|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
| Pre-Fall – Sistema inteligente para la prevención y predicción de caídas |

|  |
| --- |
| **E2.1 – Banco de pruebas (Informe)** |

|  |  |
| --- | --- |
| Proyecto | Pre-Fall – Sistema inteligente para la prevención y predicción de caídas |
| Entregable | E2.1 – Banco de pruebas (Informe) |
| Fecha | 30/10/2022 |

Contenido

[Contenido 1](#_Toc116999035)

[Índice de figuras 2](#_Toc116999036)

[Índice de Tablas 3](#_Toc116999037)

[Resumen Ejecutivo 4](#_Toc116999038)

[1 Clasificación de pruebas de la marcha humana utilizando sensores inerciales 5](#_Toc116999039)

[1.1 Prueba 1: Test de marcha humana (*walking*) 5](#_Toc116999040)

[1.2 Prueba 2: *Time Up and Go (TUG)* 6](#_Toc116999041)

[1.3 Prueba 3: *30-s Chair Stand Test (30-s CST)* 6](#_Toc116999042)

[*1.4* Prueba 4: *Five-Times Sit to Stand (FTSS)* 6](#_Toc116999043)

[1.5 Prueba 5: *Short Physicial Performance Battery (SPPB)* 6](#_Toc116999044)

[2 Selección de la batería de pruebas 7](#_Toc116999045)

[2.1 Revisión de pruebas realizadas y ubicación de sensores para evaluar riesgo de caída 7](#_Toc116999046)

[2.2 Revisión de variables significativas para evaluar riesgo de caída 9](#_Toc116999047)

[2.3 Batería de pruebas seleccionada 9](#_Toc116999048)

[3 Protocolo del banco de pruebas 11](#_Toc116999049)

[3.1 Laboratorio 11](#_Toc116999050)

[3.2 Tipología de Sujetos 11](#_Toc116999051)

[3.3 Descripción de la prueba 11](#_Toc116999052)

[3.3.1 Configuración 11](#_Toc116999053)

[3.3.2 Equipamiento requerido 11](#_Toc116999054)

[3.3.3 Configuración del IMU 12](#_Toc116999055)

[3.3.4 Método 12](#_Toc116999056)

[3.4 Validación 12](#_Toc116999057)

[4 Conclusiones 15](#_Toc116999058)

[5 Referencias 16](#_Toc116999059)

Índice de figuras

[Figura 1: Medición de la marcha Humana mediante sensores inerciales 5](#_Toc116999060)

[Figura 2: Marcadores óptico en región sacro 13](#_Toc116999061)

Índice de Tablas

[Tabla 1: Descripción de estudios de sujetos en riesgo o no de caída con inerciales 7](#_Toc116999066)

[Tabla 2: Evaluación de variables en sensores inerciales, prueba, ubicación 8](#_Toc116999067)

[Tabla 3: Batería de pruebas elegida 9](#_Toc116999068)

[Tabla 4: Categoría de variables utilizadas en estudios previos de riesgo de caída 9](#_Toc116999069)

Resumen Ejecutivo

Ela puede rellenar…

# Clasificación de pruebas de la marcha humana utilizando sensores inerciales

La marcha humana [1] es una característica que está determinada por la combinación del peso, longitud de extremidades, calzado y postura, entre otras cosas. Lo que resulta un movimiento característico del cual se pueden obtener patrones que van cambiando a lo largo de la vida del paciente. Pero también puede verse modificado por accidentes, enfermedades como el Parkinson u otras enfermedades además del envejecimiento.

Las alteraciones de la marcha humana influyen determinantemente en la calidad de vida, restringiendo movimientos y originando discapacidades físicas de largo tiempo y permanentes. Estos trastornos de la marcha humana generan caídas y otros deteriores de los pacientes. Lo que supone una incidencia máxima en la salud general y calidad de vida.

Por estas causas, la evaluación de la marcha humana mediante pruebas permite diagnosticar con precisión y eficacia un gran número de problemas médicos.

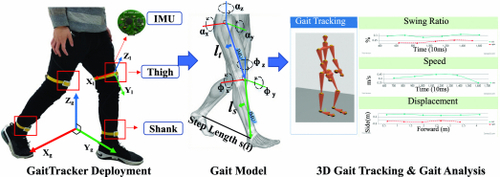


Figura 1: Medición de la marcha Humana mediante sensores inerciales

A continuación, se van a mostrar un grupo de pruebas para la evaluación de la marcha para medir el riesgo de caída. De estas se elegirá una que es la que se tomará para la realización de una batería de pruebas en el laboratorio a pacientes de diversos grupos que se utilizará en la Tarea 2.3 del proyecto *PreFall*.

Dichas pruebas se han elegido de la literatura de pruebas diagnósticas por su idoneidad en la aplicación de pacientes para la evaluación del riesgo de caídas.

## Prueba 1: Test de marcha humana (*walking*)

Es una prueba muy común a la hora de evaluar la limitación funcional. Los tests más comunes son el del cálculo de la marcha normal (caminando) en distancias de 4 a 6 metros. Estos tests se pueden acompañar de tareas en lo que se denominan *dual-task tests* que puede ser por ejemplo que cuente de uno hasta cien mientras el paciente está caminando. Esta prueba es utilizada tanto en el deterioro cognitivo como en el riesgo de caída. Una velocidad menor o igual a 0.8 m/s sería suficiente para detectar un riesgo de caída.

Este tipo de pruebas se puede clasificar de la siguiente manera:

* 8 a 10 pasos en una trayectoria recta a velocidad máxima con comodidad
* 7 minutos a una velocidad elegida por el paciente alrededor de un circuito con dos partes rectas y dos curvas. El circuito tiene 12 metros de largo.
* 3 metros a una velocidad cómoda en una trayectoria recta
* 10 metros a un ritmo seleccionado por el paciente en una trayectoria recta y en el que tenga que pasar por encima 6 obstáculos separados por 1.5m
* 1 minuto o más realizando caminatas durante las actividades de la vida diaria
* 1 minuto bajo 3 condiciones diferentes: 1) caminata habitual; 2) caminata habitual con arnés; 3) una carrera de obstáculos caminando con arnés

## Prueba 2: *Time Up and Go (TUG)*

Este test está diseñado para cuantificar la movilidad y ha sido probado [poner bib] como buen predictor del estado de salud. Este test consiste en que el paciente está sentado en la silla, se levanta, camina igualmente de 4 a 6 metros y vuelve a sentarse en la silla. El tiempo obtenido en este test es determinante para saber qué riesgo de caído existe.

## Prueba 3: *30-s Chair Stand Test (30-s CST)*

Consiste en el conteo de las veces que el paciente puede sentarse y levantarse durante 30 segundos.

## Prueba 4: *Five-Times Sit to Stand (FTSS)*

Al contrario de CST, esta prueba mide el tiempo total de hacer el procedimiento de sentarse y levantarse al hacerlo 5 veces.

## Prueba 5: *Short Physicial Performance Battery (SPPB)*

Es una de las pruebas más validadas para detectar fragilidad y predecir discapacidades. Utiliza una escala de cero a doce puntos. Se mide:

* Equilibrio: con diferentes posiciones del pie
* Velocidad: caminando en tiempo 4 m
* Tiempo necesario al Sentarse y levantarse 5 veces

Cada punto anterior es medido en una puntuación del 0 al 4. La suma de todos nos da un total de puntación que se clasifica según:

* 4-6: limitación funcional moderada (sujeto con fragilidad)
* 7-9: limitación funcional baja (sujeto pre-frágil)
* 10-12: limitación funcional ausente (sujeto no frágil)

# Selección de la batería de pruebas

## Revisión de pruebas realizadas y ubicación de sensores para evaluar riesgo de caída

Según Montesinos [2] en la Tabla 1 se muestra una comparativa de varios estudios de la caída en personas con y sin riesgo de caída mayores de 60 años y en el que se evaluó el riesgo de caída mediante sensores inerciales y la aplicación de unas pruebas anteriormente mencionadas en el punto 1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Autor, Año** | **Sujetos**  **(con riesgo**  **De caída)** | **Media**  **edad** | **Tipo de Sensor** | **Número de sensores** | **Ubicación** | **Test** |
| Kokima,  2008 | 153  (22) | 71 | ACC[[1]](#footnote-1) | 1 | Espalda baja[[2]](#footnote-2) | Marcha |
| O’Sullivan, 2009 | 17  (12) | 77 | ACC | 1 | Espalda baja | Sentado |
| Green,  2010 | 349  (207) | 72.4 | GYR[[3]](#footnote-3) | 2 | Espinillas | TUG |
| Itoh, 2012 | 30  (7) | 75 | ACC+  GYR | 1 | Espalda baja | Sentado |
| Senden, 2012 | 100  (50) | 76.5 | ACC | 1 | Espalda baja | Marcha |
| Doheny, 2013 | 39 (19) | 71.5 | ACC | 2 | Muslo, Esternón | 5 times sit to stand test |
| Doi, 2013 | 73 (16) | 80.7 | ACC | 2 | Espalda baja, espalda alta | 10m walk test |
| Weiss, 2013 | 71 (32) | 78.4 | ACC | 1 | Espalda baja | Marcha |
| Cui, 2014 | 81 (39) | 78.4 | ACC | 1 | Espalda baja | Marcha |

Tabla 1: Descripción de estudios de sujetos en riesgo o no de caída con inerciales

En esta revisión de la literatura se analizaron varias combinaciones de sensores, pruebas y parámetros para evaluar el riesgo de caída para sujetos con y sin riesgo de caída. Proponiendo que una buena combinación sería atendiendo a la triada: **variable a evaluar - prueba - ubicación de sensor inercial:**

* Velocidad angular – Marcha – Espinillas
* Aceleración lineal – Sentado – Espalda baja
* Aceleración lineal – Levantado a sentado / sentado a levantado – Espalda baja
* Frecuencia – Marcha – Espalda baja
* Frecuencia – Marcha – Espalda alta
* Tiempo – TUG – Espinillas

Asimismo, en [3] se establecen que las conclusiones del estudio se han provisto en los estudios realizados un

Por lo que las pruebas de marcha con inerciales en espalda baja sería una buena opción para utilizarlo en evaluar el riesgo de caída.

No obstante, en la siguiente Tabla 2 extraída del estudio [2] se realiza una revisiñon de aquellas pruebas que pueden ser muy interesantes para evaluar variables (*features*) para medir el riesgo de caída en personas que tienen tanto el riesgo como las que no. En este estudio se señalan los estudios de Doheny, Green, Weiss y Doi.

Interfaz de usuario gráfica, Tabla

Descripción generada automáticamente

Tabla 2: Evaluación de variables en sensores inerciales, prueba, ubicación

En este estudio se puede apreciar que existe que la elección de sensores inerciales y ubicación en espalda baja junto con pruebas de marcha, son significativos para evaluar el riesgo de caída.

Según las pruebas anteriores se elegirá por la cual sea adecuada al momento sanitario actual. Se debe de tener en cuenta que por la Covid-19 los laboratorios clínicos han sido un problema a la hora de realizar determinadas pruebas y la disposición de pacientes para la realización de las pruebas fue limitada debido a razones médicas evidentes derivadas de la actual situación.

Según la revisión realizada por Howcroft [4] la **parte inferior de la espalda**, incluida la pelvis, el sacro, y las vértebras L3 a L5, **es la ubicación más común del sensor y fue la única ubicación en el 65%** de los estudios revisados sobre población geriátrica para evaluar riesgo de caída. Este sitio se aproxima a la ubicación del centro de masa y es aceptable para uso doméstico a largo plazo, con lo cual es bastante adecuado para PreFall.

También en dicho estudio se analizó los tipos de prueba más utilizado para evaluar el riesgo de caída. Se utilizaron varias actividades para sensores inerciales evaluación del riesgo de caídas. La **actividad evaluada con más frecuencia fue caminar en terreno llano** (45%), seguido de Timed Up and Go (TUG) (32,5%), transiciones de sentarse a levantarse (22.5 %), balanceo postural de pie (20 %), Prueba de paso alternante izquierda-derecha en el nivel suelo (15%) y caminar en suelo irregular (2.5%).

Muchos estudios utilizaron una combinación de actividades (20%). Para la marcha nivelada, la velocidad de marcha seleccionada por el sujeto fue evaluado en la mayoría de los estudios (66,7%), mientras que se evaluaron otras velocidades de marcha (lenta, rápida) en el 26,7 % de los estudios y se evaluó una velocidad determinada en un solo estudio.

Tabla 3: Batería de pruebas elegida

## Revisión de variables significativas para evaluar riesgo de caída

Las variables importantes o significativas para la evaluación de riesgo de caída se pueden categorizar de esta forma con el porcentaje de uso empleado para evaluar el riesgo de caída [4].

|  |  |
| --- | --- |
| **Categoría de variable** | **Porcentaje de uso para evaluar riesgo de caída** |
| Posición y Ángulo. | 7.7% |
| Velocidad angular | 11.5% |
| Aceleración lineal | 20% |
| Espaciales | 3.8% |
| Temporales | 23.1% |
| Energía | 3.8% |
| Frecuencia | 15.4% |
| Otras | 14.6% |

Tabla 4: Categoría de variables utilizadas en estudios previos de riesgo de caída

## Batería de pruebas seleccionada

Se tiene como parámetro que se elija una prueba que esté relacionada con la marcha humana, por lo que las pruebas 3, 4 y 5 al tener partes en estático, sin movimiento, no se podría medir el riesgo de caídas con la marcha humana de manera eficiente. Por lo que las pruebas 1 y 2 serían las primeramente seleccionables de las revisadas, pero optaremos por la prueba 1 (Walking durante 8 metros aprox.) por simplicidad y evaluar únicamente la marcha como se ha revisado en varios estudios. Asimismo, como valor añadido, también obtenemos las siguientes ventajas:

* Instalación del sensor inercial sin contacto. El auxiliar médico instala de forma sencilla la unidad inercial en la región sacral sin contacto físico.
* La asistencia del auxiliar es mínima e incluso inexistente. Ya que el auxiliar realiza indicaciones de sólo caminar o volver a todo lo más.
* Prueba válida y usable en la literatura para medir el riesgo de caída (*fall risk*).
* Prueba válida para usar con sensores inerciales y evaluar el riesgo de caída (fall risk).

Por lo que la batería de pruebas seleccionada se muestra en la Tabla 5:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Batería de Pruebas** | **Distancia/ ubicación** | **Tiempo** | **Ubicación Inercial** |  | **Tipo de sujetos** | **Sensores del IMU** | **Variables** |
| Caminar (segmento de 8 metros ida y vuelta) | 8 metros ida y vuelta / laboratorio | 90 s | Espalda  Baja  (sacro) |  | Riesgo de caída y no riesgo de caída | ACC, GYR, MAG | Posición y Ángulo.  Aceleración lineal.  Velocidad Angular  Espacio  Tiempo  Frecuencia |

Tabla 5: Batería de pruebas seleccionada

# Protocolo del banco de pruebas

## Laboratorio

[datos del laboratorio]

## Tipología de Sujetos

Los criterios de inclusión consisten en adultos de 60 años o más, capaces de pararse y caminar de forma independiente con o sin ayudas para caminar, y que estén interesados en participar en el estudio. Se excluirán las personas que presenten deficiencias sensoriales graves (sordera o ceguera) o deficiencias cognitivas, que impidan la capacidad de comprensión de los cuestionarios y pruebas funcionales incluidas en el protocolo de cribado.

## Descripción de la prueba

El objetivo de la batería seleccionada en la Sección 2.3 se describe como la distancia que una persona puede confortablemente caminar a su velocidad de caminar usual. Una distancia de 8 metros es una distancia óptima (Ng et al. 2013) en el laboratorio y realizará un giro para volver y así sucesivamente durante 90 segundos.

**0m 8m**

## Configuración

El técnico del departamento de biomecánica establecerá el equipamiento necesario en el laboratorio para caminar durante la prueba. También se le instalará al paciente el IMU en la zona del sacro y se podrán realizar pequeñas pruebas de funcionamiento del IMU y preparación y confortabilidad del paciente.

## Equipamiento requerido

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Instrumento | Ubicación | Descripción |
| Cronómetro |  | Stopwatch aunque tanto las aplicaciones de registro como las cámaras MOCAP tienen temporizadores precisos. |
| Software Captación |  | Registro de datos cinemáticos (se detallará en Entregable 2.2) |
| Conos |  | 2 conos |
| Sillas |  | 1 |
| Cinta marcadora |  | 8 metros |
| IMU | Región sacro | Se recogerán las medidas mediante los sensores de 9 grados de libertada 9DOF. Es decir del Acelerómetro (m/s^2), Giroscopio ( rad / s^2) y magnetómetro (micro Teslas) |
| Documentaco de Consentimiento |  | Aunque la prueba no representa ningún peligro para la salud del paciente ni de ningún profesional, se dispondrá de formularios de consentimiento por parte del paciente donde se le informará de la prueba. |

## Preparación del paciente

Se estipula un tiempo de preparación del paciente en el que se firma el consentimiento escrito y se le explica en qué consiste la prueba, el tiempo y qué llevará puesto en la zona sacra. Siempre se buscará la comodidad y seguridad del paciente y se proporcionará las medidas como sillas u otros dispositivos de apoyo si necesitara ayuda mientras se realiza la prueba.

## Configuración del IMU (Inertial Measurement Unit)

### Settings del dispositivo inercial que deben llevar todos los sensores.

Se configurará mediante aplicación los siguientes parámetros del inercial:

|  |  |
| --- | --- |
| **Parámetro** | **Unidad/Resolución** |
| Acelerómetro | m/s2 +-4G |
| Giroscopio | Grados por segundo (dps) +-2000 dps |
| Magnetoscopio | microTeslas +-4000 |
| Frecuencia Acelerómetro | 100Hz / 0.01s |
| Frecuencia Giroscopio | 100Hz / 0.01s |
| Frecuencia Magnetoscopio | 100Hz / 0.01s |
| Filtro Kalman (Si estuviera disponible en IMU) | 9DOF |
| Corrección Magnetoscopio | Precisa |
| Aceleración Lineal ( Si disponible) | Sí (m/s2) |
| Temperatura | No |
| Presión | No |

### Métodos de calibración

A continuación se calibrará los sensores acelerómetro, giroscopio y magnetómetro del IMU según los procedimientos a continuación.

#### Métodos de Calibración Giroscopio

* **Calibración y umbral (*bias*) de polarización del giroscopio**: Cuando el sensor está en reposo, los datos de salida del giroscopio deben estar cerca de 0. Los datos sin procesar del sensor del giroscopio tienen una polarización constante de un cierto valor. Esto está relacionado con la estructura mecánica del giroscopio MEMS, que puede cambiar ligeramente sus características dependiendo, p. sobre la temperatura ambiente. Hay dos formas de determinar el sesgo del giroscopio:
  + **Calibración automática**: si el sensor permanece inmóvil durante más de 7.5 s, la polarización del giroscopio se reajustará automáticamente.
  + **Calibración manual:** Para determinar el valor de sesgo manualmente, se debe aplicar el siguiente procedimiento de calibración que está integrado en el software de registro. No todos los sensores tienen esta opción, con lo que la opción automática será la elegida en este supuesto. En la Figura 3 se muestra el código de la función de un API del Sensor MetaMotionRL donde se configura la función de calibración altamente precisa.

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Figura 2: Código de función de calibración de sensores Metamotion para Magnetoscopio, Giroscopio y Acelerómetro.

#### Método de calibración del acelerómetro

El acelerómetro también tiene dos opciones principales de calibración:

* **Calibración manual con movimientos:** se realiza una secuencia de movimiento del sensor de tal forma que en cada posición permanezca 3 segundos según la Figura 2

Imagen que contiene diferente, foto, coche, pantalla

Descripción generada automáticamente

Figura 3: Proceso de calibración del acelerómetro

* **Calibración asistida mediante software:** cada sensor puede proveer un sistema que mediante software calibre el acelerómetro. Análogo en lo descrito en la Figura 3.

#### Método de calibración del magnetómetro

Durante el procedimiento de calibración del magnetómetro, se deben determinar varios parámetros sobre el entorno magnético cercano al sensor: polarización/ganancia del magnetómetro en los ejes X, Y y Z y longitud/dirección del vector del campo geomagnético local. En la mayoría de los entornos, el campo magnético terrestre está influenciado por fuentes de ruido electromagnético, como líneas eléctricas, metales, etc. Como resultado, el campo magnético se descentra y se deforma.

Igualmente, existirán dos formas dependiendo del tipo de sensor y utilidades que tenga:

Imagen que contiene Diagrama

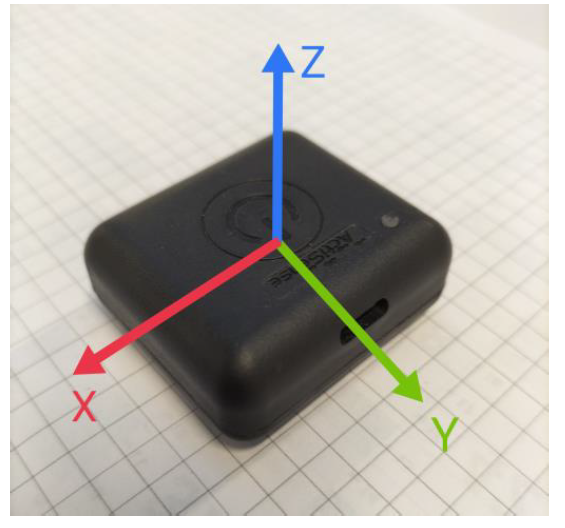
Descripción generada automáticamente

Figura 4: Izquierda: Yaw (Eje Z), Pitch (Eje Y). Roll (Eje X). Derecha: inercial con ejes

* **Calibración manual:**

|  |
| --- |
| **Pasos para calibrar el magnetómetro** |
| Paso 1: Girar el sensor alrededor de su eje YAW durante 2 o 3 rotaciones.  Paso 2: Girar el sensor alrededor de su eje PITCH durante 2 o 3 rotaciones.  Paso 3: Girar el sensor alrededor de su eje ROLL durante 2 o 3 rotaciones.  Paso 4: Girar el sensor de forma aleatoria para adquirir tantos datos como sea posible desde diferentes direcciones.  Paso 5: Después de unos 10 segundos el dispositivo se calibraría |

* **Calibración asistida mediante software:** cada sensor puede proveer un sistema que mediante software calibración del magnetómetro. Análogo en lo descrito en la Figura 3

## Método

1. Marcar distancia de 8 metros y poner un cono en cada extremo.
2. Emplazar una silla a la mitad de distancia por si el paciente debe pararse.
3. Con el participante sentado se explica la prueba: realizar de forma confortable de 1 minuto y medio de caminata entre ambos conos. Se puede parar el paciente si es necesario y utilizar la silla para sentarse.
4. Ubicar el sensor en la región del sacro y comprobar que registra.
5. Comenzar la prueba y grabar los datos a la vez.
6. Si el paciente se para el registro se puede pausar.
7. Una vez terminados los 6 minutos parar la prueba y se obtendrá un fichero de registro.

Un dibujo de un perro

Descripción generada automáticamente con confianza media

Figura 5: Ubicación del IMU en espalda baja

## Validación

Para establecer la validez del IMU, se va a comprar la cinemática del sensor con la del MOCAP estableciendo el valor de Aceleración lineal (X, Y, Z) de ambos.

Imagen que contiene interior, persona, joven, niño

Descripción generada automáticamente

Figura 6: Marcadores óptico en región sacro

La posición tridimensional (3D) de cuatro marcadores reflectantes (Figura 2), de 12 mm de diámetro y adheridos a el marco del marcador IMU montado en la pelvis se registró a una frecuencia de 100 Hz utilizando un VICON de 8 cámaras

sistema óptico de captura de movimiento (VICON Motion Systems, Oxford, Reino Unido). Brechas en las trayectorias de los marcadores sin procesar

producidos por la oclusión del marcador se identificaron y trataron dentro del software [[4]](#footnote-4)VICON Nexus (VICON Motion Systems, Oxford, Reino Unido) usando interpolación [[5]](#footnote-5)*spline* cúbica.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

# Conclusiones

# Referencias

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | D. G. A. Tania Znielle Rodríguez, «Evaluación de la marcha humana utilizando unidades de medición inercial,» *Researchgate,* 2019. |
| [2] | L. Montesinos y L. Peccjoa, «Wearable Inertial Sensors for Fall Risk Assessment and Prediction in Older,» *IEEE,* Enero 2018. |
| [3] | A. Ejupi, S. R. Lord y K. Delbaere, «New methods for fall risk prediction,» *Wolters Kluwer Health,* pp. 1363-1950, 2014. |
| [4] | J. K. E. D. L. Jennifer Howcroft, «Review of fall risk assessment in geriatric populations using inertial sensors,» *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation,* nº 10, p. 91, 2013. |
| [5] | M. D. M.-C. E. M.-V. M. T. &. P.-O. J. M. Molina-González, «Semantic orientation for polarity classification in Spanish reviews,» *Expert Systems with Applications 40 (18),* pp. 7250-7257, 2013. |
| [6] | L. a. W. E. L. G. Lee, «Gait analysis for recognition and classification",» de *IEEE*, 2002. |

1. ACC: Acelerómetro [↑](#footnote-ref-1)
2. Región entre L3 y L% [↑](#footnote-ref-2)
3. GYR: Giroscopio [↑](#footnote-ref-3)
4. https://www.vicon.com/software/nexus/ [↑](#footnote-ref-4)
5. La interpolación *spline* ajusta polinomios de bajo grado a pequeños subconjuntos de valores, por ejemplo, ajustando nueve polinomios cúbicos entre cada uno de los pares de diez puntos, en lugar de ajustar un solo polinomio de grado diez a todos ellos. [↑](#footnote-ref-5)