Wildenbos *et al.*, 2018] mencionan que los adultos mayores pueden dejar de seguir utilizando una aplicación en concreto si los beneficios no están claros o son insignificantes. Esto puede causar frustración y deseo de no seguir utilizando una aplicación.
- **Confianza en la propia habilidad.** En [Wildenbos *et al.*, 2018] se menciona que los adultos mayores tienden a tener baja confianza en su propia habilidad con el uso de teléfonos móviles, ya que tienen miedo de experimentar con un estos dispositivos, porque temen romper algo.

5.2.6. Limitación Psicosocial

En esta sección, se presenta la categoría limitación psicosocial. Las características que se identificaron fueron las siguientes:

- **Objetivos de estilo de vida distintos.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] los autores declaran que los adultos mayores pueden enfrentarse a aplicaciones que son incompatibles con los objetivos de sus estilo de vida.
- **Experiencia con tecnología previa.** en [Kurniawan *et al.*, 2021] se menciona que los adultos mayores con la experiencia obtenida con la utilización de dispositivos similares, pueden provocar dudas o desconocimiento de los posibles usos cuando utilizan aplicaciones móviles.

- **Adopción lenta de tecnología.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] se indica que al momento de adoptar nuevas tecnologías, los adultos mayores suelen ser mas conservadores, escépticos, precavidos, tradicionales y desconfiados ante la innovación. Además, se muestran menos dispuestos a utilizar tecnología que consideran menos útil y más difícil de usar.

5.2.7. Limitación Económica

Solamente, se identificó una única característica para esta categoría la cual corresponde a que los adultos mayores les preocupa más los costes de los dispositivos y conexiones a internet. Esto puede provocar que no utilicen ciertos dispositivos si sus costos sobrepasan a lo permitidos por ellos [Awan *et al.*, 2021]. En la Tabla 5.2 se resume cada característica identificada por categoría y se indica el estudio secundario donde aparece.

Tabla 5.2: Características identificadas por categoría.

Categoría	Característica identificada	Estudio secundarios
Psicomotora	Aumento del tiempo necesario para completar tareas durante el uso del teléfono inteligente	[ES1] [ES4] [ES6]
	Reducción de las habilidades motoras	[ES2] [ES6]
	Movimientos y reflejos más lentos	[ES2] [ES5] [ES8]
	Artritis reumatoide	[ES2] [ES8]
	Músculos y articulaciones más tensas y disminución del equilibrio	[ES2]
	Dificultades para introducir datos con el dedo	[ES3]
	Manos temblorosas	[ES5] [ES8]
	Pérdida de la masa muscular y Aumento de la variabilidad de los movimientos motores finos	[ES6]
	Disminución en la fuerza de agarre	[ES6]
	Disminución de la coordinación mano-ojo	[ES6] [ES7]
	Menor control preciso del movimiento	[ES6]
	Disminución en la retención en movimiento de la mano	[ES6]

Tabla 5.2 (continuación)

Categoría	Característica identificada	Estudio secundarios
Cognitiva	Capacidad de memoria disminuida	[ES1] [ES6]
	Dificultad para recordar acciones e información	[ES2] [ES3] [ES5] [ES6]
	Disminución capacidad de trabajo y concentración	[ES2] [ES8]
	Requerir más tiempo para completar una tarea	[ES2]
	Dificultades con grandes cantidades de información	[ES2]
	Falta de experiencia y de conocimientos de términos	[ES2]
	Confusión	[ES4]
	Dificultades para aprender nuevas habilidades	[ES2] [ES6] [ES8]
	Disminución del razonamiento, fluidez semántica y cognición espacial	[ES6]
	Disminución en la función cognitiva	[ES7]
	Disminución velocidad de procesamiento	[ES7]
Visual	Disminución capacidad visual	[ES1] [ES2]
	Problemas de luminosidad	[ES1] [ES2] [ES8]
	Disminución capacidad de enfoque	[ES1] [ES2]
	Reducción sensibilidad al contraste	[ES2] [ES6]
	Degeneración macular y lentes bifocales	[ES2] [ES8]
	Cansancio ocular	[ES2]
	Escasa visibilidad de lectura	[ES4]
	Disminución agudeza visual	[ES6]
	Disminución visión de color	[ES6]
	Disminución en la adaptación de la oscuridad	[ES6]
	Disminución de la función visual	[ES6]
Auditiva	Capacidad auditiva deteriorada	[ES2] [ES6] [ES8]
	Aumento de la probabilidad de sordera	[ES2] [ES8]
Motivacional	Frustración y Deseo de no seguir utilizando apps debido al no identificar el beneficio de usarla	[ES6] [ES8]
	Confianza en la propia habilidad	[ES8]

Tabla 5.2 (continuación)

Categoría	Característica identificada	Estudio secundarios
Psicosocial	Objetivos de estilo de vida distintos	[ES6]
	Experiencia con tecnología previa	[ES6]
	Adopción lenta de tecnología	[ES6]
Económica	Los adultos mayores les preocupa más los costes de los dispositivos y conexiones a internet	[ES4]

5.3. Problemas del Adulto Mayor con el uso de Aplicaciones Móviles

En relación a PI2: ¿Cuáles son los problemas que enfrentan los adultos mayores al utilizar aplicaciones móviles a causa de sus características?, se identificaron los siguientes problemas:

5.3.1. Problemas Debido a Limitación Psicomotora

En esta sección, se presentan los problemas que enfrenta el adulto al interactuar con aplicaciones móviles y que están ligados a la categoría limitación psicomotora.

- **Zonas pulsables.** El estudio de [Elguera y Zapata, 2019] menciona que los adultos mayores no pueden identificar zonas pulsables en pantallas táctiles. También, suelen presionar botones erróneos en un teclado virtual . Por otra parte, en los trabajos de [Kurniawan *et al.*, 2021] [Ramdowar *et al.*, 2023] [Wildenbos *et al.*, 2018] se menciona que existen problemas cuando el adulto mayor interactúa con botones muy pequeños.
- **Utilización de gestos.** Existen problemas al utilizar gestos como mover, soltar un objeto, acercar la vista o alejarla de un objeto [Kurniawan *et al.*, 2021].
- **Sostener dispositivo móvil.** Se menciona que el adulto mayor tiene problemas para sostener un teléfono móvil mientras utiliza una única mano. Esto puede dejar una mala sensación [Ramdowar *et al.*, 2023] [Wildenbos *et al.*, 2018].

- **Introducir texto.** Se menciona que los adultos mayores tienen problemas al introducir texto, teniendo una baja velocidad para escribir y baja precisión [Awan *et al.*, 2021].

5.3.2. Problemas Debido a Limitación Cognitiva

En esta sección, se presentan los problemas que enfrenta el adulto al interactuar con aplicaciones móviles y que están ligados a la categoría limitación cognitiva.

- **Términos ambiguos.** El adulto mayor en algunas ocasiones debe tratar con términos desconocidos para él y que son difícil de entender por él [Elguera y Zapata, 2019].
- **Instrucciones no claras.** Cuando el adulto mayor interactúa con aplicaciones móviles, puede encontrar instrucciones poco claras que los ayude a como proceder o seguir usando una función en concreto o simplemente no existe esa instrucción [Elguera y Zapata, 2019].
- **Contenido en exceso.** Se menciona que en algunas ocasiones el adulto mayor encuentra demasiados contenidos, lo cual requiere utilizar mucha más memoria [Elguera y Zapata, 2019]. También, el exceso de información se percibe como abrumadora [Ramdowar *et al.*, 2023].
- **Aplicaciones poco intuitivas.** Se menciona las aplicaciones deben ser intuitivas porque son mejores aceptadas y requiere un menor esfuerzo mental [Aranha *et al.*, 2021].

5.3.3. Problemas Debido a Limitación Visual

En esta sección, se presentan los problemas que enfrenta el adulto al interactuar con aplicaciones móviles y que están ligados a la categoría limitación visual.

- **Elementos del menú pequeños.** En [Elguera y Zapata, 2019] se menciona que los adultos mayores suelen enfrentarse a elementos pequeños de un menú o interfaces donde deben introducir datos como un teclado. Además, los adultos mayores encuentra objetivos muy pequeños con los que debe interactuar.

- **Espacio suficiente entre líneas y letras.** Los trabajos de [Elguera y Zapata, 2019] [Ramdowar *et al.*, 2023] mencionan que el adulto mayor al visualizar una interfaz gráfica de usuario, se enfrenta a que estas no tienen el suficiente separación entre letras y líneas. Esto puede influir en el rendimiento del adulto mayor con la interacción con una interfaz.
- **Luminosidad y color.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] los adultos mayores se enfrentan a problemas para distinguir colores con una luminosidad baja. Además, este grupo etario necesita de luz adicional para ver con más claridad.

5.3.4. Problemas Debido a Limitación Auditiva

En esta sección, se presentan los problemas que enfrenta el adulto al interactuar con aplicaciones móviles y que están ligados a la categoría limitación auditiva.

- **Sonidos de corta duración y frecuencia.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] se menciona que si se utilizan sonidos de corta duración, los adultos mayores tendrán problemas para poder identificarlos. Además, este grupo etario presentará problemas para escuchar sonidos de baja amplitud y que estén sobre la frecuencia de 2kHz
- **Retroalimentación verbal.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] los adultos mayores tienen problemas para entender retroalimentación verbal imprecisa.

5.3.5. Problemas Debido a Limitación Motivacional

En esta sección, se presentan los problemas que enfrenta el adulto al interactuar con aplicaciones móviles y que están ligados a la categoría limitación motivacional.

- **Beneficios no claro.** Los trabajos de [Kurniawan *et al.*, 2021] [Wildenbos *et al.*, 2018] indican que los adultos mayores suelen bajar sus intenciones de utilización de una aplicación móvil si los beneficios que entrega esta no están claros o son insignificantes.

5.3.6. Problemas Debido a Limitación Psicosocial

En esta sección, se presentan los problemas que enfrenta el adulto al interactuar con aplicaciones móviles y que están ligados a la categoría limitación psicosocial.

- **Menor utilidad o difícil de usar.** En [Kurniawan *et al.*, 2021] se menciona que los adultos mayores suelen estar dentro del grupo de adopción tardía de tecnología. Los adultos mayores usarán menor una tecnología si se considera menos útil para ellos o más difícil de utilizar.

5.3.7. Problemas Debido a Limitación Económica

En esta sección, se presentan los problemas que enfrenta el adulto al interactuar con aplicaciones móviles y que están ligados a la categoría limitación económica.

- **Costos significativos en la utilización de aplicaciones.** En [Awan *et al.*, 2021] se menciona que los adultos mayores al tener más conciencia de sus gastos, estos pueden optar por no utilizar tecnología que sobrepasen su presupuesto.

En la Figura 5.2 se resume todos los problemas por cada categoría y se indican los ES.

5.4. Trabajos Futuros de los Estudios Secundarios

Con relación a PI3: ¿Cuáles son los trabajos futuros que están asociados a la usabilidad desde la perspectiva de los usuarios adultos mayores?, se identificaron los siguientes trabajos futuros:

- **Recomendaciones para Desarrolladores.** Los autores de [Elguera y Zapata, 2019] señalan recomendaciones a partir de guías para desarrollo Android e IOS, orientado a los problemas causados por limitaciones visuales, psicomotoras y cognitivos. Se propone que estas recomendaciones deben considerarse principalmente por desarrolladores cuando crean nuevas aplicaciones móviles. Esto con el fin de crear mejores aplicaciones y que se ajusten a las condiciones de este grupo etario.
- **Investigación en Tecnología Para Mejor Adopción.** [Ramdowar *et al.*, 2023] en su trabajo menciona que existe la necesidad de investigar tecnología que ayude a aumentar la adopción de aplicaciones *mHealth*, ya que una aplicación adaptada la hará mas accesible por este grupo etario. Además, es necesario buscar nuevos métodos interactivos para que aplicaciones *mHealth* sean más usables

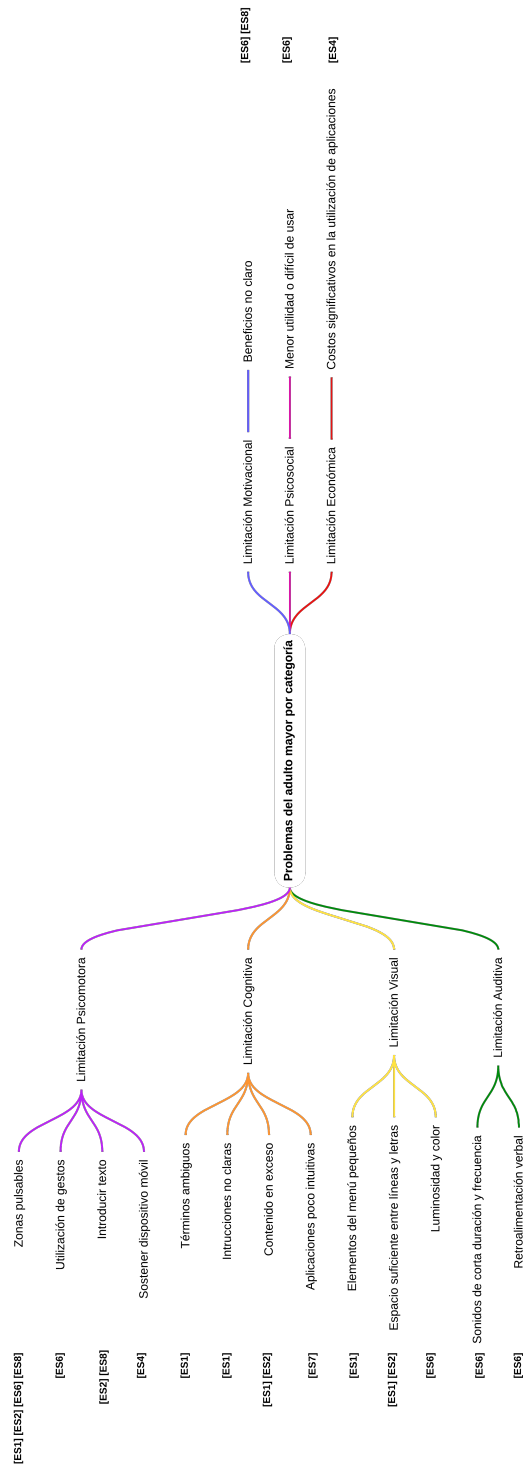


Figura 5.2: Problemas que enfrenta el adulto mayor por categoría (autoría propia).

y atractivos para ellos. También, se recomienda considerar sugerencias de los adultos mayores para diseñar aplicaciones fáciles de usar por este grupo etario, aumentando la satisfacción y adopción de aplicaciones por parte de ellos.

- **Necesidad de modificar técnicas de evaluación de usabilidad.** En el estudio [Sinabell y Ammenwerth, 2022] los autores señalan que las técnicas de evaluación de usabilidad, más específicamente: evaluación conjunta, pruebas de usabilidad cooperativas y pensar en voz alta, no pueden ser utilizadas en sus versiones originales. Debido a esto, estas técnicas necesitan ser modificadas para que sean útiles al evaluar con el adulto mayor. Además, existe la necesidad de explorar y proponer versiones evolucionadas de estos métodos de evaluación [Sinabell y Ammenwerth, 2022]. Además, es relevante explorar como se comportan los adultos mayores durante las evaluaciones [Sinabell y Ammenwerth, 2022].
- **Conocer Obstáculos y Oportunidades.** Es imprescindible examinar obstáculos y las oportunidades para el acceso y el uso de las tecnologías por parte de las personas mayores [Chalghoumi *et al.*, 2022].
- **Correlación de barreras y desinterés de uso.** Se debe dirigir esfuerzos para investigar como las barreras cognitivas, físicas y percepción están relacionadas con el desinterés de los adulto mayores en el uso de *mHealth* [Wildenbos *et al.*, 2018].

En la Figura 5.3 se resumen los trabajos futuros identificados por cada ES.

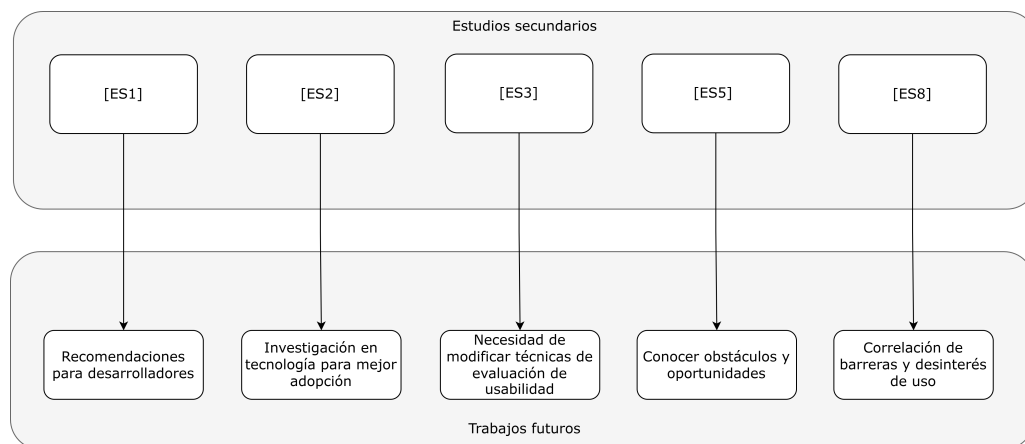


Figura 5.3: Trabajos futuros identificado por estudio secundario (autoría propia).

Capítulo 6

Discusión y Amenazas a la Validez

6.1. Discusión

Como resultado del ET realizado, se identificaron ocho estudios secundarios seleccionados de un total de 369 estudios, identificados dentro del periodo comprendido entre el 2018 y el 2024, con un notable aumento en el año 2021 y una leve disminución en los años siguientes. Los resultados obtenidos en este ET evidencian una diversidad de características del adulto mayor que impactan significativamente la usabilidad de las aplicaciones móviles. Estas características, se agrupan en siete categorías principales: limitaciones psicomotoras, cognitivas, visuales, auditivas, motivacionales, psicosociales y económicas. Cada una de estas limitaciones plantea retos específicos para el diseño y evaluación de aplicaciones. En el caso de las limitaciones psicomotoras, se identificaron que características como la reducción de habilidades motoras, la lentitud en movimientos reflejos, y la dificultad para introducir datos en pantallas táctiles afectan la interacción con interfaces móviles. Las limitaciones cognitivas incluyen la disminución de la memoria, la capacidad de concentración, y la velocidad de procesamiento que dificultan la comprensión de interfaces complejas y el aprendizaje de nuevas funcionalidades. Esto refuerza la importancia de diseñar aplicaciones que minimicen la carga cognitiva mediante interfaces intuitivas y simples.

En cuanto a las limitaciones visuales y auditivas, se identificaron la disminución de la agudeza visual, sensibilidad al contraste, y problemas para distinguir señales acústicas. Por otro lado, las limitaciones motivacionales y psicosociales subrayan la importancia de considerar la percepción de utilidad y la confianza en las propias ha-

bilidades al momento de diseñar aplicaciones móviles para este grupo. La adopción de nuevas tecnologías puede ser limitada si los usuarios no perciben claros beneficios o si existe temor a cometer errores. Finalmente, las limitaciones económicas evidencian que los costos asociados a dispositivos y servicios de internet pueden ser un impedimento para que los adultos mayores accedan a ciertas tecnologías.

En relación a los problemas que enfrenta el adulto mayor con el uso de aplicaciones móviles, se identificó problemas asociados a la limitación psicomotora como la interacción con botones pequeños o introducir textos. En el caso de la limitación cognitiva, se identificó instrucciones no claras para proceder con una función. Por otra parte para la limitación visual, se identificaron problemas de tamaño para elementos de un menú o distinción de color. Para la limitación auditiva, se menciona problemas como sonidos de corta duración o retroalimentación verbal imprecisa. Para la limitación motivacional, se identifico problemas para conocer beneficios con el uso de tecnología. Para la limitación psicosocial, se mencionan problemas al adoptar tecnología, la cual es tardía para este grupo etario. Finalmente para limitación económica, los costos asociados para poder utilizar una aplicación puede hacer que los adulto mayores opten por no usarlas.

Con respecto a los trabajos futuros, los estudios secundarios analizados indican la necesidad de modificar técnicas para evaluar la usabilidad desde la perspectiva del adulto mayor. Esto incluye modificar las técnicas de evaluación, como el método de “pensar en voz alta”, para que se puedan aplicar correctamente con la participación de los adultos mayores. Además, se plantea como prioridad diseñar aplicaciones móviles considerando recomendaciones para evitar los problemas con la interacción de los mismos por este grupo etario.

6.2. Amenazas a la Validez

En este trabajo, se identificaron tres amenazas que podrían afectar a la validez. En primer lugar, solo consideramos tres bases de datos para el proceso de búsqueda, lo que implica que es posible que hayamos dejado de lado estudios relevantes que se encuentran en otras bases de datos, limitando así la cantidad de estudios a analizar.

En segundo lugar, pueden existir errores de análisis cometidos por los autores de los estudios secundarios seleccionados, lo que impactaría en la información extraída en cada uno de estos estudios y en así afectar la consistencia de los resultados.

Finalmente, el vocabulario utilizado en la cadena de búsqueda podría haber limitado la búsqueda de estudios. Sin embargo, para la obtención de esta se recurrió a un grupo de control el cual estaba compuesto de cinco estudio y relevantes al tema de investigación, donde se analizaron el vocabulario y así identificar los términos más comunes para utilizarlos en una cadena de búsqueda.

Capítulo 7

Conclusiones

En este capítulo, se proporcionarán respuestas a cada una de las preguntas de investigación establecidas. Mediante los resultados obtenidos en las investigaciones analizadas, se pretende sintetizar y proporcionar un entendimiento claro de los resultados y su importancia en el contexto de la investigación.

PI1: ¿Cuáles son las características del adulto mayor que influyen o impactan la usabilidad de las aplicaciones móviles? Los adultos presentan variadas características y estas generan problemas al momento de interactuar con la interfaz de una aplicación móvil. Debido a estas características, la usabilidad de las aplicaciones móviles puede verse afectada. Las características que influyen o impactan la usabilidad en aplicaciones móviles fueron agrupadas en siete categorías: (i) Limitación psicomotora, (ii) limitación Cognitiva, (iii) limitación visual, (iv) limitación auditiva, (v) limitación motivacional, (vi) limitación psicosocial y (vii) limitación económica. Las categorías que sobresalen del resto corresponden a las tres primeras mencionadas.

PI2: ¿Cuáles son los problemas que enfrentan los adultos mayores al utilizar aplicaciones móviles a causa de sus características? Los adultos mayores enfrentan diversos problemas al utilizar aplicaciones móviles que están vinculadas a limitaciones psicomotoras, cognitivas, visuales, auditivas, motivacionales, psicosociales y económicas. La interacción con botones pequeños, instrucciones poco claras, dificultades en la distinción de colores o en la audición de sonidos, así como la falta de comprensión sobre los beneficios de la tecnología y los costos asociados, son algunos de los principales problemas identificados

PI3: ¿Cuáles son los trabajos futuros que están asociados a la usabilidad desde la perspectiva de los usuarios adultos mayores? Se identificaron diversas líneas de trabajo que destacan la importancia de considerar las características y necesidades específicas de este grupo etario al desarrollar tecnologías y evaluar su usabilidad. Por ejemplo, se menciona que los desarrolladores deben tomar en cuenta las recomendaciones acerca de como evitar los problemas al interactuar con aplicaciones móviles generados por las características del adulto mayor. También, es necesario conocer identificar los obstáculos y las oportunidades en el acceso y la adopción de tecnología por este grupo etario. Finalmente, existe la potente necesidad de realizar cambios a las técnicas de evaluación de usabilidad, ya que estas no pueden ser aplicadas en su estado original con la participación del adulto mayor, por lo que es imprescindible realizar adaptaciones para que puedan ser aplicadas correctamente con este grupo etario.

Con respecto al cumplimiento de los objetivos específicos del presente trabajo de titulación, a continuación se da la evidencia correspondiente. Con respecto al primer objetivo específico: “Clasificar las características del adulto mayor que pueden impactar el uso de la tecnología por parte del adulto mayor”, se realizó un ET el cual identificó ocho estudios secundarios. Del análisis de estos estudios, se identificaron un conjunto de siete categoría de características. Entre las más comunes se encuentran las limitaciones psicomotora, cognitiva y visual.

En cuanto al segundo objetivo específico: “Identificar los problemas que las características del adulto mayor pueden ocasionar en el uso de tecnología”, se realizó un ET el cual identificó ocho estudios secundarios. Analizando estos estudios, se identificaron un total de 16 problemas asociados a las características identificadas. Algunos de esos problemas son al sostener un dispositivo móvil o dificultades al introducir texto cuando se utiliza una aplicación móvil.

Finalmente con respecto al tercer objetivo específico: “Identificar los trabajos futuros asociados con la usabilidad de las aplicaciones móviles desde la perspectiva del adulto mayor”, a partir del ET realizado, se encontraron cinco trabajos futuros. Uno de los trabajos futuros más relevante es por ejemplo la necesidad de modificar las técnicas de evaluación de usabilidad para que puedan ser aplicadas correctamente con la participación del adulto mayor.

A grandes rasgos, conocer las características del adulto mayor es esencial para poder desarrollar tecnología apropiadas para ellos. Este trabajo de titulación tiene

como futuros trabajos, diseñar aplicaciones móviles con la participación del adulto mayor, tomando en cuenta sus características particulares y considerarlo en las evaluaciones de usabilidad. Además, se deben determinar cuales son las técnicas de diseño y de evaluación de usabilidad más apropiadas para utilizarlas con el adulto mayor, considerando las características resultantes de este trabajo. Asimismo, adaptar aquellas técnicas de evaluación de usabilidad que no se puedan aplicar en su versión original con la participación del adulto mayor.

Apéndice A

En el Apéndice A, se incluye la publicación derivada de este trabajo, titulada: “Identification of Older Adults’ Characteristics that Affect the Usability of Mobile Applications: A Tertiary Study”, enviada para la Conferencia internacional de interacción persona-computador (HCII) 2025. Este artículo presenta una síntesis de los resultados más relevantes de la investigación en torno a las características del adulto mayor que pueda impactar en la usabilidad de las aplicaciones móviles.

Identification of Older Adults' Characteristics that Affect the Usability of Mobile Applications: A Tertiary Study

John W. Castro¹[\[0000-0002-7938-7564\]](#), Agustín I. Astudillo², and Luis Rojas³

¹ Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación, Universidad de Atacama, Copiapó, Chile y Centro Interuniversitario de Envejecimiento Saludable (CIES)

² Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación, Universidad de Atacama, Copiapó, Chile

³ Facultad de Ingeniería, Universidad San Sebastián, Bellavista 7, Santiago, 8420524, Chile
john.castro@uda.cl, agustin.astudillo.17@alumnos.uda.cl,
luis.rojasp@uss.cl

Abstract. Considering the growth of the older adult population and technological advancements, this age group faces challenges when interacting with mobile applications, as these applications often fail to consider age-specific characteristics during their design. Some primary studies identify older adults' characteristics that may affect the usability of mobile applications, as well as secondary studies. However, to the best of our knowledge, no tertiary study has conducted a global analysis to identify age-related characteristics that may impact the usability of mobile applications. For this reason, our tertiary study aims to determine the characteristics of older adults that can influence the usability of mobile applications. We searched for secondary studies published between 2018 and 2024 using the Scopus, Web of Science, and IEEE Xplore databases. We identified eight secondary studies focused on these characteristics and their impact on usability, grouping them into seven categories: (i) psychomotor, (ii) cognitive, (iii) visual, (iv) auditory, (v) motivational, (vi) psychosocial, and (vii) economic. We conclude that it is necessary to adapt usability evaluation techniques to suit older adults' needs better.

Keywords: Usability, older adult, smartphone, ICT, aging barriers, tertiary study, HCI.

1 Introduction

In recent years, there has been a significant increase in the global older adult population [1]. By 2025, 22% of the world's population will be over 60; by 2030, one in six people worldwide will be 60 years old or older [1]. Meanwhile, in recent decades, new technologies have advanced and accelerated [2]. Information and communication technologies (ICTs), such as online applications, have become essential to our lives [3]. For older adults, ICTs can be a tool to improve their quality of life [4]. Some benefits this age group can gain from using ICTs include the ease of communicating with family

members, which helps reduce loneliness [5], or strengthening their social relationships and intergenerational bonds [6].

The smartphone is the most commonly used technological device among older adults, mainly for communication, social networking, entertainment, and health-related applications [7]. However, this age group is often excluded due to technology or software systems not being designed with their needs in mind. Typically, during the development of these systems, age-related characteristics such as cognitive decline and visual impairments are not considered [8]-[10]. These age-specific characteristics pose challenges in the use of mobile applications [11] and may affect their usability [12].

Usability is the extent to which specific users can use a system, product, or service to effectively, efficiently, and satisfactorily achieve specific objectives in a particular context of use [13]. Moreover, usability comprises attributes such as ease of learning, efficiency, error rate, and user retention over time [14]. On the other hand, user experience refers to the perceptions and responses of a person resulting from the use and/or anticipated use of a product, system, or service [15]. Since our study focuses on understanding older adults' characteristics that may affect the usability of mobile applications, we prioritize usability over user experience.

Some challenges older adults face due to their characteristics include difficulty recognizing visual elements or interacting with moving elements in a graphical user interface [12]. Identifying these characteristics is essential for those developing mobile applications, ensuring designs are adapted to these needs, thereby improving usability.

Its usability must be evaluated to determine how usable an application or software system is. Usability evaluation is conducted through techniques such as the "think aloud" protocol [14], which allows researchers to study participants' mental processes as they verbalize their thoughts while performing a task [16]. Some authors argue that usability evaluation techniques must be adapted to align with older adults' characteristics [17]-[19], as applying them in their original form presents challenges when involving this group. For example, factors such as cognitive decline can influence the application of the "think aloud" technique. Therefore, understanding these characteristics is vital to adaptations to usability evaluation techniques.

Some primary studies address older adults' characteristics [20]-[25]. For instance, in the study by Gao et al. [20], the authors report that this age group has age-related psychomotor deficiencies, such as longer response times in complex motor tasks, which affect their ability to perform interactions requiring repetitive and rapid movements. Another primary study by Kascak et al. [21] reports that with aging, capabilities such as vision, motor skills, cognitive abilities, and hearing decline. On the other hand, secondary studies have compiled these findings. For example, in the secondary study by Elguera et al. [26], the authors identify the main usability challenges older adults face when interacting with a graphical user interface and explore how such applications can be more acceptable for this population. In the study by Kurniawan et al. [27], the authors report on another secondary study to identify the challenges older adults face when using mHealth applications and the usability dimensions most commonly employed to evaluate mHealth apps.

Given the above, conducting a more extensive characterization in this context is more crucial than a systematic literature review can provide. Moreover, based on

preliminary research, no study offers a comprehensive overview of existing literature reviews related to age-associated characteristics of older adults that may affect the usability of mobile applications. Therefore, it is necessary to develop a specific tertiary study that provides researchers and developers with a unified perspective on this topic, serving as a high-level catalog of existing research and consolidating findings in this area.

This study is organized as follows: Section 2 presents related work. Section 3 details the research methodology. Section 4 reports and discusses the results. Section 5 addresses threats to validity, and finally, Section 6 presents the conclusions and future work.

2 Related Work

In the initial stage of our research, we identified a single study [28] that reviewed primary and secondary studies. In the work by Wildenbos et al. [28], the authors report the findings of a scoping review focused on understanding the barriers that affect the usability of mobile health applications for older adults and propose a usability-centered framework for mHealth tailored to older users. The systematic literature review utilized the PUBMED, EMBASE, ScienceDirect, and Web of Science databases. The authors identified four categories of barriers: (i) cognitive, (ii) physical, (iii) perceptual, and (iv) motivational. They also noted that these barriers could limit the utility and usability of mHealth for older adults, creating difficulties such as holding a mobile device with one hand or interacting with buttons placed too closely together.

Additionally, we identified the literature review conducted by Elguera et al. [26]. The authors performed a systematic literature review covering 2013 to 2019 using the IEEE Xplore, Scopus, ProQuest Computing, and ACM Digital Library databases. Their study addressed the main usability challenges older adults face when interacting with graphical user interfaces in mobile applications. The primary findings highlighted three limitations: (i) visual, (ii) psychomotor, and (iii) cognitive.

In the work by Wildenbos et al. [28], the authors identified age-related barriers impacting user experience. However, their study focuses exclusively on barriers to mHealth applications. While the authors did not conduct a tertiary study, they included secondary studies, which is why we consider it related work. Moreover, the secondary study by Elguera et al. [26] identifies general problems related to older adults' limitations when interacting with mobile applications. However, it does not aim to identify the characteristics of older adults that might influence the usability of mobile applications.

For this reason, research, such as the present study, is necessary to contribute to this field by identifying the characteristics of older adults that could influence the usability of mobile applications. This will benefit developers of such applications by enabling designs that better accommodate these characteristics. It will also allow usability evaluators to adapt usability evaluation techniques to facilitate better participation of older adults. Ultimately, this will benefit older adults by providing applications better suited to their needs.

3 Research Methodology

This study is a tertiary investigation aimed at synthesizing and analyzing existing evidence on age-related characteristics of older adults that may affect the usability of mobile applications. The methodology follows a series of phases established by Kitchenham et al. [29]: (i) Formulating the research questions, (ii) defining the search strategy, (iii) establishing inclusion and exclusion criteria, (iv) selecting the studies, (v) extracting information relevant to the research questions, and finally (vi) synthesizing the extracted information.

3.1 Research Questions

This research focuses on three aspects: the characteristics of older adults, the use of mobile applications, and their usability. Consequently, the information extracted from secondary studies aims to answer the following research questions (RQ):

(RQ1): What are the characteristics of older adults that influence or impact the usability of mobile applications?

(RQ2): What future research directions are associated with usability from the perspective of older adult users?

3.2 Definition of the Search Strategy

The tertiary study begins by identifying the keywords that will be used to form the search string. To achieve this, we defined a Control Group (CG), which consists of an initial set of studies relevant to the research area of interest [30]. In this case, the focus is on the characteristics of older adults associated with aging that may affect the usability of mobile applications. The studies included in the CG must adequately address the proposed research questions [30].

The CG was identified to maintain objectivity when selecting the search string. To define the CG, we manually searched for studies relevant to the research context, ensuring they answered the proposed questions. As a result of this process, we identified five secondary studies for the CG [26][28][31]-[33] and verified that these studies were indexed in Scopus, as it is the database with the highest number of studies. After verification, we confirmed that all CG studies were in Scopus. Following this, we extracted the keywords that would form the search string using Atlas.ti.

From the extracted keywords, we created a table listing the frequencies of all words and combinations related to the research objective found in each CG study. Initially, we selected only the terms related to the research questions and presented a significant percentage (at least 60%) of the CG studies. This coverage percentage was calculated using Equation 1:

$$\text{Coverage Percentage} = \frac{(\text{Frequency of Appearance}) \times 100}{n} \quad (1)$$

Where: (i) *Frequency of appearance* represents the number of studies within the CG that contain the word, and (ii) *n* is the total number of studies in the CG. Subsequently, we determined the weight of each word using Equation 2.

$$Weight = \frac{\left(\frac{\text{coverage percentage}}{\text{maximum coverage}}\right) + \left(\frac{\text{word frequency}}{\text{maximum frequency}}\right)}{2} \quad (2)$$

Where: (i) *Maximum coverage* is the highest possible coverage, corresponding to 100%, (ii) *word frequency* is the number of times the word appears across all studies in the CG, and (iii) *maximum frequency* is the highest frequency observed, which in this case was 501.

Table 1 presents the list of words obtained during this process, showing the total frequency of each word, the coverage percentage, and the respective weight. Regarding the values obtained for the weight variable, in the final stage, we only considered words with a weight equal to or greater than 0.41, ensuring a coverage percentage of at least 80% of the studies in the CG. Additionally, we generated seven search strings, as creating more combinations did not significantly reduce search results while maintaining the inclusion of the studies in the CG.

3.3 Inclusion and Exclusion Criteria

The selection criteria were defined as follows:

Inclusion Criteria. The study must:

- (i) Be written in English; AND
- (ii) Consider older adults aged 60 years or older; AND
- (iii) Report how the usability of mobile applications is influenced by the barriers, limitations, or characteristics specific to this age group, or report which characteristics of older adults affect the use of such applications.

Exclusion Criteria. The study:

- (i) Is not a secondary study; OR
- (ii) Does not consider older adults as the study population; OR
- (iii) Does not report how the usability of mobile applications is influenced by the barriers, limitations, or characteristics of this age group; OR
- (iv) Does not report the characteristics of older adults that affect the use of mobile applications.

3.4 Selection Process

Once the keywords were identified, we proceeded to build the search strings. We identified their main components: (i) Characteristics, (ii) older adults, (iii) usability, (iv) mobile applications, and (v) systematic literature reviews. For the first four components, the terms to be used were obtained from Table 1. It is essential to mention that for the last component, corresponding to systematic literature reviews, we extracted the terms used from the study by Napoleao et al. [34], which were part of all the search strings tested. Additionally, we added the term "Scoping Review" to this last component, as we identified in the literature that it is increasingly used to refer to studies conducting systematic literature reviews. We used the logical operator AND to connect each component and the logical operator OR to include synonyms. Considering the above, we created and tested seven strings with different combinations. In Table 2, we present the identifier (ID) for each string, the number of studies returned by the search

in Scopus, the search string used, the number of studies found from the CG, X ratio, Y ratio, and the average.

Table 1. Word List Obtained from the CG Analysis.

Word	Frecuency	Coverage per-centage	Weight
elderly	501	100	1
usability	474	100	0.97
older	387	100	0.89
adults	254	100	0.75
user	215	100	0.71
mobile	202	100	0.70
ehealth	297	80	0.70
barriers	147	100	0.65
applications	125	100	0.62
app	91	100	0.59
apps	88	100	0.59
aging	78	100	0.58
application	76	100	0.58
computer	71	100	0.57
issues	62	100	0.56
devices	60	100	0.56
problems	50	100	0.55
human	39	100	0.54
interaction	36	100	0.54
senior	35	100	0.53
limitations	33	100	0.53
experience	30	100	0.53
smartphone	26	100	0.53
challenges	101	80	0.53
barrier	27	80	0.43
adult	18	80	0.42
smartphones	15	80	0.41
experiences	13	80	0.41
characteristics	6	80	0.41
seniors	18	60	0.32
problem	8	60	0.31
hci	5	60	0.30

Table 2. Tested Search Strings.

ID	Studies	String	CG	X _{ratio}	Y _{ratio}	Average
1	230	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges OR barrier OR characteristics) AND (elderly OR older OR "older adults" OR aging OR senior OR "older adult") AND (usability OR "human-computer interaction" OR "user experience" OR "user experiences") AND (mobile OR ehealth OR "mobile applications" OR "mobile application" OR "mobile devices" OR apps OR app OR smartphone OR smartphones) AND ("systematic review" OR "literature review" OR "systematic mapping" OR "mapping study" OR meta-analysis OR survey OR "literature analysis" OR "scoping review")	5	1	0,022	0,511
2	206	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges OR barrier) AND (elderly OR older OR "older adults" OR aging OR senior) AND (usability OR "human-computer interaction" OR "user experience") AND (mobile OR ehealth OR "mobile applications" OR "mobile devices" OR apps OR smartphones) AND ("systematic review" OR "literature review" OR "systematic mapping" OR "mapping study" OR meta-analysis OR survey OR "literature analysis" OR "scoping review")	5	1	0,024	0,512
3	122	(barriers OR problems OR issues OR limitations) AND (elderly OR older OR "older adults" OR aging) AND (usability OR "human-computer interaction") AND (mobile OR ehealth OR "mobile applications" OR "mobile devices" OR apps) AND ("systematic review" OR "literature review" OR "systematic mapping" OR "mapping study" OR meta-analysis OR survey OR "literature analysis" OR "scoping review")	4	0.8	0,033	0,416
4	174	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges OR barrier) AND (elderly OR older OR "older adults" OR aging OR senior) AND (usability OR "human computer interaction" OR "user experience") AND ("mobile applications" OR ehealth OR "mobile devices" OR apps OR smartphones) AND ("systematic review" OR "literature review" OR "systematic mapping" OR "mapping study" OR meta-analysis OR survey OR "literature analysis" OR "scoping review")	5	1	0,029	0,514

Table 2 (continued). Tested Search Strings.

ID	Studies	String	CG	X _{ratio}	Y _{ratio}	Average
5	153	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges OR barrier) AND (elderly OR older OR “older adults” OR aging OR senior) AND (usability) AND (mobile OR ehealth OR “mobile applications” OR “mobile devices” OR apps OR smartphones) AND (“systematic review” OR “literature review” OR “systematic mapping” OR “mapping study” OR meta-analysis OR survey OR “literature analysis” OR “scoping review”)	5	1	0,033	0,516
6	206	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges) AND (elderly OR older OR “older adults” OR aging OR senior) AND (usability OR “human-computer interaction” OR “user experience”) AND (mobile OR ehealth OR “mobile application” OR “mobile devices” OR apps OR app OR “mobile application” OR smartphone) AND (“systematic review” OR “literature review” OR “systematic mapping” OR “mapping study” OR meta-analysis OR survey OR “literature analysis” OR “scoping review”)	5	1	0,024	0,512
7	165	(barriers OR problems OR issues OR limitations OR challenges) AND (elderly OR older OR “older adults” OR aging OR senior) AND (usability OR “human-computer interaction”) AND (mobile OR ehealth OR “mobile applications” OR app OR apps) AND (“systematic review” OR “literature review” OR “systematic mapping” OR “mapping study” OR meta-analysis OR survey OR “literature analysis” OR “scoping review”)	5	1	0,030	0,515

As shown in Table 2, all the strings found the five studies in the CG except one. To select the most appropriate string, we calculated the X and Y proportions and the average of these two. We used Equations 3, 4, and 5 to calculate each proportion.

$$X_{ratio} = \frac{\text{number of articles found in CG}}{\text{total articles in CG}} \quad (3)$$

$$Y_{ratio} = \frac{\text{number of articles found in CG}}{\text{total articles found by search string}} \quad (4)$$

$$Average = \frac{X_{ratio} + Y_{ratio}}{2} \quad (5)$$

The string with ID 5 was selected for the search because it returned the smallest number of studies and found all the studies in the CG. Therefore, it had the highest average proportion. After that, we searched for studies in Scopus, Web of Science (WoS), and IEEE Xplore. In Scopus, the search field we used was "Title-Abs-Key." We used the "Topic Search" field for WoS, while for IEEE Xplore, we used the "Abstract" field. In total, we found 369 studies. The search period was from 2018 to 2024. This period was chosen to analyze studies from the last six years and observe the evolution and trends in the field. After excluding duplicate studies, the number decreased to 297. We then applied the inclusion and exclusion criteria to the title and abstract of each non-duplicate study, reducing the number to 14 pre-selected studies. Finally, we applied the inclusion and exclusion criteria to each pre-selected study. This required downloading and reading each study thoroughly, reducing the number to 8 selected studies. Figure 1 shows the study selection process. The complete information on the secondary studies can be found in Appendix A.

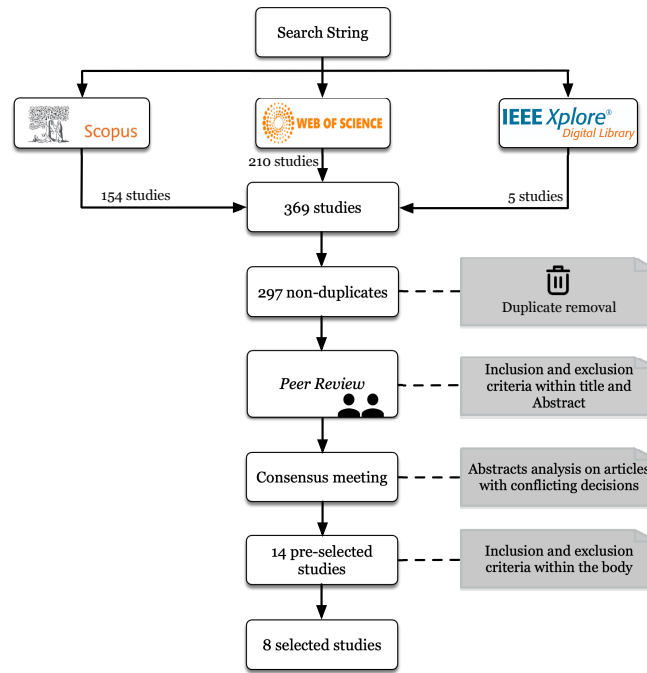


Fig. 1. Study selection process.

4 Results and Discussion

In this section, we report the results obtained from our tertiary study, synthesizing the secondary studies analyzed and answering the research questions. In Fig. 2, we

summarize the information obtained from the identified secondary studies. This figure is divided into two areas that provide a global view of the results. On the left are two XY scatter plots with bubbles, representing the intersections of the type-year of publication set and the publication type-characteristics categories. The size of the bubbles represents the number of secondary studies classified in each set. On the upper right side, we observe that 2021 had the highest number of publications, with a decrease in the number of publications in 2022 and 2023, followed by a rebound in 2024.

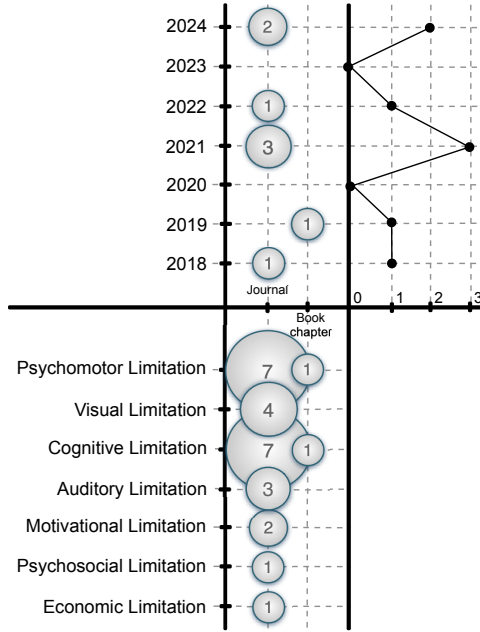


Fig. 2. Mapping of distribution of secondary education between categories of older adult characteristics and the type of publication.

From now on, the research questions posed in this tertiary study will be answered.

4.1 Characteristics of Older Adults

In this section, we answer the research question RQ1: What characteristics of older adults can influence or impact the usability of mobile applications? Based on the analysis of the eight secondary studies, we identified seven categories of characteristics, which correspond to limitations: (i) Psychomotor, (ii) Cognitive, (iii) Visual, (iv) Auditory, (v) Motivational, (vi) Psychosocial, and (vii) Economic.

Psychomotor Limitation. For this category, we identified and synthesized the following characteristics:

- Increased time needed to complete tasks while using a smartphone. There is a general rule that older adults require between 50% to 100% more time to

complete a task while using smartphones compared to individuals under 30 years old [ES1][ES6]. This time may be due to the need to read the information on a small screen, as in the case of smartphones [ES4].

- Reduced motor skills. This presents a challenge for older adults when using smartphones and can make it more difficult to interact with small buttons on an interface [ES6].
- Slower movements and reflexes. This condition can affect learning time, execution speed, and failure rate [ES2]. Additionally, older adults prefer that all icons be on a single screen to avoid scrolling [ES2].
- Rheumatoid arthritis. This disease can cause discomfort when holding a device [ES2][ES8], limiting its utility and usability [ES8].
- Tighter muscles and joints and decreased balance. Older adults with this characteristic have difficulty navigating an interface and are affected by slower execution speeds [ES2].
- Difficulty entering data with fingers. Refers to the problems older adults face when entering data using their fingers [ES3].
- Trembling hands. Older adults experience hand tremors during the use of technology [ES5]. Additionally, their movements and reflexes are slower [ES8].
- Loss of muscle mass and increased variability of fine motor movements. Reduced psychomotor activity can be measured by the loss of muscle mass and increased variability of fine motor movements [ES6].
- Reduced grip strength. This can cause difficulty navigating menus if the smartphone is held with one hand [ES6].
- Decreased hand-eye coordination. This characteristic causes problems when performing gestures to move objects or zoom, as older adults cannot coordinate their fingers well [ES6].
- Less precise control of movement. Causes issues when interacting with poorly positioned buttons [ES6].
- Decreased hand movement retention can cause problems for older adults when interacting with a scrollbar at the top or right side [ES6].

Cognitive Limitation. For this second category, we identified and synthesized the following characteristics:

- Decreased memory capacity. Memory capacity significantly decreases with age, impacting the ability to recall planned actions [ES1]. Older adults also tend to forget actions they intend to carry out [ES6].
- Difficulty remembering actions and information. While using applications, older adults may repeatedly forget steps or actions required at the moment [ES3], such as available functions within an app [ES5]. They also have difficulty remembering tasks that must be completed in the future [ES6]. Additionally, older adults struggle remembering passwords or new information [ES2].
- Decreased work capacity and concentration. This is due to the reduced ability of older individuals to process information over time. It is also linked to a decrease in concentration, which negatively affects the use of mobile applications [ES2][ES8].

- Requiring more time to complete a task. This characteristic overlaps with psychomotor limitation, which some authors categorize as a cognitive barrier. Older adults need more time to complete a task and find it much more challenging to do so effectively [ES2].
- Difficulty with large amounts of information. Older adults can feel overwhelmed or stressed by excessive amounts of information [ES2].
- Lack of experience and understanding of terms. Older adults lack expertise and a sense of terminology or jargon used by younger generations. Therefore, it is suggested that a familiar language with direct meaning be created [ES2].
- Confusion. Related to the lack of knowledge of terms, older adults can become confused by unfamiliar terms, as processing these unknown terms requires the brain to process more information [ES4].
- Difficulty learning new skills. Older adults need to dedicate more time and effort to learning new skills [ES2][ES6][ES8].
- Decreased reasoning, semantic fluency, and spatial cognition. Reduced reasoning can cause complexity in understanding graphics or difficulty recognizing icons. Reduced semantic fluency can create problems in understanding terms. Spatial cognition can lead to disorientation when interacting with moving menus and transition effects [ES6].
- Decreased cognitive function. A decrease in cognitive function increases the effort needed to learn new skills, such as operating new technologies [ES7].
- Decreased processing speed refers to the reduced speed at which information is processed, which forces older adults to rely on a theory-based approach for decision-making [ES7].

Visual Limitation. In this third category, we identified and synthesized the following characteristics:

- Decreased visual capacity. Older adults have worse vision compared to younger individuals [ES1]. Around 15.8% of adults between 65 and 74 years old have vision problems affecting their daily lives [ES2].
- Light-related issues. Older adults' eyes are slower to accommodate dark and light spaces. They also react slower to quick changes in light intensity [ES1]. Additionally, to see more clearly, they need additional lighting [ES2][ES8], so they must configure a screen with appropriate brightness [ES2].
- Decreased focus ability. Older adults cannot quickly change focus [ES1]. Furthermore, the ability to focus on objects up close or far away decreases with age [ES2].
- Reduced contrast sensitivity. Older adults experience contrast sensitivity, affecting the combination of colors and the readability of text over colored backgrounds [ES2]. They also have difficulty distinguishing between contrasts, especially in low-light settings [ES6].
- Macular degeneration and bifocal lenses. Macular degeneration is considered a vision condition [ES2][ES4]. This characteristic refers to vision loss caused by damage to the retina, where a shadow appears in the center of the visual field [ES2]. Vision impairment is often associated with bifocal lenses [ES2].

- Eye fatigue. Due to eye fatigue, older adults find it challenging to use smartphone screens [ES2].
- Poor readability visibility. Older adults have trouble reading information on small mobile phone screens. This relates to the increased time needed to complete a task, influenced by reading difficulties [ES4].
- Decreased visual sharpness. Older adults have lower visual acuity, which describes the clarity or sharpness of vision and can be determined under different lighting conditions. This can affect the identification of visual elements such as images, graphics, text, icons, and buttons [ES6].
- Decreased color vision. Older adults struggle to distinguish colors, particularly violet, blue, and green [ES6].
- Decreased adaptation to darkness. With aging, older adults have less ability to adapt to darkness. They need more light to see clearly [ES6].
- Decreased visual function. Refers to the reduced ability to see objects in detail, such as distinguishing colors [ES6].

Auditory Limitation. For this fourth category, we identified and synthesized two characteristics. First, older adults face challenges distinguishing short-duration acoustic signals and find it difficult to understand imprecise feedback [ES6]. In general, older adults with moderate to severe hearing difficulties use the Internet less [ES8] or perform worse when using an application than those without these conditions [ES6]. Second, older adults are more likely to suffer from deafness or have hearing impairment [ES2][ES6].

Motivational Limitation. For this fifth category, we identified and synthesized two characteristics. The first is the desire to stop using an application if the benefits are unclear or insignificant [ES6][ES8]. The second is the lack of confidence older adults often have in using mobile phones. They fear experimenting with these devices, fearing they might break something [ES8].

Psychosocial Limitation. In this sixth category, we identified and synthesized three characteristics. First, older adults may encounter applications incompatible with their lifestyle goals [ES6]. Second, older adults with experience using similar devices may have doubts or lack knowledge of possible uses when using mobile applications [ES6]. Third, when adopting new technologies, older adults are often more conservative, skeptical, cautious, traditional, and distrustful of innovation. They are also less willing to use technology they consider less valuable or more complicated [ES6].

Economic Limitation. In the final category, we identified that older adults are more concerned about the costs of devices and internet connections. Their pensions may be limited, resulting in lower incomes than when they were actively working. This can prevent them from using specific devices if their costs exceed what they can afford [ES4].

Table 3 summarizes each characteristic identified by category and indicates the secondary study where it was recognized. The characteristics of each category will be detailed next.

Table 3. Identified characteristics by category.

Category	Identified Characteristic	Secondary Study
Psychomotor	Increased time needed to complete tasks while using a smartphone.	[ES1][ES4][ES6]
	Reduced motor skills.	[ES2][ES6]
	Slower movements and reflexes.	[ES2][ES5][ES8]
	Rheumatoid arthritis.	[ES2][ES8]
	Tighter muscles and joints, and decreased balance.	[ES2]
	Difficulty entering data with the finger.	[ES3]
	Trembling hands.	[ES5][ES8]
	Loss of muscle mass and increased variability in fine motor movements.	[ES6]
	Decreased grip strength.	[ES6]
	Decreased hand-eye coordination.	[ES6][ES7]
	Less precise control of movement.	[ES6]
	Decreased retention of hand movement.	[ES6]
Cognitive	Reduced memory capacity.	[ES1][ES6]
	Difficulty remembering actions and information.	[ES2][ES3][ES5][ES6]
	Decreased ability to work and concentrate.	[ES2][ES8]
	Requires more time to complete a task.	[ES2]
	Difficulty with large amounts of information.	[ES2]
	Lack of experience and knowledge of terms.	[ES2]
	Confusion.	[ES4]
	Difficulty learning new skills.	[ES2][ES6][ES8]
	Decreased reasoning, semantic fluency, and spatial cognition.	[ES6]
	Decreased cognitive function.	[ES7]
Decreased processing speed.	[ES7]	
Visual	Reduced visual capacity.	[ES1][ES2]
	Lighting issues.	[ES1][ES2][ES8]
	Reduced focusing ability.	[ES1][ES2]
	Reduced contrast sensitivity.	[ES2][ES6]
	Macular degeneration and bifocal lenses.	[ES2][ES8]
	Eye strain.	[ES2]
	Poor reading visibility.	[ES4]
	Reduced visual acuity.	[ES6]
	Reduced color vision.	[ES6]
	Decreased adaptation to darkness.	[ES6]
Reduced visual function.	[ES6]	

Table 3 (continued). Identified characteristics by category.

Category	Identified Characteristic	Secondary Study
Auditory	Deteriorated hearing ability.	[ES2][ES6][ES8]
	Increased likelihood of hearing loss.	[ES2][ES8]
Motivational	Frustration and desire to stop using apps due to not identifying the benefit of using them.	[ES6][ES8]
	Confidence in one's own ability.	[ES8]
Psychosocial	Different lifestyle goals.	[ES6]
	Previous experience with technology.	[ES6]
	Slow adoption of technology.	[ES6]
Economic	Older adults are more concerned about the costs of devices and internet connections.	[ES4]

As we saw earlier, various characteristics of older adults can influence the usability of mobile applications. However, since specific usability evaluation techniques require, for example, that the user of an application perform a task provided by the evaluator, and considering that older adults need between 50% and 100% more time to complete tasks with smartphones compared to younger individuals, the time allocated to perform these tasks must be extended. Thus, usability evaluation techniques involving older adults' participation require such adaptations.

4.2 Future Research of Secondary Studies

In this section, we address the research question RQ2: What future research directions are associated with usability from the perspective of older adult users? We identified five main future works in the secondary studies. The first is the recommendation for developers. The authors of [ES1] provide recommendations based on Android and iOS app development guidelines for issues caused by visual, psychomotor, and cognitive limitations. The goal is to create better applications that fit the conditions of this age group. Second, there is a need to research technology that helps increase the adoption of mHealth apps, as an adapted app will make it more accessible for this age group [ES2]. Additionally, new interactive methods must be explored to make mHealth apps more usable and attractive to older adults. It is also recommended that the suggestions of older adult users be considered when designing applications that are easy to use for this group.

Third, usability evaluation techniques need to be modified. In the study [ES3], the authors point out that usability evaluation techniques like joint evaluation, cooperative usability testing, and think-aloud cannot be used in their original versions. Therefore, there is a need to explore and propose evolved versions of these usability evaluation methods [ES3]. It is also relevant to explore how older adults behave during usability evaluations [ES3]. Fourth, it is essential to examine the barriers and opportunities for older adults to access and use technology [ES5]. Finally, efforts are needed to investigate how cognitive, physical, and perceptual barriers are related to older adults' disinterest in using mHealth apps [ES8].

5 Threats to Validity

In our study, we identified three threats that could affect the validity of our work. First, we only considered three databases for the search process, which means we might have overlooked relevant studies in other databases, thus limiting the number of studies to analyze. Second, analysis errors may be made by the authors of the selected secondary studies, which would impact the information extracted from each of these studies and consequently affect the consistency of the results reported in this work. Finally, the vocabulary used in the search string could have limited the search for studies. However, to obtain this, a control group was used, which consisted of five studies relevant to the research topic, allowing us to understand the vocabulary and identify the most common terms to use in the tested search strings.

6 Conclusions and Future Work

This work reports a tertiary study primarily conducted to identify the characteristics of older adults that can impact the usability of mobile applications. Between 2018 and 2024, we found eight secondary studies. Below are the conclusions for each research question.

RQ1: What are the characteristics of older adults that influence or impact the usability of mobile applications? Older adults present a variety of factors that cause problems when interacting with the interface of a mobile application. Due to these characteristics, the usability of mobile applications can be affected. We grouped the factors that influence or impact the usability of mobile applications into seven categories: (i) psychomotor limitation, (ii) cognitive limitation, (iii) visual limitation, (iv) auditory limitation, (v) motivational limitation, (vi) psychosocial limitation, and (vii) economic limitation. The categories that stand out the most are the first three mentioned.

RQ2: What future research directions are associated with usability from the perspective of older adult users? We identified several lines of work highlighting the importance of considering this age group's specific characteristics and needs when developing technologies and evaluating their usability. For example, developers should consider recommendations for avoiding problems when interacting with mobile applications caused by the characteristics of older adults. It is also necessary to understand the barriers and opportunities related to access and adoption of technology by this age group. Finally, there is a need to make changes to usability evaluation techniques, as these cannot be applied in their original form with the participation of older adults since this age group has characteristics that create challenges when using these evaluation techniques.

Future work includes designing mobile applications with the participation of older adults, considering their particular characteristics, and involving them in usability evaluations. Additionally, it is necessary to determine the most appropriate design and usability evaluation techniques for older adults, considering the characteristics identified in this tertiary study. Furthermore, usability evaluation techniques that cannot be applied in their original version with the participation of older adults must be adapted.

Acknowledgments. The ANID FONDECYT-Iniciación Project supported this work under Grant 11230496 and project DIUDA-22436 of the Universidad de Atacama.

Appendix A: Secondary Studies

[ES1] Elguera, L., Zapata, C.: Elderly users and their main challenges usability with mobile applications: A systematic review. In: Marcus, A., Wang, W. (eds) *Design, User Experience, and Usability. Design Philosophy and Theory. HCI 2019*, pp. 423-438. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 11583. Springer, Cham (2019). https://doi.org/10.1007/978-3-030-23570-3_31

[ES2] Ramdowar, H., Khedo, K. K., Chooramun, N.: A comprehensive review of mobile user interfaces in mHealth applications for elderly and the related ageing barriers. *Universal Access in the Inform. Society* **23**(4), 1613-1629 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10209-023-01011-z>

[ES3] Sinabell, I., Ammenwerth, E.: Challenges and recommendations for eHealth usability evaluation with elderly users: Systematic review and case study. *Universal Access in the Information Society* **23**, 455-474 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00949-w>

[ES4] Awan, M., Ali, S., Ali, M., Abrar, M. F., Ullah, H., Khan, D.: Usability barriers for elderly users in smartphone app usage: An analytical hierarchical process-based prioritization. *Scientific Programming* **2021**(1), 1-14 (2021). <https://doi.org/10.1155/2021/2780257>

[ES5] Chalghoumi, H., Al-Thani, D., Hassan, A., Hammad, S., Othman, A.: Research on older persons' access and use of technology in the arab region: Critical overview and future directions. *Applied Sciences* **12**(14), article 7258 (2022). <https://doi.org/10.3390/app12147258>

[ES6] Kurniawan, E.; Bakar N.; Salam S.; Restyandito, R.: Usability evaluation dimensions of mobile health application for elderly: A systematic review. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* **99**(1), 242-256 (2021).

[ES7] Aranha, M., James, K., Deasy, C., Heavin, C. Exploring the barriers and facilitators which influence mHealth adoption among older adults: A literature review. *Gerontechnology* **20**(2), 1-16 (2021). <https://doi.org/10.4017/gt.2021.20.2.424.06>

[ES8] Wildenbos, G., Peute, L., Jaspers, M.: Aging barriers influencing mobile health usability for older adults: A literature based framework (MOLD-US). *International Journal of Medical Informatics* **114**, 66-75 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2018.03.012>

References

1. World Health Organization: WHO. Envejecimiento y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>, last accessed 2025/01/07
2. Yadegari, M., Mohammadi, S., Masoumi, A. H.: Technology adoption: An analysis of the major models and theories. *Technology Analysis and Strategic Management*, 1-15 (2022). <https://doi.org/10.1080/09537325.2022.2071255>

3. Ramírez-Correa, P., Grandón, E. E., Ramírez-Santana, M., Arenas-Gaitán, J., Rondán-Cataluña, F. J.: Explaining the consumption technology acceptance in the elderly post-pandemic: Effort expectancy does not matter. *Behavioral Sciences* **13**(2), 87 (2023). <https://doi.org/10.3390/bs13020087>
4. Briede-Westermeyer, J. C., Pacheco-Blanco, B., Luzardo-Briceño, M., Pérez- Villalobos, C.: Mobile phone use by the elderly: Relationship between usability, social activity, and the environment. *Sustainability* **12**(7), article 2690 (2020). <https://doi.org/10.3390/su12072690>
5. Chopik, W. J.: The benefits of social technology use among older adults are mediated by reduced loneliness. *Cyberpsychology Behavior and Social Networking* **19**(9), 551-556 (2016). <https://doi.org/10.1089/cyber.2016.0151>
6. Navarrete, F. D., Needham, T. T., Ortega, A. M. E., Concha, S. M., Macaya, S. X.: Use of information and communication technologies and emotional well-being in older adults. *Gaceta Médica Espirituana* **24**(2), 1–14 (2022).
7. Castro, J. W., Madrigal, G. A. Uso de la tecnología por las personas mayores: Un estudio exploratorio. In: N. Callaos, J. Horne, E. F. Ruiz-Ledesma, B. Sánchez, A. Tremante (eds.) *Memorias de la Décima Cuarta Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética: CICIC 2024*, pp. 137-142 (2024). International Institute of Informatics and Cybernetics. <https://doi.org/10.54808/CICIC2024.01.137>
8. Londoño Aldana, E., Navas Ríos, M. E., Romero González, Z.: El adulto mayor frente al uso de las herramientas tecnológicas en Cartagena de Indias-Colombia. *Aglala* **10**(2), 99-110 (2019). <https://doi.org/10.22519/22157360.1436>
9. Slavicek, T., Balata, J., Mikovec, Z.: Designing mobile phone interface for active seniors: User study in Czech Republic. In: 2014 5th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom'14), Vietri sul Mare, Italy, pp. 109-114 (2014). <https://doi.org/10.1109/CogInfoCom.2014.7020428>
10. Gonçalves, V. P., De Almeida Neris, V. P., Seraphini, S., Dias, T. C. M., Pessin, G., Johnson, T., & Ueyama, J.: Providing adaptive smartphone interfaces targeted at elderly people: An approach that takes into account diversity among the elderly. *Universal Access in the Information Society* **16**(1), 129-149 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10209-015-0429-9>
11. Ferreira, S. M., Sayago, S., Blat, J.: Older people positive, active and creative ICT use: A study in three countries. In: Sayago, S. (eds) *Perspectives on Human-Computer Interaction Research with Older People*, pp. 187-197. *Human-Computer Interaction Series*. Springer, Cham (2019). https://doi.org/10.1007/978-3-030-06076-3_12
12. Castro, J. W., Lamilla, I. A.: Problemas del adulto mayor con el uso de las aplicaciones móviles. In: N. Callaos, J. Horne, E. F. Ruiz-Ledesma, B. Sánchez, A. Tremante (eds.) *Memorias de la Décima Cuarta Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética: CICIC 2024*, pp. 131-136. International Institute of Informatics and Cybernetics (2024). <https://doi.org/10.54808/CICIC2024.01.131>
13. ISO 9241-11:2018: Ergonomics of human-system interaction — part 11: Usability: Definitions and concepts (2nd ed.), ISO (2018).
14. Nielsen, J.: *Usability engineering*. Morgan Kaufmann Publishers Inc. (1993).
15. ISO 9241-210:2010(E): Ergonomics of human-system interaction – part 210: Human-centred design for interactive systems. ISO. (2010).
16. Hix, D., Hartson, H.R.: *Developing user interfaces: Ensuring usability through product & process*. John Wiley & Sons, Inc. (1993).
17. Peute, L. W., Wildenbos, G. A., Engelsma, T., Lesselroth, B. J., Lichtner, V., Monkman, H., Neal, D., Van Velsen, L., Jaspers, M. W., Marcilly, R.: Overcoming challenges to inclusive user-based testing of health information technology with vulnerable older adults:

- Recommendations from a human factors engineering expert inquiry. *Yearbook of Medical Informatics* **31**(1), 74-81 (2022). <https://doi.org/10.1055/s-0042-1742499>
18. Franz, R. L., Barbosa, B., Epp, C. D., Baecker, R., Wobbrock, J. O.: Why and how think-alouds with older adults fail: Recommendations from a study and expert interviews. In: Sayago, S. (eds.) *Perspectives on Human-Computer Interaction Research with Older People*, pp. 217-235. *Human-Computer Interaction Series*. Springer, Cham (2019). https://doi.org/10.1007/978-3-030-06076-3_14
 19. Sayago, S., Blat, J.: An initial usability evaluation of some word-processing functionalities with the elderly. In: *Ninth International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS'07)*, Funchal, Madeira, Portugal, pp. 328-331 (2007).
 20. Gao, Q., Ebert, D., Chen, X., Ding, Y.: Design of a mobile social community platform for older chinese people in urban areas. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries* **25**(1), 66-89 (2012). <https://doi.org/10.1002/hfm.20523>
 21. Kascak, L. R., Rebola, C. B., Sanford, J. A.: Integrating universal design (UD) principles and mobile design guidelines to improve design of mobile health applications for older adults. In: *2014 IEEE International Conference on Healthcare Informatics*, Verona, Italy, pp. 343-348 (2014). <https://doi.org/10.1109/ichi.2014.54>
 22. Azuddin, M., Malik, S. A., Abdullah, L. M., Mahmud, M.: Older people and their use of mobile devices: Issues, purpose and context. In: *5th International Conference on Information and Communication Technology for the Muslim World (ICT4M'14)*, Kuching, Malaysia (2014). <https://doi.org/10.1109/ICT4M.2014.7020610>
 23. Isaković, M., Sedlar, U., Volk, M., Bešter, J.: Usability pitfalls of diabetes mHealth apps for the elderly. *Journal of Diabetes Research* **2016**, article 1604609 (2016). <https://doi.org/10.1155/2016/1604609>
 24. Harrington, C. N., Ruzic, L., Sanford, J. A.: Universally accessible mHealth apps for older adults: Towards increasing adoption and sustained engagement. In: Antona, M., Stephanidis, C. (eds) *Universal Access in Human-Computer Interaction. Human and Technological Environments. UAHCI 2017*, pp. 3-12. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 10279. Springer, Cham (2017). https://doi.org/10.1007/978-3-319-58700-4_1
 25. Cáliz, D., Alamán, X.: Usability evaluation method for mobile applications for the elderly: A methodological proposal. In: Pecchia, L., Chen, L.L., Nugent, C., Bravo, J. (eds) *Ambient Assisted Living and Daily Activities. IWAAL 2014*, pp. 252-260. *Lecture Notes in Comp. Science*, vol 8868. Springer, Cham (2014). https://doi.org/10.1007/978-3-319-13105-4_37
 26. Elguera, L., Zapata, C.: Elderly users and their main challenges usability with mobile applications: A systematic review. In: Marcus, A., Wang, W. (eds) *Design, User Experience, and Usability. Design Philosophy and Theory. HCHI 2019*, pp. 423-438. *Lecture Notes in Comp. Science*, vol 11583. Springer, Cham (2019). https://doi.org/10.1007/978-3-030-23570-3_31
 27. Kurniawan, E., Bakar, N., Salam, S., Restyandito, R.: Usability evaluation dimensions of mobile health application for elderly: A systematic review. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* **99**, 242-256 (2021).
 28. Wildenbos, G., Peute, L., Jaspers, M.: Aging barriers influencing mobile health usability for older adults: A literature based framework (MOLD-US). *International Journal of Medical Informatics* **114**, 66-75 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2018.03.012>
 29. Kitchenham, B., Charters, S.: Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering version 2.3. Technical Report S.o.C.S.a.M. Software Engineering Group, Keele University and Department of Comp. Science University of Durham (2007).
 30. Zhang, H., Babar, M. A., Tell, P.: Identifying relevant studies in software engineering. *Information and Software Technology* **53**(6), 625-637 (2010). <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.12.010>

31. Aranha, M., James, K., Deasy, C., Heavin, C.: Exploring the barriers and facilitators which influence mHealth adoption among older adults: A literature review. *Gerontechnology* **20**(2), 1-16 (2021). <https://doi.org/10.4017/gt.2021.20.2.424.06>
32. Sinabell, I., Ammenwerth, E.: Challenges and recommendations for eHealth usability evaluation with elderly users: Systematic review and case study. *Universal Access in the Information Society* **23**, 455-47 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00949-w>
33. Ramdowar, H., Khedo, K. K., Chooramun, N.: A comprehensive review of mobile user interfaces in mHealth applications for elderly and the related ageing barriers. *Universal Access in the Information Society* **23**, 1613-1629 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10209-023-01011-z>
34. Napoleao, B. M., Felizardo, K. R., de Souza, E. F., Petrillo, F., Hallé, S., Vijaykumar, N. L., Nakagawa, E. Y.: Establishing a search string to detect secondary studies in software engineering. In: 47th Euromicro Conf. on Software Eng and Advanced Applications (SEAA'21), Palermo, Italy, pp. 9-16 (2021). <https://doi.org/10.1109/SEAA53835.2021.00010>

Apéndice B

En el presente Apéndice B, se presentan los estudios secundarios identificados y analizados durante el desarrollo de este estudio terciario.

Tabla B.1: Estudios secundarios.

ID	Título	Referencia
[ES1]	Elderly Users and Their Main Challenges Usability with Mobile Applications: A Systematic Review	Elguera y Zapata [2019]
[ES2]	A comprehensive review of mobile user interfaces in mHealth applications for elderly and the related ageing barriers	Ramdowar <i>et al.</i> [2023]
[ES3]	Challenges and recommendations for eHealth usability evaluation with elderly users: systematic review and case study	Sinabell y Ammenwerth [2022]
[ES4]	Usability Barriers for Elderly Users in Smartphone App Usage: An Analytical Hierarchical Process-Based Prioritization	Awan <i>et al.</i> [2021]
[ES5]	Research on Older Persons' Access and Use of Technology in the Arab Region: Critical Overview and Future Directions	Chalghoumi <i>et al.</i> [2022]

Tabla B.1 (continuación)

ID	Título	Referencia
[ES6]	Usability evaluation dimensions of mobile health application for elderly: A systematic review	Kurniawan <i>et al.</i> [2021]
[ES7]	Exploring the Barriers and Facilitators which Influence mHealth Adoption among Older Adults: A Literature Review	Aranha <i>et al.</i> [2021]
[ES8]	Aging barriers influencing mobile health usability for older adults: A literature based framework (MOLD-US)	Wildenbos <i>et al.</i> [2018]

Referencias

- Aldana, E., Eugenia, M., Navas, M., y Romero-González, Z. (2019). El adulto mayor frente al uso de las herramientas tecnologicas en cartagena de indias - colombia the elderly adult against the use of technological tools in cartagena de indias-colombia. 10(2):99. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7383543>. 2
- Alive, S. (2024). Por qué son tan importantes las tic para las personas mayores. <https://bleta.io/tic-personas-mayores/>. 8
- Aranha, M., James, K., Deasy, C., y Heavin, C. (2021). “exploring the barriers and facilitators which influence mhealth adoption among older adults: A literature review”. *Gerontechnology*, 20(2):1–16. <https://doi.org/10.4017/gt.2021.20.2.424.06>. 15, 31, 38, 71
- Awan, M., Ali, S., Ali, M., Abrar, M. F., Ullah, H., y Khan, D. (2021). Usability barriers for elderly users in smartphone app usage: An analytical hierarchical process-based prioritization. *Scientific Programming*, 2021:1–14. <https://doi.org/10.1155/2021/2780257>. 28, 31, 32, 33, 35, 38, 40, 70
- Azuddin, M., Malik, S. A., Abdullah, L. M., y Mahmud, M. (2014). Older people and their use of mobile devices: Issues, purpose and context. En *The 5th International Conference on Information and Communication Technology for The Muslim World (ICT4M)*, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICT4M.2014.7020610>. 3
- Briede-Westermeyer, J. C., Pacheco-Blanco, B., Luzardo-Briceño, M., y Pérez-Villalobos, C. (2020). Mobile phone use by the elderly: Relationship between usability, social activity, and the environment. *Sustainability*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/su12072690>. 2

- Castro, J. W. y Lamilla, I. A. (2024). Problemas del adulto mayor con el uso de las aplicaciones móviles. En *Memorias de la Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética*, pp. 131–136, Winter Garden, Florida, United States. International Institute of Informatics and Cybernetics. <https://doi.org/10.54808/CICIC2024.01.131>. 2, 11
- Castro, J. W. y Madrigal, G. A. (2024). Uso de la tecnología por las personas mayores: Un estudio exploratorio. En *Memorias de la Décima Cuarta Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética: CICIC 2024*, CICIC 2024, p. 137–142. International Institute of Informatics and Cybernetics. <https://doi.org/10.54808/cicic2024.01.137>. 2, 8, 9
- Cerda Díez, M. F., Ureta, M. d. P., Pavez, I., Benavides, C., Inostroza-Quezada, I., y Epstein, L. D. (2023). Access, use and attitudes regarding information and communication technologies among older adults during the covid-19 pandemic. *REVISTA ESPAÑOLA DE COMUNICACIÓN EN SALUD*, 14(2):7–20. <https://doi.org/10.20318/recs.2023.7375>. 8
- Chalghoumi, H., Al-Thani, D., Hassan, A., Hammad, S., y Othman, A. (2022). Research on older persons' access and use of technology in the arab region: Critical overview and future directions. *Applied Sciences*, 12(14):7258. <https://doi.org/10.3390/app12147258>. 29, 30, 42, 70
- Chopik, W. J. (2016). The benefits of social technology use among older adults are mediated by reduced loneliness. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 19(9):551–556. [10.1089/cyber.2016.0151](https://doi.org/10.1089/cyber.2016.0151). 2
- Cáliz, D. y Alamán, X. (2014). Usability evaluation method for mobile applications for the elderly: A methodological proposal. En Pecchia, L., Chen, L. L., Nugent, C., y Bravo, J., editores, *Ambient Assisted Living and Daily Activities*, pp. 252–260, Cham. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13105-4_37. 3
- Elguera, L. y Zapata, C. (2019). Elderly users and their main challenges usability with mobile applications: A systematic review. En Marcus, A. y Wang, W., editores, *Design, User Experience, and Usability. Design Philosophy and Theory*, pp. 423–438, Cham. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23570-3_31. 3, 12, 13, 15, 28, 30, 32, 37, 38, 39, 40, 70

- Ferreira, S. M., Sayago, S., y Blat, J. (2019). Older people positive, active and creative ICT use: A study in three countries. En *Human-Computer Interaction Series*, pp. 183–197. Springer International Publishing, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06076-3_12. 2
- Francis, J., Ball, C., Kadylak, T., y Cotten, S. R. (2019). *Aging in the Digital Age: Conceptualizing Technology Adoption and Digital Inequalities*, p. 35–49. Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3693-5_3. 8
- Franz, R. L., Neves, B. B., Epp, C. D., Baecker, R., y Wobbrock, J. O. (2019). *Why and How Think-Alouds with Older Adults Fail: Recommendations from a Study and Expert Interviews*, pp. 217–235. Springer International Publishing, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06076-3_14". 3
- Gao, Q., Ebert, D., Chen, X., y Ding, Y. (2015). Design of a mobile social community platform for older chinese people in urban areas. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 25(1):66–89. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/hfm.20523>. 3
- Gonçalves, V. P., de Almeida Neris, V. P., Seraphini, S., Dias, T. C. M., Pessin, G., Johnson, T., y Ueyama, J. (2017). Providing adaptive smartphone interfaces targeted at elderly people: an approach that takes into account diversity among the elderly. *Univers. Access Inf. Soc.*, 16(1):129–149. <https://doi.org/10.1007/s10209-015-0429-9>. 2
- Harrington, C. N., Ruzic, L., y Sanford, J. A. (2017). Universally accessible mhealth apps for older adults: Towards increasing adoption and sustained engagement. En Antona, M. y Stephanidis, C., editores, *Universal Access in Human-Computer Interaction. Human and Technological Environments*, pp. 3–12, Cham. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58700-4_1. 3
- Hix, D. y Hartson, H. R. (1993). *Developing User Interfaces: Ensuring Usability Through Product & Process*. John Wiley & Sons, Inc. 2, 10
- Isaković, M., Sedlar, U., Volk, M., y Bešter, J. (2016). Usability pitfalls of diabetes mhealth apps for the elderly. *Journal of Diabetes Research*, 2016(1):1604609. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2016/1604609>. 3

- ISO (2018). Iso 9241-11:2018 - ergonomics of human-system interaction — part 11: Usability: Definitions and concepts (2nd ed.). <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>. 2
- Kascak, L. R., Rébola, C. B., y Sanford, J. A. (2014). Integrating universal design (ud) principles and mobile design guidelines to improve design of mobile health applications for older adults. En *2014 IEEE International Conference on Healthcare Informatics*, pp. 343–348. <https://doi.org/10.1109/ICHI.2014.54>. 3
- Kitchenham, B. y Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical report, EBSE Technical Report EBSE-2007-01. <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1555797>. 14
- Kurniawan, E., Bakar, N., Salam, S., y Restyandito, R. (2021). Usability evaluation dimensions of mobile health application for elderly: A systematic review. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 99:242–256. https://www.researchgate.net/publication/348557794_Usability_evaluation_dimensions_of_mobile_health_application_for_elderly_A_systematic_review/citations. 3, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 40, 71
- Leiva, A. M., Troncoso-Pantoja, C., Martínez-Sanguinetti, M. A., Nazar, G., Concha-Cisternas, Y., Martorell, M., Ramírez-Alarcón, K., Petermann-Rocha, F., Cigarroa, I., Díaz, X., y Celis-Morales, C. (2020). Personas mayores en Chile: el nuevo desafío social, económico y sanitario del siglo XXI. *Revista médica de Chile*, 148(6):799–809. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872020000600799>. 8
- López Cisternas, M. F. (2024). Métodos de evaluación de usabilidad para aplicaciones web transaccionales. 9
- Mahdi Yadegari, S. M. y Masoumi, A. H. (2024). Technology adoption: an analysis of the major models and theories. *Technology Analysis & Strategic Management*, 36(6):1096–1110. <https://doi.org/10.1080/09537325.2022.2071255>. 2
- Napoleão, B. M., Felizardo, K. R., Souza, F. d., Petrillo, F., Hallé, S., Vijaykumar, N. L., y Nakagawa, E. Y. (2021). Establishing a search string to detect secondary studies in software engineering. En *2021 47th Euromicro Conference on Software*

Engineering and Advanced Applications (SEAA), pp. 9–16. <https://doi.org/10.1109/SEAA53835.2021.00010>. 18

Navarrete, F. D., Needham, T. T., Ortega, A. M. E., Concha, S. M., y Macaya, S. X. (2022). Use of information and communication technologies and emotional well-being in older adults. *Gaceta Médica Espirituana*, 24(2):1–14. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=116007>. 2

Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA. 2, 9, 10

Olivares, P. y Salazar, E. (2006). Impacto del envejecimiento en el gasto en salud: Chile 2002-2020. Technical report, Departamento de Estudios, Chile. <https://www.superdesalud.gob.cl/biblioteca-digital/impacto-del-envejecimiento-en-el-gasto-en-salud-chile-anos-2002-2020/>. 7

Peute, L. W., Wildenbos, G. A., Engelsma, T., Lesselroth, B. J., Lichtner, V., Monkman, H., Neal, D., Van Velsen, L., Jaspers, M. W., y Marcilly, R. (2022). Overcoming challenges to inclusive user-based testing of health information technology with vulnerable older adults: Recommendations from a human factors engineering expert inquiry. *Yearbook of Medical Informatics*, 31(1):74–81. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1742499>. 3

Ramdowar, H., Khedo, K. K., y Chooramun, N. (2023). A comprehensive review of mobile user interfaces in mhealth applications for elderly and the related ageing barriers. *Universal Access in the Information Society*, 23(4):1613–1629. <https://doi.org/10.1007/s10209-023-01011-z>. 15, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 37, 38, 39, 40, 70

Ramírez-Correa, P., Grandón, E. E., Ramírez-Santana, M., Arenas-Gaitán, J., y Rondán-Cataluña, F. J. (2023). Explaining the consumption technology acceptance in the elderly post-pandemic: Effort expectancy does not matter. *Behavioral Sciences*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/bs13020087>. 2

Rojas, F., Rodríguez, L., y Rodríguez, J. (2022). Envejecimiento en Chile: Evolución, características de las personas mayores y desafíos demográficos para la población. 1, 7

- Sayago, S. y Blat, J. (2007). An initial usability evaluation of some word-processing functionalities with the elderly. pp. 328–331. <https://doi.org/10.5220/0002403803280331>. 3
- Sinabell, I. y Ammenwerth, E. (2022). Challenges and recommendations for ehealth usability evaluation with elderly users: systematic review and case study. *Universal Access in the Information Society*, 23(1):455–474. <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00949-w>. 15, 29, 30, 42, 70
- Slavicek, T., Balata, J., y Mikovec, Z. (2014). Designing mobile phone interface for active seniors: User study in czech republic. En *2014 5th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CogInfoCom.2014.7020428>. 2
- Wildenbos, G., Peute, L., y Jaspers, M. (2018). Aging barriers influencing mobile health usability for older adults: A literature based framework (mold-us). *International Journal of Medical Informatics*, 114:66–75. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2018.03.012>. 12, 13, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 39, 42, 71
- World Health Organization: WHO (2024). Envejecimiento y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>. 1, 7
- Yáñez, R. y Dragucevic, N. M. A. (2021). Personas mayores y su incorporación a las nuevas tecnologías, muestra de su resiliencia y derrota de estereotipos viejistas. *Revista médica de Chile*, 149(7):1097–1098. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872021000701097>. 8
- Zhang, H., Babar, M. A., y Tell, P. (2011). Identifying relevant studies in software engineering. *Information and Software Technology*, 53(6):625–637. Special Section: Best papers from the APSEC. 15