

**10 mo**  
**CONGRESO NACIONAL**

**CoNaIISI**

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información

**2022 Modalidad Híbrida**

Facultad Regional Concepción del Uruguay

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay  
10mo. Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información /  
compilación de Adrián Callejas ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
: Universidad Tecnológica Nacional, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-42-0218-9

I. Tecnología Informática. I. Callejas, Adrián, comp. II. Título.

CDD 004.071

ISBN 978-950-42-0218-9



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.



**10 mo. Congreso Nacional de  
Ingeniería Informática / Sistemas de Información**

**3 y 4 de Noviembre 2022**

Facultad Regional Concepción del Uruguay

## Monitoreo de adultos mayores con geocercas y detectores de caídas: mapeo sistemático de la literatura

*Esteban Andrés Carnuccio, Pablo Martín Vera, Carlos Neil*  
*Universidad Abierta Interamericana*  
*Buenos Aires, Argentina*  
*EstebanAndres.Carnuccio@alumnos.uai.edu.ar*  
*{PabloMartin.Vera, Carlos.Neil}@uai.edu.ar*

### Resumen

*La salud de las personas es importante, no solo para el individuo sino también para sus familiares y allegados. Por tal razón, hoy en día existen diversas tecnologías que permiten realizar el monitoreo de adultos mayores. En este artículo se muestran los resultados obtenidos al llevar a cabo un mapeo sistemático de la literatura, acerca del uso de dispositivos que sirven para el monitoreo de los adultos, los cuales utilizan diversas funcionalidades, entre las que se destacan las técnicas de geofencing y detección de caídas. Por ese motivo, se detalla el protocolo seguido para realizar la búsqueda de bibliografía, junto con el resultado de su análisis. Esto se realizó con la finalidad de poder responder las preguntas de investigación que fueron planteadas en este trabajo. Como resultado, se pudo concluir que, existen determinados aspectos que no son abarcados en su totalidad en los trabajos que fueron investigados, que resultan ser importantes para la vida del adulto mayor.*

### 1. Introducción

De acuerdo a la Organización Mundial de La Salud, las personas son consideradas adultos mayores cuando superan los 60 años [1]. A partir de esa edad, el individuo puede empezar a sufrir distintos problemas de salud, pudiendo agravarse en edades más avanzadas. Una de ellas puede ser la Demencia Senil [2]. Esta puede traer distintas consecuencias, como lentitud en los movimientos de las personas, fatiga, depresión, caídas, desorientación, problemas cognitivos, entre otros. Por lo que llevar un control de las actividades que realiza esa persona diariamente, es imprescindible. Sobre todo, para sus allegados.

Por otro lado, puede ser que el adulto mayor no presente ninguna enfermedad en un momento dado. No obstante, en algunos casos, puede ser que sus familiares prefieran llevar a cabo un control de las cosas que hace y

de su salud. Para así poder estar atentos ante cualquier percance que pueda sufrir.

En este sentido, existen diversas investigaciones y dispositivos comerciales, cuya funcionalidad consiste en el monitoreo de adultos mayores. En donde permiten controlar distintos parámetros, tales como presión arterial, temperatura de la persona, oxígeno en sangre, ubicación de la persona en determinado momento, detección de caídas, entre otras funcionalidades. Entre estos trabajos, podemos encontrar a [3], que desarrolló un dispositivo que detecta caídas y permite controlar otros signos vitales, tales como pulso, oxígeno y temperatura. Por otro lado, en [4] se utiliza un smartwatch y un smartphone para, también detectar caídas, y monitorear signos vitales, entre los que se encuentra la frecuencia cardiaca.

Una de las posibles consecuencias de la edad de los adultos, puede ser la desorientación [1]. En este sentido, existen trabajos que emplean técnicas de geofencing y geolocalización para ayudar a estas personas. La primera metodología mencionada, por lo general, consiste en definir una reducida área geográfica, que es considerada como referencia para disparar un evento en el momento en que el usuario ingresa o sale de dicha área. A esta zona se la denomina geocerca [5]. En cambio, en [6] se utiliza esta metodología para alertar a los cuidadores de un hogar de anciano, cuando la persona se aleja de cierto límite.

En consecuencia, debido a la gran diversidad de trabajos que abarcan este tema, se realizó el presente mapeo sistemático. Para ello se buscaron artículos que traten sobre dispositivos para el monitoreo general de adultos mayores, en donde principalmente se lleve a cabo la detección de caídas y se aplican técnicas de geofencing. Luego a partir de los artículos encontrados, se analizaron que sensores se utilizan para llevar a cabo los distintos controles de monitoreo de signos vitales, entre otras funcionalidades. El objetivo de esta investigación es poder determinar, cuáles son los aspectos que no se contemplan en estos trabajos. A fin de poder sentar las bases de un trabajo de Tesis de Maestría, la cual pretende abordar esta problemática.

## 2. Preguntas de investigación

El objetivo principal de realizar un mapeo sistemático consiste en la recopilación y análisis crítico de trabajos e investigaciones previas, en el ambiente que se desea indagar. Por ese motivo se plantearon los siguientes interrogantes en la Tabla 1, que direccionarán el proceso.

**Tabla 1 Preguntas guía del mapeo**

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	MOTIVACIÓN
<b>P1:</b> ¿En dónde se ubican los dispositivos de monitoreo general?	Determinar cuál es la mejor ubicación en donde se colocan los dispositivos de monitoreo
<b>P2:</b> ¿Qué tipo de tecnología utilizaron para la detección de caídas?	Identificar cuáles son las herramientas hardware que se utilizan para la detección de caídas
<b>P3:</b> ¿Qué técnicas de detección de caídas se emplearon?	Determinar cuáles son las técnicas que se utilizan para detección de caída
<b>P4:</b> ¿Qué clase de tecnología se utilizaron para geolocalización y geofencing?	Identificar cuáles son las herramientas hardware que se utilizaron para geolocalización y geofencing en el monitoreo de personas mayores
<b>P5:</b> ¿Qué estudios y de qué forma usan la detección de caídas y las técnicas de geofencing?	Establecer de qué manera se emplearon la detección de caídas y geofencing en el mismo sistema de monitoreo
<b>P6:</b> ¿Qué otras funcionalidades fueron utilizadas para el monitoreo general, en los dispositivos que detectan caídas y usan geofencing?	A partir de los estudios que hacen geofence y detectan caídas, conocer que otras utilidades ofrecen estos para el monitoreo general

## 3. Métodos de revision

En este apartado se emplea la metodología para llevar a cabo un mapeo sistemático de la literatura que fue propuesto por [7]. En consecuencia, siguiendo dichos lineamientos, se realizó la búsqueda y selección de artículos científicos. Dicha indagación, se basó en tres pasos esenciales. Los cuales son detallados en las siguientes secciones.

### 3.1. Selección de Fuentes

Inicialmente se decidió realizar la búsqueda en los principales repositorios de artículos científicos de temas generales. Tales como IEEE Explorer, ACM Digital Library y Science Direct. No obstante, también se utilizó

el buscador de Google Académico, para poder efectuar una búsqueda más profunda en cuanto a trabajos de investigación. Dado que ciertos artículos no se encuentran indexados por los primeros mencionados. A su vez, se realizó la búsqueda empleando el motor Pubmed. El cual indexa a la base de datos Nacional de Medicina de Estados Unidos.

### 3.2. Definición de términos

En esta fase de la metodología propuesta por [7], se dividió en varias secciones. Para ello se definieron términos en inglés y en español. Además, se establecieron términos principales básicos, junto a sus palabras alternativas. Inicialmente se realizó una revisión terciaria, para ello se seleccionaron los siguientes tres artículos [8], [9] y [10]. En consecuencia, se tomaron estos artículos como referentes, para poder definir los términos principales de búsqueda en inglés: *Geofencing*, *fall detection* y *Older people*. Además, se pudieron establecer sus términos alternativos, junto a su traducción en español.

Posteriormente, utilizando dichos términos, se definieron las cadenas de búsqueda. En un principio se estableció una cadena genérica, para realizar la indagación en las fuentes seleccionadas. No obstante, se determinó que era conveniente utilizar distintas cadenas de búsqueda, que dependieran del repositorio empleado. Esto fue debido a que buscadores como Google Academic y Science Direct, mostraban una gran cantidad de artículos coincidentes. Mientras que no se encontraban resultados en IEEE, ACM Digital y Pubmed. Por ese motivo en esos repositorios se utilizó una cadena de búsqueda distinta. En donde en ellos, se buscaron artículos que tratasen de detectores de caídas o sobre geofencing. Esto se puede visualizar en la Tabla 2. De esa manera estos buscadores, mostraron una gran cantidad de artículos coincidentes. Otro punto que se tuvo en cuenta, es que los buscadores limitan la cantidad de caracteres que conforman las cadenas de búsqueda. Por ese motivo se debió acortar el texto a buscar, dependiendo del repositorio utilizado.

**Tabla 2 Cadenas de búsqueda**

Google Académico (inglés)	("Fall Detection" OR "Fall Monitor" OR "Fall Alert") AND ("Geofence" OR "Geofencing" OR "Geolocalisation" OR "GPS Tracker" OR "Geopositioning" OR "fence") AND ("older people" OR "older adults" OR "elderly")
Google Académico (español)	("Detección de caídas" OR "Monitor de Caídas" OR "Alerta de Caídas") AND ("Geovallas" OR "Geocercas" OR "Geofencing" OR "geoposicionamiento" OR "geolocalización" OR "Rastreador GPS") AND ("Personas mayores" OR "adultos mayores" OR "ancianos")
IEEE, ACM Digital y Pubmed (inglés)	("fall detection") OR ("fall detector") OR (geofencing) AND (elderly)
Science	("Fall Detection" OR "Fall Monitor" OR "Fall Alert") AND ("Geofence" OR "Geofencing")

Direct (inglés)	OR "GPS Tracker" OR "fence") AND ("older adults" OR "elderly")
--------------------	--

Se definió como período de búsqueda desde 2017 hasta junio del 2022.

### 3.3. Criterios de inclusión y exclusión

Debido a la gran cantidad de artículos obtenidos, como resultado de realizar las búsquedas utilizando las cadenas antes mencionadas, fue necesario descartar los trabajos que no eran importantes para esta investigación. Para esto se definieron criterios que debían cumplir los trabajos para ser considerados como útiles. Mientras los que no acreditaron, no fueron tenidos en cuenta. Los criterios de inclusión y exclusión se pueden visualizar en la Tabla 3.

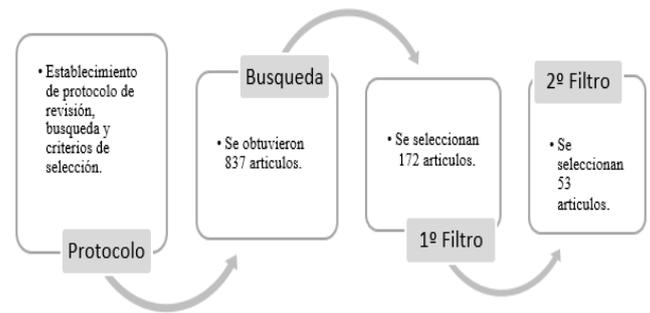
**Tabla 3 Criterios de Inclusión y Exclusión**

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
CI 1. La publicación está en inglés o castellano	CE 1. Artículos a los que no se tiene acceso o duplicados
CI 2. Artículos dentro del intervalo temporal (2017-junio 2022)	CE 2. Artículos fuera del intervalo temporal (2017-junio 2022)
CI 3. Artículos donde el grupo poblacional sea $\geq 60$ años	CE 3. Trabajos que sean orientados para estudios médicos.
CI 4. Estudios dirigidos al envejecimiento de la población y la vida independiente del adulto mayor	CE 4. Artículos que presentan soluciones que no son wearables o que no puedan ser utilizados en el hogar del anciano.
CI 5. El trabajo esta publicado en revistas, conferencias y revisiones sistemáticas.	CE 5. No se consideran Simposios, Libros, Workshops y revisiones de conferencia

## 4. Búsqueda de trabajos

Empleando el protocolo de revisión anteriormente descrito, se llevó a cabo la búsqueda de trabajos en cada una de las bases de datos elegidas. Por lo tanto, se obtuvieron 837 artículos como primer resultado. Posteriormente, sobre esta cantidad de trabajos, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión. Este paso fue iterativo y constó de dos etapas: 1° y 2° del filtro. Esto se muestra en la Tabla 4. Para el primer filtrado se analizaron los títulos, abstract y palabras claves. Como resultado quedaron 172 artículos. Luego, se aplicó el segundo filtro. En donde se tuvieron en cuenta los trabajos que luego de leerlos completamente, cumplen los criterios de inclusión y exclusión y contestan a las preguntas de investigación. Esto generó como resultado un total de 53 artículos, que fueron los utilizados para este mapeo sistemático.

**Tabla 4 Detalle del proceso de búsqueda y filtrado de artículos**



## 5. Síntesis de datos extraídos

Después de realizar el proceso de búsqueda, selección y clasificación de artículos detallado, se prosiguió con la sintetización de sus datos. De forma tal, de poder responder las preguntas de investigación planteadas y, a su vez, determinar las tendencias de utilizar geofencing junto a detectores de caídas.

### P1. ¿En dónde se ubican por lo general los dispositivos?

En este trabajo se investigaron dos tipos de ambientes, en donde se puedan ubicar los dispositivos que permitan monitorear a los adultos mayores. Siempre haciendo principal hincapié en la detección de caídas y las técnicas de geofencing. Por consiguiente, las localizaciones que se investigaron fueron clasificadas, como *Interior* o *Exterior*. El ambiente *Interior* se refiere a dispositivos que son ubicados dentro de un inmueble tal como una casa, hogar de anciano, entre otros. Mientras que *Exterior*, se le asignó a dispositivos móviles o wearables que son utilizados fuera del ambiente *Interior*.

Como resultado de la síntesis, se encontraron 11 investigaciones que utilizaron solamente dispositivos clasificados como *Interior*. Mientras que únicamente para *Exterior*, se hallaron 15 trabajos. Por otro lado, se observaron 27 artículos que combinan dispositivos que funcionan tanto en *Interior* como en *Exterior*.

A su vez se analizó en qué ubicaciones se utilizan los dispositivos en los dos ambientes mencionados. Para ello, se indagó en qué partes del cuerpo humano se utilizan los dispositivos wearables. Esto se debe a que dependiendo de su ubicación, puede afectar al funcionamiento del detector de caídas [11] y [12]. Por ende, como resultado del análisis, se encontraron las siguientes localizaciones en donde se ubican los dispositivos. Existen varias investigaciones que utilizan los dispositivos ubicados solo en la muñeca de la persona [13], [14], [15], [3] y [16]. Por otra parte, se encontraron trabajos que los emplean colocados solamente en la cintura [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25] y [26]. En cambio, en [27] se lo utilizó únicamente en el pecho. También se pueden ubicar en una herramienta que utiliza un anciano, tal como lo realiza [28], que lo ubica en un bastón. No obstante, existen investigaciones que lo utilizaron en distintos

lugares. También se realizaron varios estudios para determinar su mejor ubicación [11] y [29]. Tales como en pecho, muñeca y cintura. En estos últimos trabajos, se destacan que las mejores ubicaciones para poder detectar caídas son en la muñeca y en la cintura. Siendo la cintura la preferente, debido a que detecta muy poca cantidad de falsos positivos, con respecto a los dispositivos de pulseras. Esto se debe a que el propio movimiento diario del brazo es difícil de diferenciar de las caídas.

Por el lado de dispositivos fijos, que se utilizan en el Interior, se encontró que [30], [31], [32] y [33] los ubican adheridos a las paredes, por otro lado, los dos últimos artículos citados los sitúan en el suelo o sobre las mesas.

Al mismo tiempo, existen investigaciones que utilizan una combinación de dispositivos ubicados en diferentes localizaciones, tal como [34], que utiliza dos dispositivos: uno en el pecho y otro en la muñeca. En cambio, en [35] y [4] combinan un Smartwatch con un Smartphone. Por otro lado, en [36] y [37] emplean dispositivos en la muñeca junto a cámaras fijas, ubicadas sobre una mesa o pared del Interior.

## P2. ¿Qué tipo de tecnología se utilizaron para detectar caídas?

Los artículos analizados utilizan diferentes tipos de tecnologías. Basándonos en los tres tipos de dispositivos de caídas que propone [9]. Este los clasifica en: Wearables, basados en Cámaras y de Ambientes. De acuerdo con ello, se realizó la siguiente Tabla 5.

Tabla 5 Tipo de tecnología

Tipo	Tecnología	Sensores para detectar la caída	Artículo
Wearables	Smartwatch	acelerómetro, giroscopio	[15][34][36] [35][37][4]
	Smart band	acelerómetro, giroscopio, barómetro	[13]
	Smartphone	acelerómetro, giroscopio	[17][38][35] [39][37][6] [40][41][25] [26]
	Placas de Desarrollo	acelerómetro, giroscopio, micrófono, sensor de vibración	[34] [14][19][27] [21][38][34] [11][3][22] [23][16][28] [29][24][40] [25][26][4]
	Disp. Comercial	Acelerómetro	[18][42][12]

Cámaras			[20][43][36] [37] [33]
Ambiente		Acelerómetro	[32]
		Sensor PIR	[30]
		Sensor Radar	[31]

La primera columna de la tabla corresponde a la clasificación de los tipos de dispositivos de caídas; en la segunda columna, se muestran una subclasificación, con las distintas tecnologías con que se pueden desarrollar cada uno de estos. Mientras que en la tercera se enumeran que sensores se utilizaron para detectar las caídas, en los distintos artículos analizados. Como se puede observar en la tabla anterior, existen investigaciones que se repiten en diferentes tipos de tecnología. Esto se debe a que en ellos se emplean más de un dispositivo. Por ejemplo, en [34] se utilizan un Smartwatch y una placa de desarrollo.

## P3. ¿Qué técnicas de detección de caídas se emplearon?

En los distintos artículos analizados, se repiten las mismas metodologías para detectar caídas. En algunos casos se encuentran con algunas adaptaciones. No obstante, la base de estas es la misma. En este sentido se generó el siguiente gráfico, Fig. 1.

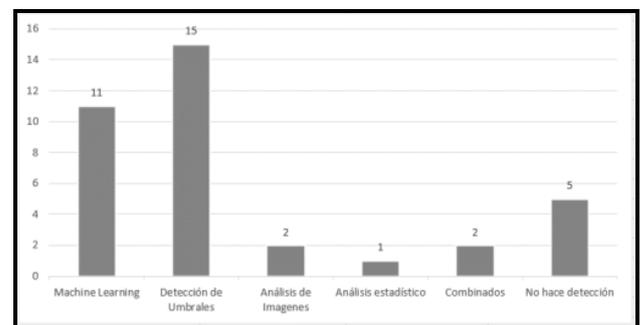


Fig. 1 Técnicas de detección de caídas

Como se puede observar, existe una gran cantidad de trabajos que utilizan algoritmos con detección de umbrales para las caídas. Para ello algunos usan acelerómetro y giroscopio [19], [3], [11], [22], [17], [38], [25], [26] y [4]. En cambio [14] y [32], utilizan detección de umbrales a través de vibración. Por otro lado, existen investigaciones que utilizan Machine Learning para detectar caídas. Estos utilizan algoritmo de aprendizaje tales como SVM, árbol de decisión, KNN, Bayes, CNN, LTSM, entre otros. Algunos de los trabajos que utilizan estas metodología son [13], [21], [28],[34], [44], [40],[31] y [30]. En contraparte, se encuentran artículos que realizan detección de caídas a través de análisis de imágenes[20] y [43]. En cambio, en [39] detecta realizando cálculos estadísticos. Complementariamente, existen estudios que fusionan dichas técnicas, en [33] utilizan análisis de imágenes con KNN, mientras que en [36] usan observación de imágenes con detección de umbrales para verificar la caída.

#### P4. ¿Qué clase de tecnología se utilizaron para geolocalización y geofencing?

En la gran mayoría de los artículos analizados, se utilizó al sensor GPS para determinar la localización de las personas, y a su vez para determinar áreas de geofencing. Estos trabajos fueron usados en su gran parte para dispositivos que trabajen en ambientes *Exteriores*. Este mecanismo es el más empleado entre las distintas investigaciones analizadas. Los cuáles, serán detallados más adelante. No obstante, existen trabajos que utilizan otras tecnologías de geolocalización, para el ambiente *Exterior*. Este es el caso de [45] y [46] que realizan la geolocalización empleando solamente Lora<sup>1</sup>. A su vez, en [47] implementaron un mecanismo que permite realizar geoposicionamiento utilizando GPS, Wifi o Lora junto a NB-IOT. Los cuales son seleccionados automáticamente dependiendo de su señal y su disponibilidad.

Por otra parte, se encontraron investigaciones que detectan la ubicación del adulto mayor en ambientes *Interiores*, por ejemplo, dentro de su hogar. Este es el caso de [19], que realiza la localización de la persona dentro de un lugar a través de la triangulación de la señal de Wifi. Otro caso es el de [42], que utiliza la tecnología de Bluetooth Beacons<sup>2</sup>, para determinar la ubicación de la persona dentro del hogar. En cambio en [48] y [49] emplean tecnología RFID. Por su parte, en [50] fusionan mecanismos de Banda Ultraancha (UWB) y Bluetooth BLE. Mientras que en [51], se emplea sensores de distancia, para que mediante triangulación poder detectar la ubicación de la persona.

Adicionalmente, se hallaron artículos en donde realizaban el monitoreo en los dos ambientes mencionados: *Exterior e Interior*. Para ello emplearon dos o más mecanismos mencionados. Tal es el caso de [52], en donde se utiliza GPS para saber dónde está el anciano, y si se encuentra dentro del hogar. Además, traza la ruta realizada por este en un mapa. También utiliza Geofencing para saber si entra o sale de un área específica. Por otro lado, en el mismo trabajo, dentro del hogar se utiliza RFID en los zapatos y la puerta de entrada del hogar, baño y cocina. De esta manera se sabe si la persona pasó por esos lugares. A partir de esto, puede verificar si tarda mucho en un sitio, generando una alarma si eso sucede. Otro trabajo que combina dos tecnologías es [53]. En donde utiliza GPS para localización exterior y hacer uso de geofencing. Mientras que, en *Interior*, utiliza Wifi y Beacons para ubicar a la persona dentro de su hogar.

#### P6. ¿Qué estudios y de qué forma usan la detección de caídas y las técnicas de geofencing?

<sup>1</sup> Es una especificación para redes de baja potencia y área amplia, LPWAN, diseñada específicamente para dispositivos de bajo consumo de alimentación.

<sup>2</sup> Dispositivo basado en tecnología Bluetooth Low Energy (BLE) que está constantemente emitiendo una señal única. Ésta puede ser recibida e interpretada por otros dispositivos, como smartphones y tabletas, que pasen a una distancia corta.

Para contestar esta pregunta de investigación se tuvieron en cuenta los trabajos que hacen uso de GPS. Dado que es el mecanismo más utilizado en las distintas investigaciones.

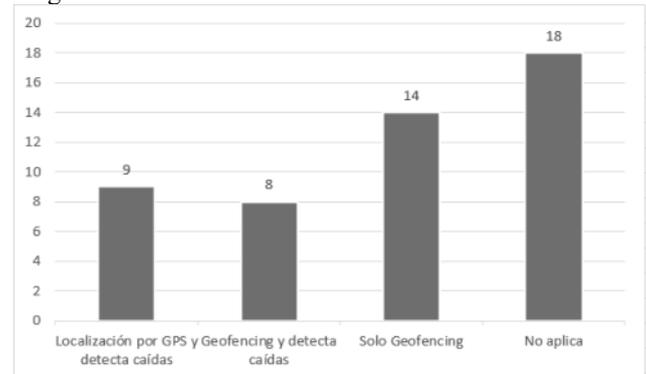


Fig. 2 Estudios que aplicaron técnicas de Geofencing y detección de caídas

El gráfico anterior, Fig. 2, muestra que 9 artículos aplican detección de caídas y solamente usan localización por GPS, para ubicar al anciano. En cambio, 18 artículos no emplean geofencing, ni GPS. Por otro lado, se encontraron 14 investigaciones que solamente usan geofences. Por ejemplo, en [16] se usa geofences para establecer zonas de alerta según gravedad (rojo, amarillo y verde), si el anciano sale de la zona verde sonará un buzzer, mientras que, si sale de la zona roja, se enviará alertas a los familiares. En [24] se utiliza geofencing para determinar si el anciano está lejos de su casa. Entonces, luego cuando este abandona esta área de geovalla, el sistema le indicará cómo debe volver a su hogar, siguiendo para ello el camino que había realizado. En [6] se emplea geofences en un hogar para ancianos donde se alerta al cuidador que está más cerca del adulto si este sale de un área de geofences. En [41] se realiza geofencing para determinar si el anciano está lejos de su casa, para eso genera dos zonas: una verde (zona segura) y una naranja (zona a explorar). Así, si está dentro de la zona verde, no habrá problema, pero si entra a la naranja, estará explorando las zonas permitidas. Entonces si se queda mucho tiempo dentro de la zona naranja, se marca como verde. Si luego, sale de la naranja se emitirá una alarma. Además, se genera un corredor seguro, para que el usuario pueda ir fuera de la zona. Generando una alarma, si no vuelve a su casa después de un tiempo. También se encuentra [53], que usa geofencing para alertar al cuidador, si el anciano sale de la casa y fuera de la zona de geovalla. Por otro lado, se encuentra [54]. En el cual se desarrolló un prototipo de geofencing automático, con zonas seguras. Luego cuando sale de estas regiones, según el comportamiento del anciano, determina si es nueva área o si está perdido.

Finalmente, se encontró que 8 artículos emplean alguna técnica de geofencing y métodos de detección de caídas, en el mismo sistema de monitoreo general. En [14] se realiza geofencing ya que se determina si la persona se encuentra fuera del hogar, cuando sufre una caída. En [18] se realiza detección de caídas y geofencing de forma independiente, el geofencing se utiliza para notificar a qué

distancia se encuentra de un punto geográfico y si sale de un área determinada. En [19] se emplea detección de caídas y geofences dentro de un lugar, triangulando el nivel de la señal Wifi. En [42] se emplea geofences automático, ya que determina cuál es el patrón de comportamiento de la persona, registrando las zonas que comúnmente frecuenta. Entonces según eso determina automáticamente las zonas de geofencing, luego, cuando la persona sale o entra de una zona genera una alerta. En [40] se lleva a cabo detección de caídas y geofencing de forma independiente. El geofencing lo realiza para determinar si la persona se va de la casa por un tiempo determinado. Por lo que luego, si pasa ese tiempo fuera de su hogar, generará una alarma. Por otra parte, en [55], usa GPS para localización y geofencing para alertar si el anciano sale afuera de su hogar y de la zona de Geofencing. Además, detecta caídas. Por otro lado en [56], se usa un smartwatch para detectar caídas y hacer uso de geovallas en el exterior, alertando si sale del área determinada. Mientras que en [37], el geofencing lo utiliza para notificar en que distancia está de una determinada ubicación y si sale de una zona.

**P5. ¿Qué otras funcionalidades fueron utilizadas para el monitoreo general, en los dispositivos que detectan caídas y usan geofencing?**

Para responder esta respuesta, se analizaron los trabajos que fueron mencionados en el punto anterior, que utilizan geofencing y detección de caídas en el mismo sistema de monitoreo. Adicionalmente, también se examinaron las investigaciones que detectan caídas y usan el GPS para geolocalización. Por ese motivo en total se examinaron las 17 investigaciones resultantes. El resultado de dicho análisis se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6. Otras funcionalidades**

Artículo	Otras funcionalidades
[57]	-Botón de pánico para alertar accidentes u otro evento -Muestra historial de caídas y su ubicación -Seguimiento de la localización de la persona mayor -Buzzer para alertar a personas próximas al accidente
[55]	-Usa botón de pánico del smartwatch -Usa sensor de ritmo cardiaco y contador de pasos, para obtener datos de los biosensores
[56]	- Utiliza contador de pasos, acelerómetro y sensor de ritmo cardiaco del smartwatch para controlar las actividades de la persona - Detecta si la persona tuvo problema de salud, controlando si demora mucho tiempo en una sección del ambiente interior
[14]	-Disp. Wearable de pulsera. Utiliza grabadora de voz y parlante. -Presenta botones que permiten grabar audio con información (nombre, edad y otros) por si sufre un accidente fuera de su hogar
[18]	-Utiliza localización del adulto mayor y, cuando se

	cae, permite visualizar en un mapa que camino realiza después del accidente.
[38]	Se divide en dos partes: 1)Smartphone (utiliza el acelerómetro, sensor de orientación y GPS) 2) Embebido en el hogar (utiliza sensor de gas, monóxido de carbono, Cámara IP) -El smartwatch se utiliza para detectar caídas y, por medio del GPS, saber si la persona se encuentra dentro o fuera de su hogar -Permite ver el estado de los sensores de la casa y ver en forma remota la Cámara IP, a través de una app
[3]	-Disp. Wearable de pulsera. Monitorea la temperatura, el pulso y el oxígeno de la persona. -Permite visualizar la ubicación exterior de la persona -Utiliza Wifi par a interior y GSM en el exterior
[22]	-Utiliza sensor de pulso y acel. para monitorear -Utiliza algoritmo de GPS para mejorar su precisión
[23]	- Disp. Wearable de pulsera. Utiliza sensor de pulso y acel. para monitorear -Utiliza botón de pánico y GPS para geolocalización
[28]	-Bastón que usa sensor de pulso, oxígeno, azúcar en sangre, distancia y de presión táctil. A partir de dichos datos usaron Machine Learning para predecir las caídas. -El GPS lo usa para obtener la localización
[42]	Se divide en varias partes: 1)Chaleco de uso diario (con acelerómetro, giroscopio, magnetómetro y sensor cardíaco). Permite controlar la respiración y la postura. 2) Sensor de presión sanguínea y dinamómetro. Se usan para revisión médica o durante el uso de juegos cognitivos 3) Sensores de interior (usan Bluetooth Beacons para conocer la ubicación de la persona dentro de su casa) 4)Smartphone (usan GPS, acelerómetro y giroscopio) 5)Anteojos de realidad virtual, para jugar juegos que trabajen problemas cognitivos)  -Todos estos datos son enviados a la nube en donde se procesan y empleando algoritmos de Machine Learning detectan anomalías, realizan informes médicos y ayudan a prevenir enfermedades. -Este sistema es utilizado entre los médicos y los familiares
[37]	Si divide por partes: 1)ESP32. (con sensor GSR, de pulso y oxígeno. Además, con GPS y acelerómetro). Calcula la frecuencia de respiración con el sensor de pulso. 2) Raspberry pi: Utiliza una cámara para comprobar si el adulto toma los medicamentos  -Todos los datos son enviados al servidor para que sea procesado y determinar por medio de algoritmos de Machine Learning, si existe algún valor extraño. Si eso sucede emite varias alertas
[40]	Se divide en varias partes:

	1)Disp. Wearable de pulsera (con acelerómetro). Lo utiliza para detectar las caídas a través de algoritmos de Machine Learning 2) Smartphone utiliza el GPS, para determinar si la persona está dentro o fuera de la casa 3) Disp. Embebido. (con interruptor magnético), para detectar si se encuentra dentro de su hogar y si está fuera del mismo mucho tiempo
[26]	-Embebido con (botón de pánico, acelerómetro y GPS para geolocalización)
[4]	-utiliza el podómetro, para contar los pasos del usuario y a si determinar ciertos patrones de actividad. -Utiliza sensor de pulso, para controlar la frecuencia cardiaca. -Realiza geolocalización por medio de GPS
[58]	-Embebido que utiliza un smartphone como Gateway, -Detecta caídas, controla el ritmo cardiaco, -Utiliza pantalla de papel, buzzer, led y sensores táctiles - Utiliza NFC para controlar que la persona tome los medicamentos. -Usa GPS para geolocalización

### Dispositivos comerciales

En forma complementaria, también se investigaron dispositivos comerciales, que el usuario puede comprar actualmente en el mercado. Para ello se buscaron dispositivos de monitoreo general, pero que principalmente detecten caídas y empleen técnicas de geofencing. En este sentido, la Tabla 7 enumera los equipos analizados.

**Tabla 7 Dispositivos Comerciales**

Tecnología	Nombres
Smartwatch	FallSafety, Karewatch, OSmile, BoundaryCare, BayaAlarmMedical, Mcarewatch, MinifindeNano, DoctorAlert, Bipy
App Smartphone	SenorSafetyApp, EasyLogger, FallSafety
Dispositivo pequeño	Mercary, Stray Star GPS Tracker, S911 Lola, BayaAlarmMedical, HelpyOops, Itraq

En la primera fila de la tabla se muestran los smartwatches que permiten el monitoreo de adultos mayores. Los cuales detectan caídas y usan geocercas. En esta clasificación se incluyeron a los Smartwatch y su aplicación móvil, que son necesarios para su utilización. Por otra parte, en la segunda fila, se incluyeron los programas que son solamente utilizables en Smartphone. Mientras que, en la tercera, se enumeran los dispositivos embebidos que pueden usarse en cualquier parte del cuerpo. Es importante mencionar, que existen productos comerciales que ofrecen dos tipos de tecnologías juntas.

Por ese motivo algunos se repiten en dos categorías. Tal es el caso de *BayaAlarmMedical*. El cual ofrece un smartwatch y un dispositivo embebido pequeño para su uso.

### Análisis de los dispositivos comerciales

En la gran mayoría de los dispositivos comerciales, las técnicas de geofence lo utilizan para enviar mensajes de alerta, cuando el anciano entra o sale de una zona determinada. Un caso particular es del Smartwatch Boundare, que permite generar corredores seguros para que el anciano siga ese camino. De esta forma, puede configurarse un itinerario a lo largo de una ruta, para que siga de un destino a otro. Por otro lado, FallSafety, utiliza geofence para enviar un mensaje a un grupo de trabajadores que se encuentran dentro de un área determinada. No obstante, esta funcionalidad no se usa para personas mayores. Además, tiene un costo adicional.

Al mismo tiempo, también se analizaron las otras funcionalidades que ofrecen al usuario los dispositivos comerciales. En consecuencia, seguidamente se muestran dichas utilidades en la Tabla 8.

**Tabla 8 Dispositivos comerciales**

Dispositivo	Otras funcionalidades
Bipy [59]	-Conexión GSM, Wifi, Parlantes, micrófono y GPS -Permite realizar llamadas telefónicas a un contacto, botón de pánico y envió de mensajes de audio. -Recordatorios para toma de medicamentos. -Cámara para sacar fotos que se deben descargar al pc y geolocalización. -Monitor de ritmo cardiaco y contador de pasos.
FallSafety [60]	-Botón de pánico. Permite realizar llamadas telefónicas y enviar SMS. -Presenta parlantes que permiten reproducir sonidos ante un evento. -Presenta recordatorio de tareas diarias
Karewatch [61]	-Permite monitorear temperatura, presión arterial, frecuencia cardíaca y oxígeno en sangre. -Permite realizar videollamadas y llamadas telefónicas. Utiliza 4G. -Botón de Pánico, Geolocalización por GPS. - Posee recordatorio de toma de medicamentos
OSmile [62]	-Posee Cámara, micrófono y 4G. Permite realizar llamadas telefónicas y videollamadas -Monitorea la temperatura, ritmo cardiaco, presión en la sangre -Utiliza podómetro, para contar los pasos -Geolocalización por GPS. Permite ver el historial de ubicaciones -Botón de pánico -Recordatorio de toma de medicamentos

BoundaryCare [63]	-Debe funcionar junto al smartphone -Detecta si el anciano se saca el smartwatch o no lo está usando -Geolocalización por GPS. Permite ver el historial de ubicaciones -Monitorea ritmo cardiaco y oxígeno en sangre
BayAlarm Medical [64]	-Compuesto por smartwatch y Dispositivos embebidos -Tiene GSM. Botón de pánico. Permite realizar llamadas -Geolocalización por GPS.
Mcarewatch [65]	-Tiene 4G. Realiza llamadas, SMS -Geolocalización por GPS y Wifi -Permite recordatorios de tareas -Botón de pánico -Monitoreo de ritmo cardiaco
MinifindeNano [66]	-Tiene GSM, Micrófono y parlante. Permite realizar llamadas. -Botón de pánico -Monitoreo de ritmo cardiaco - Historial de Geolocalización por GPS - Envía una alerta por SMS, si se ingresa a un área que no tiene señal de GPS y si se está quedando sin batería
DoctorAlert [67]	-Tiene GSM, Micrófono y parlante. Permite realizar llamadas -Botón de pánico -Monitoreo de ritmo cardiaco -Geolocalización por GPS
SensorSafety App [68]	-Permite enviar Mensajes SOS rápidamente, generando un sonido muy fuerte para llamar a la gente que se encuentra alrededor -Genera alertas si el Smartphone esta mucho tiempo en un lugar ruidoso, por si se encuentra mucho tiempo sin moverse, por batería baja o cuando cambia de red (posible robo). -Genera alertas cuando la fuerza G supera un umbral. -Tiene historial de Geolocalización por GPS.
EasyLogger [69]	-Geolocalización por GPS -Reporta uso de llamadas telefónicas y de SMS. Además de aplicaciones instaladas en el Smartphone -Utiliza algoritmo de bajo consumo de batería y envía alerta cuando el nivel de energía está bajo - Envía alertas por inactividad de uso
Mercari [70]	-Puede usarse como pulsera, collar o en el cinturón -Posee GSM, Wifi, micrófono y parlante. Permite realizar llamadas -Geolocalización por GPS -Recordatorios de tareas -Envía alertas por inactividad, por batería baja, -Presenta botón de pánico
Stray Star GPS Tracker	-Puede usarse en cualquier lugar (como pulsera, collar, en el cinturón, entre otros)

[71]	-Posee GSM, Wifi, micrófono y parlante. Permite realizar llamadas y envió SMS -Geolocalización por GPS -Permite localizar el dispositivo si se pierde mediante sonido -botón de pánico
S911 Lola [72]	-Posee cámara, micrófono y 4G. Permite realizar llamadas y videollamadas -Monitorea la temperatura, ritmo cardiaco, presión en la sangre -Utiliza podómetro, para contar los pasos -Geolocalización por GPS. Permite ver el historial de ubicaciones -Botón de pánico -Recordatorio de toma de medicamentos
HelpyOops [73]	-Tiene GSM, micrófono y parlante. Permite realizar llamadas -Botón de pánico -Geolocalización por GPS
iTraq [74]	-Geolocalización en exterior e interior. Para eso combina GPS, GSM, Wifi y Bluetooth. -Presenta sensor de temperatura ambiente. Envía alertas si la persona deambula en un ambiente frio o caliente -Presenta botón de pánico -Indica cuando la persona está en movimiento

## 6. Conclusiones

En el presente mapeo sistemático de la literatura, se analizaron distintas investigaciones, para poder conocer el estado actual de los dispositivos que realizan monitoreo general de adultos mayores, que detectan caídas y usan técnicas de geofencing. Para ello se plantearon diferentes preguntas de investigación, que presentaban varios interrogantes, que para poder responderlas se realizaron distintos estudios. En el primero de ellos, se analizaron en forma separada, por un lado, los artículos que detectan caídas y, por otro, las investigaciones que realizaron geofencing y geolocalización. Después de esto, se estudiaron los trabajos que efectuaron detección de caídas y usaron geofencing en el mismo sistema de monitoreo. Luego a partir de ellos, se analizaron que otras funcionalidades de control general ofrecen estos sistemas. Finalmente se estudiaron, las utilidades extras que brindan los dispositivos comerciales que existen actualmente en el mercado. Los cuales también alertan caídas y hacen uso de técnicas de geofence.

De este estudio se puede concluir que los dispositivos de monitoreo se pueden usar tanto, en el *interior* como en el *exterior*. Además, estos pueden detectar caídas usando dispositivos wearables, por análisis de imágenes o a través de mecanismos ambientales. Siendo la utilización de placas de desarrollo la más utilizada. También que existen diferentes formas de detectar caídas, en donde las técnicas que usan detección de umbrales y Machine Learning son las más utilizadas. Por otra parte, el GPS es la tecnología más empleada para técnicas de geofencing y

geolocalización. Además, existen otras herramientas que permiten hacer lo mismo, pero que dependen del ambiente en que se trabaje. En ese sentido, alternativamente, se puede usar Lora en lugar del GPS para el *exterior*. Lo cual disminuye considerablemente el consumo energético en dispositivos wearables. En cambio, en *interiores*, se pueden usar RFID, WIFI, Beacons o sensores ambientales. Así mismo, se pueden emplear combinaciones de estos mecanismos en *interiores* y *exteriores*. Otro aspecto que se pudo observar de este mapeo es que existen sistemas que están formados por un solo dispositivo wearable. Pero también existen trabajos que están compuestos por varias partes. En este último caso, se encuentran dispositivos wearables que por lo general sirven para el *exterior* y adicionalmente se usan otros aparatos para el *interior*. En su gran mayoría los dispositivos wearables, poseen biosensores. En donde los más utilizados son el sensor de ritmo cardiaco, de oxígeno en sangre, de presión y temperatura. Por lo general son ubicados en la muñeca de la persona, dado que es la ubicación más común para obtener esos valores médicos. Esto es como consecuencia de que, en algunos casos, se aprovechan esos sensores que ofrecen los smartwatches. No obstante, puede no ser una buena ubicación para detectar caídas. Debido a que el constante movimiento del brazo puede generar falsos positivos. Por otra parte, estos aparatos poseen botón de pánico. Lo cual les permite a los usuarios alertar a sus allegados sobre algún evento. Para ello, estos dispositivos incorporan algún mecanismo de comunicación remota. Tal como GSM, 2G, 3G, 4G o Lora. Esta característica es utilizada principalmente en los dispositivos comerciales. Permitiéndoles realizar llamadas o videollamadas con sus familiares, ante alguna eventualidad. Por otra parte, existen técnicas para determinar si la persona se encuentra dentro o fuera de su hogar. Característica que resulta fundamental, para saber en que ubicación el adulto sufrió algún percance.

Se pudo observar que el geofence, por lo general no se lo vincula con los datos generados por los detectores de caídas. Sino que se los trabaja de forma independiente. En solo dos trabajos, de los que fueron investigados, se los relaciona. Una posibilidad para realizar esto puede ser, por ejemplo, que una vez que se produzca la caída, alertar al contacto o servicio médico que se encuentra más cercano al accidente. También se puede notificar si el adulto llegó a determinadas zonas por su cuenta, luego de tener el incidente. Tal como su casa, lugar de trabajo o a una clínica médica. Asimismo, se puede hacer, que cuando la persona se caiga en un lugar, alertar si esta no sale de esa zona dentro de un determinado tiempo. Ya que esto podría indicar, que posiblemente la persona se encuentre confundida por algún golpe y este deambulando. Otra característica, es que los sistemas encontrados, no tienen demasiado en cuenta el seguimiento de la alimentación e hidratación de la persona mayor. Pudiendo ser un factor de riesgo para su salud. Otro punto, es que, en la gran mayoría de los sistemas analizados, alertan cuándo deben tomar los medicamentos. No obstante, estos no verifican en forma efectiva su ingesta. Ya que solamente sirven para alertar el momento en que debe tomarlo. Sin embargo, se

encontraron o los dos trabajos que lo realizan, utilizando sensores NFC o análisis de video para su control. Pudiendo ser esto un campo de posible investigación. Otro factor que no se tiene muy en cuenta, son las cuestiones de registro de eventos diarios. Los cuales puede servirle al adulto, para recordar eventos vividos. Por ejemplo, se podría hacer uso de técnicas de Lifelogging. En donde la persona mayor pueda registrar notas sobre sitios que vaya visitando. Los cuales luego pueden ser reproducidos auditiva o visualmente, de forma automática, cuando la persona vuelve a ir nuevamente a esos lugares. Esto puede hacerse detectando a través de áreas de geofencing. Siendo útil para personas mayores olvidadizas. Pero principalmente, puede servir para seguimiento del adulto, por parte de sus familiares. De forma de controlar lo que realiza el adulto mayor en esos lugares. Otro de los factores importantes que no se tienen muy en cuenta, son los problemas de inseguridad que sufren los adultos que viven solos en su hogar. Una problemática importante en el monitoreo de adultos. Para ello se puede implementar distintos mecanismos de seguridad para alertar a las fuerzas policiales o a los familiares, ante hechos delictivos.

Este mapeo sistemático se desarrolló para conocer el estado actual de los sistemas que realizan monitoreo de adultos mayores, en donde se hace principalmente hincapié en la detección de caídas y técnicas de geofencing. Dado que se pretende que esta sea la temática de un trabajo de Tesis de Maestría, que se llevará a cabo en la Universidad Abierta Interamericana. La cual tratará de abordar algunos de los problemas no resueltos antes mencionados.

## Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud, *Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud*. Suiza: Organización Mundial de la Salud, 2015.
- [2] V. I. Carretero, C. Pérez Muñoz, V. Sánchez-Valladares Jaramillo, and A. Balbás Repila, "Guía práctica para familiares de enfermos de Alzheimer," pp. 1–88, 2011.
- [3] B. Al-Naami, H. A. Owida, M. A. Mallouh, F. Al-Naimat, M. Agha, and A. R. Al-Hinnawi, "A new prototype of smart wearable monitoring system solution for alzheimer's patients," *Med. Devices Evid. Res.*, vol. 14, pp. 423–433, 2021, doi: 10.2147/MDER.S339855.
- [4] P. Rosales, A. Vega, C. De Marziani, J. Gallardo, J. Pires, and R. Alcoleas, "Monitoring System for Elderly Care with Smartwatch and Smartphone," in *CACIC 2017 - XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, Oct. 2017, pp. 1020–1029.

- [5] K. Zuva and T. Zuva, "Tracking of Customers using Geofencing Technology," *Int. J. Sci. Eng. Technol.*, vol. 13, pp. 10–15, 2019.
- [6] E. R. Pratama, F. Renaldi, F. R. Umbara, and E. C. Djamal, "Geofencing Technology in Monitoring of Geriatric Patients Suffering from Dementia and Alzheimer," in *2020 3rd International Conference on Computer and Informatics Engineering (IC2IE)*, Sep. 2020, pp. 106–111, doi: 10.1109/IC2IE50715.2020.9274637.
- [7] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman, "Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 51, no. 1, pp. 7–15, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.infsof.2008.09.009.
- [8] M. M. Baig, S. Affi, H. GholamHosseini, and F. Mirza, "A Systematic Review of Wearable Sensors and IoT-Based Monitoring Applications for Older Adults – a Focus on Ageing Population and Independent Living," *J. Med. Syst.*, vol. 43, no. 8, p. 233, Aug. 2019, doi: 10.1007/s10916-019-1365-7.
- [9] R. Tanwar, N. Nandal, M. Zamani, and A. A. Manaf, "Pathway of Trends and Technologies in Fall Detection: A Systematic Review," *Healthcare*, vol. 10, no. 1, p. 172, Jan. 2022, doi: 10.3390/healthcare10010172.
- [10] P. Bet, P. C. Castro, and M. A. Ponti, "Fall detection and fall risk assessment in older person using wearable sensors: A systematic review," *Int. J. Med. Inform.*, vol. 130, p. 103946, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2019.08.006.
- [11] A. Kong, J. K. T. Tang, W. Y. Ng, and J. K. L. Li, "Exploring Favorable Positions of Wearable Smart Sensors to Falls Detection: Smart Living for Elderly," in *Proceedings - 2019 3rd International Conference on Smart Grid and Smart Cities, ICSGSC 2019*, Jun. 2019, pp. 92–100, doi: 10.1109/ICSGSC.2019.00-12.
- [12] K. Deltouzos *et al.*, "FrailSafe: Sensing and predictive treatment of frailty and associated co-morbidities using advanced personalized models and advanced intervention," Rio, Grecia, Dec. 2017.
- [13] P. Jatesiktat and W. T. Ang, "An elderly fall detection using a wrist-worn accelerometer and barometer," in *2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, Jul. 2017, pp. 125–130, doi: 10.1109/EMBC.2017.8036778.
- [14] R. J. Fauziah, G. A. Mutiara, and Periyadi, "Smart tracking and fall detection for golden age's citizen," in *Procedia Computer Science*, 2019, vol. 161, pp. 1233–1240, doi: 10.1016/j.procs.2019.11.237.
- [15] M. Haescher, D. J. C. Matthies, K. Srinivasan, and G. Bieber, "Mobile assisted living: Smartwatch-based fall risk assessment for elderly people," Sep. 2018, doi: 10.1145/3266157.3266210.
- [16] R. Tasneem Usha, F. Sazid Sejuti, and S. Islam, "Smart monitoring service through self sufficient healthcare gadget for elderly," in *Proceedings - 2019 IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems, iSES 2019*, Dec. 2019, pp. 276–279, doi: 10.1109/iSES47678.2019.00068.
- [17] T. Rungnapakan, T. Chintakovid, and P. Wuttidittachotti, "Fall detection using accelerometer, gyroscope & impact force calculation on android smartphones," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Mar. 2018, vol. Part F137694, pp. 49–53, doi: 10.1145/3205946.3205953.
- [18] J. Ni, W. Zhu, J. Huang, L. Niu, and L. Wang, "Fall guard: Fall monitoring application for the elderly based on android platform," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Aug. 2019, pp. 128–135, doi: 10.1145/3354031.3354055.
- [19] K. J. Ponce Ortiz and A. Martin, "Fall Detection, Location and Identification for Elderly Institution," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Oct. 2020, pp. 31–40, doi: 10.1145/3441233.3441245.
- [20] I. Boudouane, A. Makhlof, N. Saadia, and A. Ramdane-Cherif, "Wearable camera for fall detection embedded system," Oct. 2019, doi: 10.1145/3368756.3369053.
- [21] K. Desai, P. Mane, M. Dsilva, A. Zare, P. Shingala, and D. Ambawade, "A novel machine learning based wearable belt for fall detection," in *2020 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies, GUCON 2020*, Oct. 2020, pp. 502–505, doi: 10.1109/GUCON48875.2020.9231114.
- [22] S. S. Fakhrulddin, S. K. Gharghan, and S. L. Zubaidi, "Accurate Fall Localization for Patient based on GPS and Accelerometer Sensor in Outside the House," in *Proceedings - International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE*, Dec. 2020, vol. 2020-December, pp. 432–436, doi: 10.1109/DeSE51703.2020.9450240.

- [23] D. V. Savla, S. Parekh, A. R. Gupta, D. Agarwal, and N. M. Shekokar, "ResQ - Smart safety band automated heart rate and fall monitoring system," in *Proceedings of the 4th International Conference on IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud, ISMAC 2020*, Oct. 2020, pp. 588–593, doi: 10.1109/ISMAC49090.2020.9243548.
- [24] U. Kulkarni, S. Badhan, H. Bandi, S. Bhagat, and M. Parmar, "Implementation of Backtracking Algorithm for navigation in LoRa-enabled wearable device for Dementia patients," in *2020 IEEE 5th International Conference on Computing Communication and Automation (ICCCA)*, Oct. 2020, pp. 308–312, doi: 10.1109/ICCCA49541.2020.9250891.
- [25] E. Carnuccio *et al.*, "Desarrollo de un Prototipo detector de caídas utilizando la placa Intel Galileo Generación I y el sensor MPU6050," in *CACIC 2017- XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, Oct. 2017, pp. 954–964.
- [26] E. Carnuccio, G. De Luca, W. Valiente, M. Volker, R. Villca, and M. Adagio, "Análisis de rendimiento y consumo para sistema embebido con requisitos de tiempo explícitos," in *CACIC 2020- XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, Oct. 2020, pp. 460–469.
- [27] H. Nguyen, F. Mirza, M. A. Naeem, and M. M. Baig, "Detecting falls using a wearable accelerometer motion sensor," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Nov. 2017, pp. 422–431, doi: 10.1145/3144457.3144484.
- [28] L. Rachakonda, S. P. Mohanty, and E. Kougianos, "cStick: A Calm Stick for Fall Prediction, Detection and Control in the IoMT Framework," 2022, pp. 129–145.
- [29] C. E. Moran Garibato, "Algoritmo de detección de caídas en un sistema embebido," Centro de Tecnología Avanzada -CIATEQ, Guadalajara, México, 2017.
- [30] Q. Guan, C. Li, X. Guo, and B. Shen, "Infrared Signal Based Elderly Fall Detection for In-Home Monitoring," in *2017 9th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC)*, Aug. 2017, vol. 1, pp. 373–376, doi: 10.1109/IHMSC.2017.91.
- [31] H. Sadreazami, M. Bolic, and S. Rajan, "CapsFall: Fall Detection Using Ultra-Wideband Radar and Capsule Network," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 55336–55343, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2907925.
- [32] E. Minguez and M. Faundez-Zanuy, "Low Cost Fall Detection Based on Cortex M4," in *2019 42nd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, Jul. 2019, pp. 36–40, doi: 10.1109/TSP.2019.8769065.
- [33] D. Galeote Gutierrez, "Sistema de detección de Caídas para hogares de personas mayores," Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2018.
- [34] K. Saraubon, K. Anurugsa, and A. Kongsakpaibul, "A smart system for elderly care using IoT and mobile technologies," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Dec. 2018, pp. 59–63, doi: 10.1145/3301761.3301769.
- [35] S.-L. Hsieh, C.-T. Yang, and H.-J. Li, "Combining wristband-type devices and smartphones to detect falls," in *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, Oct. 2017, pp. 2373–2377, doi: 10.1109/SMC.2017.8122977.
- [36] M. Fayad, S. Chouali, A. Mostefaoui, and S. Benbernou, "Fall detection application for the elderly in the family heroes system," in *MobiWac 2019 - Proceedings of the 17th ACM International Symposium on Mobility Management and Wireless Access*, Nov. 2019, pp. 17–23, doi: 10.1145/3345770.3356738.
- [37] A. Srinivasan *et al.*, "Elder Care System using IoT and Machine Learning in AWS Cloud," in *HONET 2020 - IEEE 17th International Conference on Smart Communities: Improving Quality of Life using ICT, IoT and AI*, Dec. 2020, pp. 92–98, doi: 10.1109/HONET50430.2020.9322834.
- [38] G. M. Sung, H. K. Wang, and W. T. Su, "Smart Home Care System with Fall Detection Based on the Android Platform," in *Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Oct. 2020, vol. 2020-October, pp. 3886–3890, doi: 10.1109/SMC42975.2020.9283415.
- [39] M. Kolodziej, A. Majkowski, W. Czop, P. Tarnowski, R. J. Rak, and D. Sawicki, "Fall Detection Using a Smartphone," in *2020 IEEE 21st International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE)*, Sep. 2020, pp. 1–4, doi: 10.1109/CPEE50798.2020.9238691.
- [40] K. Kaspersen, "AI Techniques in Assisting Elderly people at Home with Unobtrusive Supervision of Events Related to Health and Safety," University Collage of Southeast Norway, 2017.

- [41] M. Litzengerger *et al.*, “GNSS based Adaptive Monitoring for the Assistance of Persons with Orientation Difficulties,” in *Proceedings of the 7th International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health*, Apr. 2021, pp. 236–243, doi: 10.5220/0010494602360243.
- [42] E. I. Zacharaki *et al.*, “FrailSafe: An ICT Platform for Unobtrusive Sensing of Multi-Domain Frailty for Personalized Interventions,” *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, vol. 24, no. 6, pp. 1557–1568, Jun. 2020, doi: 10.1109/JBHI.2020.2986918.
- [43] S. Kalita, A. Karmakar, and S. M. Hazarika, “Human Fall Detection during Activities of Daily Living using Extended CORE9,” in *2019 Second International Conference on Advanced Computational and Communication Paradigms (ICACCP)*, Feb. 2019, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICACCP.2019.8882928.
- [44] L. Rachakonda, S. P. Mohanty, and E. Kougianos, “cStick: A Calm Stick for Fall Prediction, Detection and Control in the IoMT Framework,” 2022, pp. 129–145.
- [45] M. GHADIRZADEH, “GPS FREE GEOLOCATION IN LORA NETWORKS\_Mohamamdreza\_Ghadirzadeh\_Final,” POLITECNICO DI MILANO, Milan, 2018.
- [46] B. C. Fargas and M. N. Petersen, “GPS-free geolocation using LoRa in low-power WANs,” in *2017 Global Internet of Things Summit (GloTS)*, Jun. 2017, pp. 1–6, doi: 10.1109/GIOTS.2017.8016251.
- [47] R. Rodrigues, J. Calado, J. Sarraipa, and R. Jardim-Gonçalves, “Geolocation Solver of IoT Devices for Active and Assisted Living,” 2020.
- [48] M. W. Raad, M. Deriche, and O. Kanoun, “An RFID-Based Monitoring and Localization System for Dementia Patients,” in *2021 18th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD)*, Mar. 2021, pp. 1–7, doi: 10.1109/SSD52085.2021.9429375.
- [49] C.-C. Hsu and J.-H. Chen, “A Novel Sensor-Assisted RFID-Based Indoor Tracking System for the Elderly Living Alone,” *Sensors*, vol. 11, no. 11, pp. 10094–10113, Oct. 2011, doi: 10.3390/s111110094.
- [50] J. Kolakowski, V. Djaja-Josko, M. Kolakowski, and K. Broczek, “UWB/BLE Tracking System for Elderly People Monitoring,” *Sensors*, vol. 20, no. 6, p. 1574, Mar. 2020, doi: 10.3390/s20061574.
- [51] F. Khelifi, B. Bouallegue, M. Iassaad Kaddachi, M. Marzougui, and M. Atri, “A novel mechanism for indoor localization in wireless sensor networks,” in *2017 2nd International Conference on Anti-Cyber Crimes (ICACC)*, Mar. 2017, pp. 36–40, doi: 10.1109/Anti-Cybercrime.2017.7905259.
- [52] W. Kit Cheng, H. Lok Lam, F. Lin, and M. Ge, “A customizable smart shoes with location tracking function for the elderly,” *Mater. Today Proc.*, vol. 16, pp. 1423–1430, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.05.318.
- [53] W. J. Teo, S. Yean, B. Z. Lim, H. L. Oh, and B. S. Lee, “SingTRACeX: Navigation System to Address Wandering Behavior for Elders and Their Caregivers,” *Comput. Informatics*, vol. 41, no. 2, pp. 646–664, 2022, doi: 10.31577/cai\_2022\_2\_646.
- [54] N. Luckner, F. Kayali, P. Purgathofer, K. Werner, and M. Capatu, “Technological interventions to increase mobility of older adults with dementia,” in *2018 IEEE 6th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, May 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/SeGAH.2018.8401368.
- [55] L. Arvai, “Smartwatch Based Indoor Localization,” in *2020 21th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, Oct. 2020, pp. 1–5, doi: 10.1109/ICCC49264.2020.9257230.
- [56] L. Arvai, “Application of Smartwatches in Elderly Care with Indoor Localization Functionality,” *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, vol. 15, no. 05, p. 174, Mar. 2021, doi: 10.3991/ijim.v15i05.20435.
- [57] N. M. Fung, J. Wong Sing Ann, Y. H. Tung, C. Seng Kheau, and A. Chekima, “Elderly Fall Detection and Location Tracking System Using Heterogeneous Wireless Networks,” in *2019 IEEE 9th Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)*, Apr. 2019, pp. 44–49, doi: 10.1109/ISCAIE.2019.8743664.
- [58] T. Elakkiya, “Wearable safety wristband device for elderly health monitoring with fall detect and heart attack alarm,” in *2017 Third International Conference on Science Technology Engineering & Management (ICONSTEM)*, Mar. 2017, pp. 1018–1022, doi: 10.1109/ICONSTEM.2017.8261318.
- [59] “Bipy.” <https://www.ovrik.com/2018/02/16/bipy-adultos-personal-presento-reloj-inteligente-cuidar-los-mayores/>
- [60] “FallSafety.” <https://fallsafetyapp.com/safety->

protocols/emergency-check-ins

[74] “All iTraQ Products – iTraQ, Inc.”  
<https://www.itraq.com/pages/dementia-wandering>

[61] “KAREWatch MG.” <https://karewatch.com/>

[62] “Osmile GPS Watch for seniors with dementia & Alzheimer disease.”  
[https://www.osmile.com.tw/portal\\_c1\\_cnt\\_page.php?owner\\_num=c1\\_356532&button\\_num=c1&folder\\_id=79300&cnt\\_id=843607](https://www.osmile.com.tw/portal_c1_cnt_page.php?owner_num=c1_356532&button_num=c1&folder_id=79300&cnt_id=843607).

[63] “How it Works — BoundaryCare, Location Monitoring for Dementia.” <https://www.boundarycare.com/how-it-works>

[64] “GPS Medical Alert System Bundle: Coverage At Home and Away.”  
<https://www.bayalarmmedical.com/medical-alert-system/bundle/>

[65] “Elderly - mCareWatch | Virtual care and safety made easy.” <https://mcarewatch.com.au/elderly/>.

[66] “MiniFinder Nano | Our personal safety alarm with GPS function.” <https://minifinder.com/products/nano>

[67] “Features – Doctor Alert.”  
<https://doctoralert.co.uk/features/>

[68] “The best senior fall alert app for android - Senior Safety App.” <https://www.seniorsafetyapp.com/best-fall-alert-app-android/>

[69] “EasyLogger.” <https://logger.mobi/cell-phone-tracker-app/%09%09%0A>.

[70] “Mercari.” <https://falldetection.co.nz/medical-alert/%09%09%0A>.

[71] “Dementia Tracker • Stray Star GPS Tracker Gives Instant Locations.”  
<https://www.personalgpstrackers.co.uk/products/gps-dementia-tracker>

[72] “S911 Lola Personal GPS Tracking Device for Remote Safety.” <https://laipac.com/s911-lola/>

[73] “Helpy OOPS | AZIENDA | Esse-ti.” <https://www.esse-ti.it/en/azienda/helpy-oops>