

Sistema de IoT de detección de caídas aplicada a adultos mayores en Colombia

Valentina Gonzalez Avila, ingeniería de sistemas

Vgonzal81785@universidadean.edu.co

Jaime Alexis Piñeros Guerrero, ingeniería de sistemas

jpintero32933@universidadean.edu.co

Resumen

Los adultos mayores tienden a tener accidentes o caídas que pueden ser perjudiciales para la salud, debido a las complicaciones que pueden venir después. Si estos accidentes y/o caídas no son tratados a tiempo, tienden a complicar la vida del adulto mayor. Además, el costo del personal médico o de una enfermera, puede elevar significativamente los gastos de una familia clase media en Colombia. Una proporción alta de familias no cuentan con los recursos suficientes para cubrir estos gastos, independientemente de lo dañino que representan estos accidentes para la salud emocional y física de los adultos mayores.

El objetivo de esta investigación es identificar si existe una viabilidad económica en la implementación de dispositivos de IoT, para posteriormente poder incluir un detector de caídas como posible solución a este problema de salud pública que se presenta en todo el mundo.

Introducción

Con el pasar de los años, los avances en tecnología y medicina, así como la expectativa de vida de las personas a nivel mundial ha incrementado. Según proyecciones del Dane, el crecimiento de la población mayor de 60 años en Colombia, para el año 2020 sería de 3,76%. Con esto, en algunos países se proyecta un mayor número de personas mayores de 65 años con muchos años de vida por delante, a pesar de que las personas llegan a esta edad con un nivel de salud alto, debido a otras enfermedades son propensos a sufrir accidentes (Rubenstein, 2006) y en su mayoría al encontrarse solos las consecuencias de caídas u otros accidentes se incrementa.

La población colombiana se encuentra en el proceso de incremento poblacional de adultos mayores (DANE, 2018), al aumentar, la carga para el sistema de salud llegará a un punto donde no será sostenible por su alta demanda, específicamente en morbilidades propias del envejecimiento. En algunos casos por algunas patologías, estos adultos mayores requieren de medicamentos específicos que pueden provocar cambios cognitivos (OMS, 2021), los cuales incrementan la probabilidad de caída por medicación.

Un sistema de IoT podría ayudar a detectar caídas y aportar a la reducción de estas cifras, al igual que el impacto que tiene en una persona sufrir de una caída que no se trata en el menor tiempo posible, generando problemas físicos, psicológicos, restricción en su movilidad, lo que conlleva a complicaciones a largo plazo tales como dependencia, depresión y ansiedad.

Marco de referencia

Las caídas son sucesos involuntarios que hacen perder el equilibrio y dar con el cuerpo en el suelo o en otra superficie, estas pueden ser mortales, aunque en su mayoría no lo son. Según la OMS, cada año se producen 37,3 millones de caídas cuya gravedad requiere atención médica. Además, se calcula que anualmente fallecen 684.000 personas debido a este problema, y que más del 80% de ellas, tienen ingresos medianos y bajos (OMS, 2021).

Como seres humanos, desde el nacimiento se está expuesto a todo tipo de accidentes, en los que dependiendo de la edad se encontraran diferentes factores de riesgo.

Basados en la investigación realizado por Laurence Z. Rubenstein, se darán a conocer los factores de riesgo relacionados con las caídas de personas de la tercera edad, algunas de estas pueden ser debilidad, dificultades para mantener el equilibrio, dificultades para caminar, dificultades visuales, limitación en la movilidad, deterioro cognitivo y/o funcional.

Adicionalmente, en Colombia, “14,2% de las personas mayores viven solas. Este porcentaje es de 18,06% en el total de la población” (DANE, 2021), teniendo en cuenta lo anterior, se puede identificar y añadir al listado, el habitar en un espacio solo, si el adulto mayor presenta alguno de los demás factores de riesgo de forma simultánea, incrementará la probabilidad de sufrir un accidente de tipo caída.

Algunas de las actividades recomendables para disminuir los factores de riesgo tienen que ver con llevar un estilo de vida saludable y activa (Rubenstein, 2006).

Teniendo en cuenta que la población colombiana viene presentando un incremento en su población de mayores de 60 años como se mencionó anteriormente, se presentan condiciones a nivel mundial que permiten identificar las implicaciones económicas que tiene un adulto mayor al caerse.

Según la información proporcionada por el DANE, las cifras de pobreza en el país son alarmantes ya que, en el 2021, en el total nacional la pobreza monetaria fue 39,3% y la pobreza monetaria extrema fue 12,2%.

Con lo siguiente, “Más del 80% de las defunciones relacionadas con caídas se registran en países de ingresos medianos y bajos” (OMS, 2021).

Revisando la información en una forma general, sin distinción de género, según el DANE, el 17,9% de las personas mayores de 65 años, realizan trabajos de por lo menos una hora para tener ingresos económicos (DANE, 2021).

Con lo cual las personas se exponen no solo a condiciones difíciles en su vejez sino a problemas económicos que los llevan a exponerse mucho más a caídas o accidentes en entornos donde no cuentan con el apoyo necesario.

A través del paso de los años la tecnología ha evolucionado con el fin de hacer la vida de las personas mucho más simple cuando se habla de procesos repetitivos en los que no se requiere de un humano para llevar a cabo una tarea en específico. Además, la industria tecnológica enfocada en soluciones en el sector de la salud ha venido incorporándose como un componente altamente práctico con el IoT.

-IoT (Internet de las cosas)

El internet de las cosas es la interconexión de los objetos físicos, a través de internet, los cuales están equipados con sensores y tecnología de comunicación. Es una tecnología que tiene incidencia en muchos ámbitos, algunos como la industria, la medicina, la energía, entre otros (Laines-Alamina, Bonilla, Tavizon, Morales, & Guajardo, 2016).

-IoT en salud

La implementación de dispositivos de IoT en el sector de la salud, ha permitido llevar a los hogares recursos tecnológicos para solucionar problemas cotidianos (Mendoza, 2016).

Algunos de los escenarios donde se utilizan estas tecnologías son los servicios de emergencia inteligente, la asistencia médica en hogares inteligentes, los servicios de medicación inteligentes, los dispositivos biomédicos portátiles inteligentes y los servicios de telemedicina.

-Sensores

Un sensor es un dispositivo que está diseñado para detectar estímulos externos y responder según su especificación o funcionamiento mejor conocido como traductores de señales debido a que son capaces de transformar señales físicas y químicas en señales eléctricas las cuales son interpretables y se convierten en datos que son muy precisos llevados a la realidad

-Acelerómetro y giroscopio

Es un dispositivo que permite ver como varia un Angulo en el tiempo mientras que este se encuentra en rotación, haciendo que sea posible mirar las características del movimiento encontrando la velocidad angular (Carletti, 2007).

Rotatorios: este principio utiliza una masa que se encuentra sobre un eje que es sostenida por cardanes los cuales mantienen el peso en una posición, cuando se produce un cambio es posible observar la variación en el ángulo.

Vibratorios: se caracteriza por tener elementos vibratorios los cuales permiten que el elemento gire a través de una fuerza Coriolis, obteniendo con las vibraciones la velocidad angular

Ópticos: es un dispositivo capaz de detectar rotaciones mecánicas mediante la interferencia de haces de luz. El sensor consiste en una bobina en la que se enrolla un cable de fibra óptica de unos 5000 metros de longitud. Dos rayos de luz viajan a través de la fibra en direcciones opuestas. Debido al efecto Sagnac, el rayo que viaja en sentido contrario a la rotación experimenta un camino más corto que el otro. El desplazamiento de fase resultante genera una pauta de interferencias que permiten conocer la velocidad de rotación según la intensidad del rayo resultante.

-Investigaciones relacionadas

Durante el ejercicio académico de investigación de fuentes académicas relacionadas con el objeto de estudio, se lograron establecer diferentes puntos de vista alrededor del tema donde los antecedentes mostraban el mismo objetivo de la investigación, solo que llegaban a la misma conclusión con diferentes soluciones o soluciones que iban más allá de las de su predecesor. Además, se puede notar el cambio tecnológico a medida que las investigaciones se acercaban a la actualidad.

Se puede comparar que las caídas en adultos mayores son un problema que no ha tenido una solución clara en más de media década, la mayoría de los proyectos de investigaciones sobre el tema iniciaron

alrededor del 2012, como por ejemplo el proyecto europeo Fall detector for the Elder, de la compañía Sense4Care el cual inicio en 2012 y terminó en 2014, el proyecto consistía en implantar un dispositivo pequeño en el cinturón del adulto mayor que detectaba las caídas fácilmente (Cardo, Penichet, Lozano, & Garrido, 2018). Las herramientas primordiales que más se utilizan son el acelerómetro y el giroscopio, estas son capaces de recolectar la información física del portador o el objeto, y convertirlo en una señal eléctrica medible, que puede transmitirse de manera casi inmediata. Además, la información debe tener una transmisión rápida y un acceso casi inmediato para el usuario lo cual da mayor fiabilidad a los sistemas.

Metodología

Teniendo en cuenta que el objetivo de la investigación es de tipo no experimental, el enfoque de este trabajo de investigación es cuantitativo debido a que será aplicada en la correlación de las variables evaluadas, ya que este tipo de investigación se usa para probar hipótesis, con base en la información y cifras obtenidas.

En cuanto al alcance del proyecto se pretenden revisar cuatro fuentes de información con el fin de compararlos y verificar su viabilidad económica para un posible desarrollo de un sistema de IoT.

Durante el ejercicio de investigación se lograron identificar tres variables que suponen factores fundamentales a la hora de evaluar las diferentes propuestas encontradas en la literatura, las variables son las siguientes:

Costo: refiere a la capacidad de adquisición que tiene una familia de estrato medio en Colombia.

Tamaño: describe la comodidad y portabilidad que ofrece al usuario el dispositivo.

Eficiencia: representa la facilidad con la cual el usuario puede utilizar la aplicación y/o el dispositivo. Además, tiene en cuenta otras subvariables como tiempo que se demore el dispositivo y/o aplicación en generar la alerta.

-Población y muestra

La población son las bases de datos consultadas, y la muestra serán cuatro proyectos base que se recopilaron en el ejercicio de investigación aplicada en la metodología más adelante.

-Recopilación documental

A través del ejercicio académico de la revisión sistemática de literatura se lograron recopilar diferentes trabajos de investigación que tienen una relación directa con la investigación, los cuales proporcionan la información adecuada.

Para delimitar el problema y su posible solución, fue necesario acudir a datos estadísticos, proporcionados por entidades como el DANE, la OMS e inclusive hospitales. Aquí se utilizan instrumentos de medición de tipo cuantitativo, ya que se selecciona una población específica (muestra), y a partir de ahí se identifica el número de casos que se presentan.

Al definir el tema de investigación se inició la recopilación de información, la cual tuvo 3 filtros. En el primer paso de recopilación de información, se concentraron temas en salud de la tercera edad en Colombia, tecnología IoT para captura del movimiento humano, y proyectos relacionados a la investigación. Se utilizaron palabras claves como salud, IoT y adultos de tercera edad en Colombia, donde las bases de datos más utilizadas fueron: la base de Google Academy y Accessengineering.

Posterior a la obtención de información se pasó al segundo filtro donde se hizo un proceso de selección con base en los objetivos de la investigación. Entre los trabajos seleccionados se pueden diferenciar 2 tipos de prototipos de investigación; el desarrollo de una aplicación para celular y el desarrollo de un dispositivo para el usuario. En el último filtro se revisaron nuevamente los trabajos de investigación y descartaron los trabajos con menos relevancia, de esta manera se lograron obtener 4 trabajos que atacan la misma problemática de manera diferente.

- Selección de métodos e instrumentos para recolección de información

Se evaluaron las 4 alternativas seleccionadas que cumplen con los criterios más relevantes para el proyecto. Esto mediante una tabla comparativa en la cual se realizará la descripción de las características de la alternativa según el distintivo a evaluar, se asignará un puntaje del 1 al 10, siendo 1 el menor puntaje y 10 el máximo puntaje.

Resultados

Al utilizar el instrumento de recolección de datos, mencionado anteriormente, entre la información encontrada se seleccionaron 4 proyectos, siendo los más completos, que permitían un análisis comparativo más concreto.

Tabla 2. Descripción de los cuatro proyectos seleccionados

Proyectos	Descripción	URL
Fallsapp	Se desarrollo una aplicación, la cual permitía utilizar los sensores del smartphone, para poder mediante la aplicación hacer el monitoreo del adulto mayor, y al momento de detectar la caída, la aplicación enviaba, la alerta al cuidador o persona acudiente.	http://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvsc1/1563
Thing show	Se desarrollo un dispositivo, a la altura de la cintura y el antebrazo, el cual es capaz de detectar caídas y enviar una rápida notificación de auxilio	https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/27032
S.E.C.A.M	Se desarrollo un dispositivo en el ámbito de un hogar de retiro de tercera edad, se localiza en el pecho, donde además de contar con un acelerómetro, cuenta con un sensor de impacto y una alarma que se activa, al momento de la caída o accidente.	http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7395/3/ARTICULO.pdf

CARE_HOME16	Se realizo el conjunto del desarrollo de un prototipo y una aplicación en donde mediante un dispositivo, el cual adquiere la información y la tramite en una misma red, así a un computador el cual registra la información, en una base de datos, reacciona ante la situación y notifica al cuidador.	https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/39883/MISyC%20-%20Trabajo%20de%20Grado.pdf?sequence=3&isAllowed=y
-------------	--	---

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se evaluarán que las 4 alternativas mencionadas anteriormente cumplan con los criterios más relevantes para el proyecto. Esto mediante una tabla comparativa en la cual se realizará la descripción de las características de la alternativa según el distintivo a evaluar, se asignará un puntaje del 1 al 10, siendo 1 el menor puntaje y 10 el máximo puntaje.

Tabla 3. Costos entre proyectos

Proyectos	Costo (COP)	Calificación
Fallsapp	-celular entre \$799.999 y \$2.200.000 -licencias \$182.000	5
Thing show	Dispositivo detección de caídas \$700.000	9
S.E.C.A.M	Dispositivo detección de caídas \$1.000.000	8
CARE_HOME16	- celular entre \$799.999 y \$2.200.000 - licencias \$900.000 - dispositivos de red: \$1.000.000 y 3.000.000	1

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 3 se comparan los precios entre proyectos. La puntuación tiene en consideración si son asequibles para una familia de estrato medio.

Tabla 4. Tamaño

Proyectos	Tamaño	Calificación
Fallsapp	Tiene buena comodidad y su portabilidad, dependerá de cada usuario	10
Thing show	Es un dispositivo muy pobre en comodidad, y su portabilidad es muy limitada	4

S.E.C.A.M	Tiene problemas de portabilidad y comodidad debido a que va sujetado al pecho, tiende a ser muy incómodo para el adulto mayor	2
CARE_HOME16	Tiene buena comodidad y su portabilidad, dependerá de cada usuario	10

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se puede observar la comparación de la portabilidad que tiene cada proyecto, según las condiciones que tiene un adulto mayor.

Tabla 5. Eficiencia

Proyectos	Eficiencia	Calificación
Fallsapp	<ul style="list-style-type: none"> - Dependencia del dispositivo anexo (celular) - Dificultad de uso 	2
Thing show	<ul style="list-style-type: none"> - No hay interacción del usuario - el rango limita el tiempo de respuesta 	7
S.E.C.A.M	<ul style="list-style-type: none"> - No hay interacción del usuario - Alcanza un rango prudente que no afecta la descarga o transferencia de datos 	9
CARE_HOME16	<ul style="list-style-type: none"> - El tamaño de red hace que el mensaje tenga retardos. Además, tiene dependencia de red 	7

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se puede observar las comparaciones de eficiencia entre proyecto donde la consideración más importante es la curva de aprendizaje y la facilidad de utilizar el dispositivo o la aplicación

Tabla 6. Puntaje de los proyectos.

Proyectos	Costo	Tamaño	Eficiencia	Total
Fallsapp	5	10	2	17
Thing show	9	4	7	20
S.E.C.A.M	8	2	9	19
CARE_HOME16	1	10	7	18

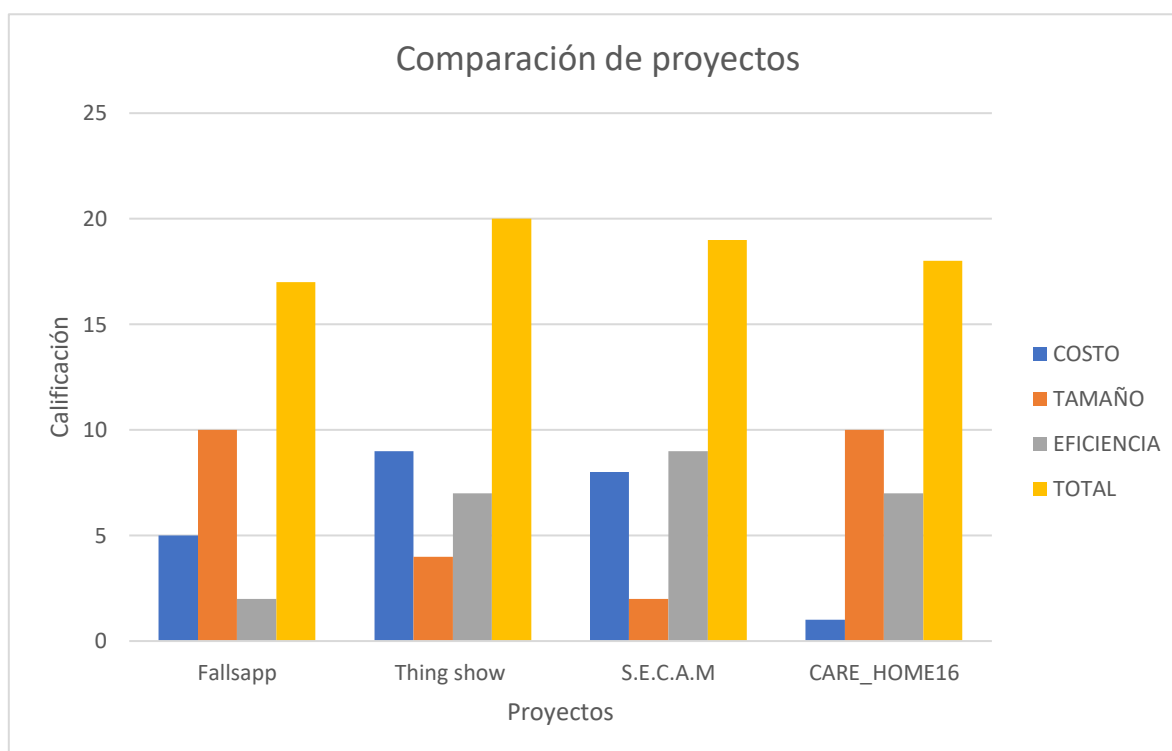
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las anteriores tablas mencionadas

En la tabla 5 se refiere a la sumatoria de las calificaciones obtenidas por cada uno de los proyectos evaluados en la sección anterior, en ella se puede evidenciar Thing show como el proyecto con mayor calificación, siendo esta 20 puntos en total, luego en orden descendente de puntuación se ubican S.E.C.A.M, Care_Home16 y Fallsapp con 19, 18 y 17 puntos, respectivamente.

En este análisis se pretende dar a conocer cómo se relaciona el resultado del estudio con los aspectos económicos, sociales y políticos mencionados en anteriores capítulos, esto con ayuda de una gráfica que resume los resultados obtenidos con el instrumento de medición utilizado anteriormente.

Gráfico 1. Comparación de proyectos



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta el gráfico 4 y la información revisada en capítulos anteriores se puede evidenciar que el proyecto con mayor puntaje es Thing Show, este proyecto cumple con las características más altas para una posible implementación en el mercado Colombiano, teniendo en cuenta factores importantes como lo son el nivel de ingresos de una persona de clase media con unas características determinantes que permitirían la aplicación de un detector de caídas para la prevención de consecuencias anexas a una posible caída no tratada a tiempo. Adicionalmente, se encuentra que la implementación de este proyecto es potencialmente alta ya que el nivel adquisitivo no se considera alto para la población a la cual va dirigida.

Para la solución existen dos tipos de proyectos los cuales son de tipo aplicación o tipo dispositivo. Si se tiene en cuenta que, para la implementación de una solución de tipo aplicativo móvil, el costo del

dispositivo requerido aumentaría el valor de la solución y esto indica que se tendría una dependencia externa.

Discusión

Al realizar la investigación y hacer la comparación entre los trabajos de investigación descubrimos que los trabajos de investigación se podían clasificar en 2 tipos de proyectos siendo el desarrollo de una aplicación de celular y el otro de un dispositivo al momento de comparar las investigaciones podemos observar que, entre los proyectos seleccionados, por ejemplo, entre los proyectos encontramos un sistema en donde se conectan múltiples usuarios a una red el cual funciona para un orfanato (Izama, 2017), en otros encontramos el uso de la aplicación y comparaciones entre ellas de su funcionamiento, se pudieron encontrar diferentes tipos de componentes los cuales debido a la diferencia del precio se comprobó su eficiencia y calidad entre proyecto. Nuestra investigación aportó la realidad de Colombia en si es posible que una familia de estrato medio puede adquirir este producto o servicio además de medir si las soluciones planteadas por las investigaciones son realmente efectivas

Conclusiones

Con la información científica obtenida en la revisión sistemática, se concluye que el proyecto con más potencial según las variables evaluadas es Thing Show, este proyecto cumple con los requerimientos necesarios para detectar una caída. Además, cuenta con facilidad de acceso para personas con ingresos medios y bajos ya que su costo no es elevado. Por otro lado, se logró evidenciar que existen sistemas que tecnológicamente son más robustos. Sin embargo, no cumplen con lo requerido por la población objetivo ya que sus costos son elevados y en muchos casos la experiencia de usuario de sus plataformas es muy difícil de entender.

Teniendo en cuenta los dos tipos de proyectos evaluados se tuvo presente la importancia de que el sistema fuera independiente de cualquier otro tipo de tecnología que lo haga dependiente de sí, ya que muchos de los proyectos revisados incluían la necesidad de un dispositivo adicional para poder funcionar. Es decir, un celular o tablet que incluyera los componentes necesarios para la medición que implica una caída como lo son: acelerómetro, giroscopio y demás implementos necesarios.

Adicionalmente, se logró determinar que una posible unión de los proyectos encontrados podría generar soluciones que generen un mayor impacto y que este a su vez tenga un costo inferior a los que se estipularon en capítulos anteriores. La implementación de tecnologías como Arduinos, giroscopios y acelerómetros, combinadas con una plataforma de tipo app, generaría una mayor facilidad de uso para los adultos mayores, pero se requerirían más estudios en torno al tema para establecer la magnitud de los beneficios obtenidos.

En resumen, actualmente el mundo está pasando por momentos en los que se deben plantear nuevas estrategias que permitan abordar temas de envejecimiento, la tecnología es un aliado que permitirá tener una vejez digna donde los sistemas de IoT tendrán un papel fundamental, por lo tanto, las inversiones en investigación e implementación de estos dispositivos será altamente viable.

Referencias

- Cardo, A., Penichet, M., Lozano, D., & Garrido, E. (2018). *Detección de Caídas y Desmayos en el Hogar a Través de Interacción Basada en Movimiento*. Obtenido de https://aipo.es/files/actas/actas_interaccion_2018.pdf#page=59
- Carletti, J. (2007). *Comunicación-Bus I2C. Robots Argentina*. Obtenido de <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/ComunicacionBusI2C.pdf>
- DANE. (2018). *DANE - Serie nacional de población por área, sexo y edad para el periodo 2018 -2070*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/censo2018/proyecciones-de-poblacion/Nacional/anexo-proyecciones-poblacion-Nacional2018_2070.xlsx
- DANE. (2021). *DANE*. Obtenido de Mercado (dane.gov.co)
- Izama, K. O. (septiembre de 2017). Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7395/3/ARTICULO.pdf>
- Laines-Alamina, C., Bonilla, I., Tavizon, A., Morales, M., & Guajardo, L. (2016). *IOT, el internet de las cosas y la innovación de sus aplicaciones*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/326129401_IOT_el_internet_de_las_cosas_y_la_innovacion_de_sus_aplicaciones
- Mendoza, P. (2016). *Internet de las cosas y la salud centrada en el hogar*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522016000200014
- OMS. (2021). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/falls>
- Rubenstein, L. (2006). *Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention*. Obtenido de <https://doi.org/10.1093/ageing/afl084>