

AYUDAS A LA INVESTIGACIÓN IGNACIO H. DE LARRAMENDI

CONVOCATORIA AÑO 2020
(Salud)

MEMORIA FINAL

Investigador Principal: Cristina Rodríguez Sánchez

Entidad: Universidad Rey Juan Carlos

País: España

Fundación
MAPFRE

Título e identificación de los autores

1.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DEL PATRÓN DE MARCHA MEDIANTE EL DISEÑO DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO Y UNA APP DE MONITORIZACIÓN	
ACRONIMO GSTRIDE	
REFERENCIA INTERNA DEL PROYECTO M2451	IMPORTE TOTAL CONCEDIDO 30.000 €
FECHA DE INICIO 20/01/2021	FECHA FINAL 20/02/2022

1.2 DATOS DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL

DNI/PASAPORTE 49000297Q	1º APELLIDO RODRÍGUEZ	2º APELLIDO SÁNCHEZ	NOMBRE Mª CRISTINA
CÓDIGO ORCID 0000-0001-9243-2166			
DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO cristina.rodriguez.sanchez@urjc.es	TELÉFONO MÓVIL 699255587		

1.3 DATOS DEL EQUIPO

The infographic displays the following team members and their affiliations:

- 1ª Cristina Rodríguez**: Universidad Rey Juan Carlos
- Elisabet Huertas**: Universidad Rey Juan Carlos
- Marta Neira**: Hospital Universitario Infanta Sofía
- Antonio Ramón Jiménez**: CSIC
- Guillermo García-Villamil**: Universidad Rey Juan Carlos

Laboratorios participantes:

- LABTEL
- SENiaLab

Se ha incluido también a D. Antonio J. del Ama (Profesor de la Universidad Rey Juan Carlos) como miembro del equipo de investigación como experto en sistemas inerciales y evaluación de la marcha. Ha sido una modificación que se ha hecho después de la primera fase del proyecto debido a su CV y experiencia que ha favorecido los resultados del proyecto.

Además, se ha contado con investigadores del laboratorio SENIALAB de la Universidad Rey Juan Carlos, del cual es Directora Dña. María Cristina Rodríguez, en el desarrollo de las tareas relacionadas con el servicio Web, base de datos y la evaluación de los dispositivos.

Autores

- (1) **Investigadora Principal: Cristina Rodríguez Sánchez** (0000-0001-9243-2166) nació en Madrid en 1982. Su línea de investigación está enfocada a líneas de sistemas de monitorización, adquisición y tecnología sensorial. Gracias a la heterogeneidad de las áreas en las que me he involucrado, he conseguido un alto nivel de abstracción, una gran responsabilidad y capacidad para relacionar problemas de diferente naturaleza y promocionar mi investigación. He recibido varias menciones y premios, como el premio internacional TR35 (Technology Review Under 35) en el año 2013 otorgado por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y el reciente premio Europeo Galileo Satellite Master en el 2014. Autora de 25 artículos indexados en el JCR, añadiendo 3 artículos en congresos indexados en el CORE. Entre las ayudas de carácter competitivo durante el Doctorado me gustaría destacar el contrato de personal de investigador de apoyo para la Promoción de Personal Investigador de la Dirección General de Universidades e Investigación (Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid). He realizado una estancia de investigación en el NJIT, que me permitió ampliar mi investigación en sistemas embebidos, docentes y las relaciones con otras instituciones internacionales, como por ejemplo participando como revisor en congresos y revistas internacionales, así como una pequeña estancia en el MIT. Profundizando en mi carrera investigadora, he sido Investigadora Principal de 8 proyectos, con financiación pública y privada. Muchos de los resultados se han desplegado en organismos oficiales como la universidad y edificios públicos con una gran difusión tecnológica, publicaciones y distintos premios. Además, he participado en más de 23 contratos y proyectos de Investigación tanto de convocatorias competitivas, nacionales como internacionales. Precisamente gracias a estos proyectos y a la relación con las diferentes entidades he conseguido una Transferencia Tecnológica activa, reflejada en patentes, registros software, 1 modelo industrial, 2 marcas registradas y 2 productos comerciales en que han pasado Certificados de calidad y que se están comercializando, que se están explotando y comercializando en el ámbito de la bioingeniería, sistemas embebidos y aplicaciones accesibles para Smartcities. Como otros méritos relevantes destacar que es la directora del Laboratorio Senialab de la RedLabu y también pertenezco al laboratorio Labetel de la CAM. Actualmente pertenezco a la cátedra de Smart E2 de la URJC como secretaria académica y es la co-directora del Máster Universitario en Ingeniería Industrial. También me ha sido concedido 2 docencia (uno con excelente), 2 trienios de investigación, 2 sexenios de investigación y 2 quinquenios.

Contacto:

Universidad Rey Juan Carlos, Campus de Móstoles, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Móstoles (Madrid), España.

Tel. +34- 914888238

cristina.rodriguez.sanchez@urjc.es

<https://gestion2.urjc.es/pdi/ver/cristina.rodriguez.sanchez>

- (2) Elisabet Huertas (0000-0002-5840-541X) es Doctorada por la Universidad Rey Juan Carlos, Terapeuta Ocupacional por la Universidad Rey Juan Carlos, y Master Oficial en Patología Neurológica, actuaciones en Fisioterapia y Terapia Ocupacional, por la Universidad Rey Juan Carlos. Actualmente ejerzo como profesora Contratada Doctor Interina del Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física de la Universidad Rey Juan Carlos, al que llevo perteneciendo a través de diferentes figuras desde el 2007. Participo en la docencia del Grado de Terapia Ocupacional, así como profesora invitada y colaboradora en el Máster de Neurocontrol Motor y en los especialistas "Terapia de la Mano" y "Terapia Ocupacional Infantil". Además, he formado parte del comité organizador de diferentes jornadas y cursos. Durante la experiencia docente he dirigido más de 33 Trabajos Fin de Grado, 12 Trabajos Fin de Master, así como he colaborado en la organización y funcionamiento de la ECOE del Grado de Terapia Ocupacional, desde su inicio hasta la actualidad. Dos tramos de valoración positiva en el programa de DOCENTIA. Además, he obtenido el Primer Premio en los "I Premios Docentes Innovadores 2014", con la obra "Las TIC al servicio de aprendizaje activo¿, otorgado por la URJC, además de recibir la mención de ¿banco de buenas prácticas". En 2015 fue finalista en los "II Premios Profesores Innovadores 2015", con la obra "Video moodle: herramienta para mejorar la adquisición de habilidades preclínicas", premiado por la Universidad Rey Juan Carlos. He participado en proyectos de innovación y mejora de la calidad docente para favorecer y mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Respecto a la experiencia investigadora, soy miembro del grupo de investigación consolidado en Evaluación de la Capacidad, la Funcionalidad y la Discapacidad (TO+IDI), por la Universidad Rey Juan Carlos desde el 2014 a la actualidad. Participo activamente en diferentes proyectos de investigación, tanto nacionales como internacionales. He llevado a

cabo labores de coordinación y cooperación con Hospitales del SNS, Asociaciones y Fundaciones con el objetivo de conocer cómo es la funcionalidad y participación de las personas con discapacidad y poder ofrecerles alternativas que mejoren su actividad cotidiana. Mis principales líneas de investigación sociosanitaria se centran en la evaluación de variables que inciden en la autonomía, la funcionalidad y la participación social y comunitaria de las personas, así como en su autopercepción de la discapacidad. Además, en 2014 fui investigador visitante en la Escuela de Terapia ocupacional de la Universidad de Dalhousie. Localidad Halifax, Canadá. Derivado de estos proyectos de investigación se muestran diversidad de publicaciones científicas, coautora de capítulos de libros, así como participación en congresos y jornadas de carácter nacional e internacional, en el que se ha dado a conocer los hallazgos más relevantes de los mismos.

Contacto:

Universidad Rey Juan Carlos, Campus de Alcorcón, Facultad de Ciencias de la Salud, Móstoles (Madrid), España.

Tel. +34- 914889023

Elisabet.huertas@urjc.es

<https://gestion2.urjc.es/pdi/ver/elisabet.huertas>

(3) **Marta Neira Álvarez** (ORCID: 0000-0002-5488-7749) licenciada en Medicina y Cirugía por la Universidad Complutense de Madrid en 1991, especialista en Geriátría por el programa MIR en 1997 y Doctor en Medicina por la Universidad Autónoma de Madrid en 2004 con la Tesis Doctoral titulada "Estudio de los factores de riesgo asociados a las caídas repetidas en ancianos institucionalizados". Es personal Estatutario Fijo en la Categoría de Facultativo Especialista de Geriátría desde 2013 que tomó posesión de su plaza como Facultativo Especialista en Geriátría en el H. Universitario Infanta Sofía donde continúa desarrollando su labor asistencial en la Unidad de Ortogeriatría y en la consulta monográfica de caídas. Además es profesor asociado de Grado de Medicina de la Universidad Europea de Madrid (UEM) desde 2015 en la asignatura de Geriátría en 6º curso. Desde 2019 ejerce las funciones de Director de la Fundación de Investigación e Innovación del Hospital Universitario Infanta Sofía y Hospital Universitario del Henares y de Secretario del Patronato de la Fundación y es también miembro de la Comisión de Investigación del Hospital Universitario Infanta Sofía. Desarrolla actividad investigadora en el área de caídas, fragilidad, sarcopenia y osteoporosis y forma parte del grupo para el estudio de la enfermedad vascular del anciano (GEVA) de la UEM. En la actualidad participa en varios proyectos de investigación: en el Registro Nacional de Fracturas de Caderas como coordinador de centro, en el estudio ECOSARC multicentrico como investigador colaborador y en proyecto competitivo (Fundación Mapfre) "Análisis del patrón de marcha mediante el diseño de un prototipo electrónico y una app de monitorización (G-STRIDE)" como investigador colaborador. Es miembro del grupo de Caídas de la Sociedad Española de Medicina Geriátrica (SEMEG) y desde diciembre de 2021 es Vicepresidenta de la Sociedad Española de Medicina Geriátrica (SEMEG). Desde febrero de 2022 participa en el grupo de trabajo del Plan Regional de Atención Integral a la Fragilidad y Promoción de la Longevidad Saludable en personas mayores de la Comunidad de Madrid. Derivado de esta actividad clínico/investigadora, tiene numerosas publicaciones científicas, autora de capítulos en libros y ha participado en cursos formativos, jornadas y congresos como ponente y como directora de dos cursos dirigidos a médicos y profesionales sanitarios de Atención Primaria.

Dra. Marta Neira Álvarez, Md, Phd
Sección Geriátría. Hospital Universitario Infanta Sofía
San Sebastián de los Reyes. MADRID
Email: marta.neira@salud.madrid.org
Tlf 646014731

(4) **Antonio Ramón Jiménez Ruiz** (<http://orcid.org/0000-0001-9771-1930>) nació en Santander, España, en 1968. Se licenció en física (Cálculo Automático) y se doctoró en física en la Universidad Complutense de Madrid, España, en 1991 y 1998, respectivamente. Es Investigador Científico en el Centro de Automática y Robótica (CAR), centro mixto del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) y la UPM (Universidad Politécnica de Madrid), situado en la sede de Arganda del Rey (Madrid). Su experiencia en investigación se centra en el área de soluciones de posicionamiento para la localización, navegación y análisis del movimiento de personas y robots en interiores y exteriores, procesamiento de señales, estimación bayesiana y fusión de sensores inerciales con sistemas de balizamiento (ultrasónicos-RFID-UWB-BLE), con aplicaciones en sistemas inteligentes del sector salud, seguridad, movilidad urbana y logística. Ha publicado más de 100 artículos en revistas y conferencias, con índice h de 41, y participado en diversos proyectos de investigación españoles e internacionales, así como en organización de eventos de investigación como congresos y competiciones.

Contacto:

CAR (Centre for Automation and Robotics), CSIC-UPM, Ctra. Campo Real km 0.2, 28500 Arganda del Rey (Madrid), España.

Tel. +34-918711900, extension 289,

antonio.jimenez@csic.es

<https://lopsi.car.upm-csic.es>

(5) **Antonio del Ama** (0000-0001-6215-2593) comenzó a formar parte en 2006 de la Unidad de Biomecánica y Tecnología Asistencial del Hospital Nacional de Paraplégicos, llegando a ser Jefe de Grupo (PI) desde 2017 hasta 2019. Entre 2008 y 2012 fue investigador en prácticas en el Grupo de Ingeniería Neural del CSIC (antiguo Grupo de Bioingeniería), obteniendo su doctorado en el área de exoesqueletos híbridos de extremidades inferiores para asistencia a la marcha. De 2015 a 2019 ocupa una plaza de profesor a tiempo parcial en las Universidades de Castilla-La Mancha y Rey Juan Carlos. Desde septiembre de 2019 es profesor asociado a tiempo completo en la Universidad Rey Juan Carlos en el departamento de Tecnología Electrónica. Desde 2012 es también miembro de la Comisión de Ingeniería Médica y Sanitaria del Colegio de Ingenieros Industriales de Madrid. Sus intereses de investigación están relacionados con las tecnologías robóticas y neuroprotésicas para la asistencia al movimiento, la biomecánica de la función motora y la evaluación de tecnologías de asistencia. Ha participado en varios proyectos competitivos regionales (1), nacionales (6) y europeos (2) relacionados con robots vestibles de extremidades inferiores para la asistencia a la marcha como investigador, así como IP en proyectos competitivos europeos (BioMot) y nacionales (TAILOR) relacionados con la robótica de rehabilitación. Es autor de 54 publicaciones indexadas en WOS: 35 artículos JCR (10 Q1 y 19 Q2), más de 70 comunicaciones a congresos nacionales e internacionales, y coautor de 10 capítulos de libros. En 2011 recibió el Premio a la Innovación Tecnológica de la Fundación Rodolfo Benito Samaniego por su trabajo sobre la evaluación biomecánica de la propulsión manual de sillas de ruedas.

Contacto:

Universidad Rey Juan Carlos, Campus de Móstoles, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Móstoles (Madrid), España.

Tel. +34- 914884902

antonio.delama@urjc.es

<https://gestion2.urjc.es/pdi/ver/antonio.delama>

Contratados por el proyecto:

(1) **Guillermo Garcia-Villamil Neira** (<https://orcid.org/0000-0002-3869-4410>) nació en Madrid, España, en 1998. Se graduó en el Grado de Ingeniería de Tecnologías Industriales por la Universidad Rey Juan Carlos (URJC) en 2020 y actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Máster de Ingeniería Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha sido Contratado por el CSIC como investigador en el proyecto MICROCEBUS, desempeñando tareas para la Investigación en sistemas de localización y análisis de la marcha de personas usando dispositivos IoT portables, fusión sensorial y analítica inteligente, en aplicaciones de salud para evaluar la fragilidad y vitalidad de las personas. También ha trabajado en la URJC en el Proyecto GSTRIDE, "Análisis del patrón de marcha mediante el diseño de un prototipo electrónico y una app de monitorización". Como mérito a destacar su trabajo fin de grado (TFG), titulado "Análisis del patrón de marcha mediante el diseño de un prototipo electrónico y una app de monitorización", que sirvió como base para la creación y desarrollo del proyecto GSTRIDE financiado por la fundación Mapfre.

(2) **Noelia Fernández Talavera** Noelia Fernández Talavera (<https://orcid.org/0000-0002-5587-1538>) nació en Madrid, España, en 1996. Se graduó en Ingeniera de Tecnologías Industriales en la Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España en 2021; y actualmente cursa el Máster de Ingeniería Industrial en la Universidad Carlos III de Madrid, España. Es Investigadora del área de SENIALAB (laboratorio de desarrollo de sistemas de navegación sensorial y de sistemas de monitorización) en el departamento de Tecnología Electrónica de la URJC (Universidad Rey Juan Carlos) del campus de Móstoles. Su experiencia en investigación se basa en la monitorización, navegación y localización de robots de interiores para situaciones de emergencia, aplicaciones de sensores ambientales con sistemas de balizamiento (UWB, BLE, ultrasonidos), aplicaciones web y móvil para el sector de la salud y estabilización y control de robots humanoides. Ha publicado un artículo científico en la revista Emergencias 112 de la APTB, ha ganado el segundo premio de excelencia del COGITIM (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid) y ha participado en el proyecto europeo Walkbench.

Contacto:

Edificio Laboratorio III, Despacho S004, Calle Tulipán, s/n, 28933 Móstoles (Madrid), España.
Teléfono +34 914884536 (Extensión 4536)
noelia.fernandez@urjc.es
<https://gestion2.urjc.es/pdi/ver/noelia.fernandez>

Agradecimientos

Desde el equipo de investigación que ha formado parte de GSTRIDE queríamos dar las gracias en primer lugar a la Fundación Mapfre y a nuestro tutor por confiar en nuestro trabajo y ofrecernos los recursos para poner la línea de investigación GSTRIDE como un referente en las metodologías de las unidades de atención de caídas para personas mayores en la Comunidad de Madrid.

Nos gustaría dar las gracias por su participación en la evaluación de Gstride a la Dirección Asistencial de la Agencia Madrileña de Atención Social que ha permitido que podamos contar con la participación en el proyecto de la Residencia Gastón Baquero y Residencia de Torrelaguna. Además agradecer la participación del Hospital Universitario Infanta Sofía y el Hospital Universitario de Getafe, la residencia de Virgen de la Salud en Guadalajara y el Centro de Salud de Princesa por su colaboración en la realización de las pruebas.

1 Resumen

La alta prevalencia de las caídas y el enorme impacto que tienen en la población de edad avanzada es motivo de preocupación. Nuestro objetivo fue desarrollar una herramienta para la medida del patrón de la marcha (G-STRIDE) para adultos mayores basado en una unidad de medición inercial (IMU) de 6 ejes con la aplicación de algoritmos navegación por integración de señal y probar su validez estructural y clínica. Se realizó un estudio transversal de casos y controles con 163 participantes (con y sin caídas). Se midió la marcha utilizando una IMU fijada al empeque de uno de los zapatos mientras los participantes caminaban por diferentes terrenos. G-STRIDE se ha concebido e implementado como un dispositivo inercial portátil que monitorizaba el patrón de la marcha junto a una aplicación móvil para el análisis clínico de manera telemática. G-STRIDE ha permitido medir los parámetros de la marcha en condiciones de vida normales al caminar sin necesidad de evaluar al paciente en la consulta externa. Además, verificamos la validez concurrente con las medidas de resultado convencionales utilizando los coeficientes de correlación intraclase (CCI). Además, se analizaron las diferencias entre los participantes con y sin caídas. G-STRIDE mostró una alta precisión de estimación de la velocidad de la marcha de los ancianos y una buena validez concurrente en comparación con las medidas convencionales. En conclusión, la plataforma G-STRIDE, basada en estimación inercial del movimiento, puede clasificar con precisión a las personas mayores con riesgo de caídas con una significación tan alta como la de los métodos clínicos tradicionales pero más subjetivos.

2 Abstract

The high prevalence of falls and the enormous impact they have on the elderly population is a cause for concern. We aimed to develop a walking-monitor gait pattern (G-STRIDE) for older adults based on a 6-axis inertial measurement (IMU) with the application of pedestrian dead reckoning algorithms and tested its structural and clinical validity. A cross-sectional case-control study was conducted with 163 participants (fallers and non-fallers). We measured gait using an IMU attached to the ankle while participants walked around different grounds. The G-STRIDE consisted of a portable inertial device that monitored the gait pattern and a mobile app for telematic clinical analysis. G-STRIDE made it possible to measure gait parameters under normal living conditions when walking without assessing the patient in the outpatient clinic. Moreover, we verified concurrent validity with convectional outcome measures using intraclass correlation coefficients (ICCs). Furthermore, we analyzed the differences between participant with and without falls. G-STRIDE showed high estimation accuracy for the walking speed of the elderly and good concurrent validity compared to conventional measures. In conclusion, the developed inertial-based G-STRIDE can accurately classify older people with risk to fall with a significance as high as using traditional but more subjective clinical methods.

3 Introducción y antecedentes

Las caídas son uno de los problemas clínicos con mayor relevancia en la población anciana. Un tercio de los ancianos que viven en la comunidad se cae anualmente y aproximadamente la mitad lo hace de forma repetida, además son un indicador clínico de fragilidad y están asociadas a numerosas complicaciones como hospitalización, deterioro funcional, pérdida de calidad de vida, institucionalización y muerte [1][2].

La valoración de la marcha y el equilibrio es una de las bases de la evaluación de los pacientes con caídas y con fragilidad. En la mayoría de los casos, tanto en atención primaria como en especializada, se hace mediante exploración física y realización de pruebas funcionales como la velocidad de la marcha, Short Physical Performance Test (SPPB) y Time Up and Go Test (TUG) [3]. Además otras herramientas complementarias como la posturografía, los acelerómetros y el Gaitrite nos dan información del patrón de marcha, velocidad de paso, longitud, anchura y comportamiento del equilibrio estático y dinámico en diferentes situaciones o circunstancias [4] [5] [6], pero el uso de estas herramientas no está generalizado y prácticamente se limita a unidades monográficas con laboratorios de la marcha o en el ámbito de la investigación.

Por otro lado, esta evaluación complementaria presenta algunas limitaciones: todas estas exploraciones se realizan en consultas y en un entorno hospitalario, no siendo instrumentos portátiles que permitan la evaluación en el entorno cotidiano de la calle o domicilio, donde habitualmente ocurren las caídas. La ejecución de estas pruebas requiere en todos los casos de la colaboración del paciente y por tanto puede

estar dificultado en aquellos con deterioro cognitivo o déficits auditivos. Las pruebas funcionales nos permiten determinar tiempos de ejecución y valorar aspectos cualitativos de la marcha, sin embargo tienen algunas limitaciones como el hecho de estar sujetas a la subjetividad del evaluador que realiza las pruebas con cronómetro manual, o requieren de tiempos exploratorios prolongados en consulta y no dan información sobre una gran cantidad de parámetros de la marcha que son de interés para estudiar el patrón de la marcha y, por lo tanto, poder monitorizar la respuesta a la intervención de forma más objetiva y precisa.

El uso de sensores inerciales ha surgido como un enfoque de gran interés [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]. Además, el estado del arte de este enfoque se ha revisado en varias revisiones [15], [16], [17]. Se trata de sensores portátiles, de bajo coste y ligeros, denominados unidades de medición inercial (IMU), que se colocan en diferentes lugares del cuerpo, especialmente en la pierna, la espalda, el tobillo y el pie, para extraer los parámetros de movimiento de la marcha. Los sensores inerciales miden las aceleraciones brutas y las velocidades de giro mediante acelerómetros y giroscopios orientados ortogonalmente. Estos datos brutos deben ser post-procesados para obtener los parámetros de la marcha con una precisión razonable.

Los parámetros de la marcha pueden estimarse a partir de las IMU mediante dos tipos de métodos de estimación inercial: [1] modelos de la marcha humana y [2] integración inercial o INS. El primer caso requiere definir el modelo cinemático de la marcha humana, utilizando parámetros conocidos como la longitud de las piernas y el estilo de caminar. La IMU puede medir las rotaciones de las articulaciones o las oscilaciones del montón y deducir la cadencia y parámetros como la velocidad de la longitud de la zancada. Esta estimación depende del sujeto en particular y debe ser calibrada, lo que supone un problema cuando se quiere estudiar un grupo grande de sujetos. El segundo método basado en INS requiere una doble integración de los datos de la IMU para obtener parámetros espacio-temporales como la longitud de las zancadas, uno de los parámetros más relevantes para discriminar la fragilidad. Sin embargo, la integración del INS requiere algoritmos sofisticados para eliminar el ruido típico de las IMUs de tipo MEMS (Sistema Micro Electro Mecánico), que, tras la doble integración, provocan derivas significativas en las estimaciones espaciales y angulares. Para minimizar este efecto, se realiza una actualización de la velocidad a cero (ZUPT) [18] durante el apoyo. Además, la ubicación de la IMU [19] se considera relevante para la adquisición de datos brutos de calidad.

Hemos tratado de cumplir con los plazos establecidos pero debido a los protocolos COVID de dichas entidades las evaluaciones del prototipo se ha seguido un proceso con mayor demora de lo esperado.

4 Objetivos

Estos antecedentes han impulsado el desarrollo de una plataforma formada por una aplicación Web de gestión para el clínico y una App móvil junto con un prototipo electrónico que ha permitido una evaluación funcional del anciano, midiendo parámetros de la marcha de forma objetiva, rápida y con un bajo coste. Además el dispositivo permitirá la evaluación fuera del entorno hospitalario, en condiciones normales de marcha y facilitaría la medición en sujetos con deterioro cognitivo y otros problemas sensoriales que limitan su colaboración en las pruebas. También permitirá la monitorización seriada en pacientes sujetos a terapias rehabilitadoras para conocer la progresión en el tiempo. Por último, con el dispositivo se busca reducir los tiempos de consulta y por tanto, reducir el tiempo de exposición del paciente al ambiente hospitalario, que en el momento actual de pandemia por Covid-19, cobra especial interés.

Los objetivos de este estudio han sido describir los parámetros de la marcha evaluados por el dispositivo, evaluar la correlación de estos parámetros con los obtenidos en las pruebas funcionales habitualmente empleadas y describir las diferencias entre los pacientes con y sin caídas.

5 Metodología y materiales

Participantes

Se trata de un estudio observacional de casos y controles. El estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética de Investigación del Hospital Universitario de la Paz (N.Registro: PI-4486). Todos los participantes dan su Consentimiento Informado para la participación en el estudio.

Los criterios de inclusión de este estudio son una modificación de los criterios de derivación a unidades específicas de evaluación y tratamiento de caídas en el anciano, propuestos por la Sociedad Americana de Geriátría (AGS) y la Sociedad Británica de Geriátría (BGS) (7). Se trata de pacientes mayores de 70 años capaces de deambular sin ayuda de otra persona y que presentan alguna de las siguientes circunstancias: haber presentado una caída con consecuencias en el último año o dos o más caídas, trastorno de la marcha y equilibrio o miedo a caer o síndrome postcaída. Los criterios de exclusión son: presentar una enfermedad terminal con una expectativa de vida menor a seis meses, caminar con andador o no dar el consentimiento informado para participar.

Se realizó un estudio transversal de casos y controles con 163 participantes (con y sin caídas). Se midió la marcha utilizando una IMU fijada al tobillo mientras los participantes caminaban por diferentes terrenos. G-STRIDE se ha concebido e implementado como un dispositivo inercial portátil que monitorizaba el patrón de la marcha junto a una aplicación móvil para el análisis clínico de manera telemática. La evaluación de los participantes se llevó a cabo en una única visita en la que se realizó la evaluación habitual del paciente con la recogida de las variables de estudio. Al final de la exploración se colocó el dispositivo en el zapato y se solicitó al participante que caminara durante 15-30 minutos según su tolerancia y fuera de la consulta. Al finalizar el tiempo el participante volvió a la consulta para dejar el dispositivo.

Las variables de estudio son:

1-Parámetros sociodemográficos: edad, sexo y lugar de residencia.

2-VARIABLES funcionales y cognitivas:

- Nivel de actividad física: Se determina según los parámetros recogidos en los criterios de fragilidad: Se consideran sedentarios si; en el caso de los hombres caminan menos de 3 horas a la semana o consumo energético inferior a 459,6Kcal, en el caso de las mujeres caminan menos de 1 hora a la semana o consumo energético inferior a 135Kcal.
- Peso, talla, índice de masa corporal (IMC).
- Grado de deterioro cognitivo medido por escala GDS de Reisberg [8].
- Valoración de fragilidad mediante los Criterios de fragilidad estandarizados [9].

3-Valoración funcional de la marcha:

- Velocidad de la marcha: consiste en pedir a la persona que recorra una distancia a su ritmo de marcha habitual. El inicio de la medición se realiza en movimiento (marcha lanzada) y el sujeto recorre una distancia de 4 metros utilizando las ayudas técnicas que use habitualmente. Se realizan 3 tomas, escogiendo la mejor de las mediciones obtenidas [10].
- SPPB: Escala SPPB (Short Physical Performance Battery): Diseñada específicamente para predecir la discapacidad. Ha demostrado capacidad para predecir eventos adversos, dependencia, institucionalización y mortalidad. Consiste en la realización de tres pruebas: equilibrio (en tres posiciones: pies juntos, semitándem y tándem), velocidad de la marcha en 4 metros y levantarse y sentarse en una silla cinco veces sin usar los brazos. Se considera al sujeto autónomo si obtiene 10 ó más puntos, con limitación leve entre 7 y 9, con limitación moderada entre 4 y 6 y con limitación grave si obtiene menos de 4 puntos [11].
- Time up and go test: en esta prueba se le pide al sujeto que se levante de una silla sin apoyos, recorra una distancia de 4 metros, de la vuelta y se siente. Se utiliza como punto de corte de 15 segundos para riesgo alto de caídas [12].

4- Síndrome de temor o miedo a las caídas: se evaluó mediante la Short Falls Efficacy Scale – International (Short FES-I). Se trata de la versión corta de la escala autoadministrada de 7 ítems, diseñada para evaluar el miedo a caerse en población adulta mayor que vive principalmente en comunidad”. En estos 7 ítems se incluyen variedad de actividades funcionales cotidianas. Se pide a la

persona que puntúe con un 1 si no están preocupados en caerse hasta 4 si está muy preocupados durante la realización de diferentes actividades. La puntuación oscila desde un mínimo de 7 (sin preocupación) hasta 28 (preocupación severa). A partir de 9 puntos se considera preocupación moderada [13].

Las variables descritas por el prototipo son:

- a) Velocidad de marcha media, cadencia, distancia recorrida, tiempo de recorrido y número de pasos
- b) Longitud del paso (zancada): media, máxima y mínima
- c) Tiempo de balanceo: medio, mínimo y máximo
- d) Variabilidad de parámetros de velocidad, longitud de paso y tiempo de balanceo

Característica del Dispositivo Gstride

- La arquitectura del proyecto se puede separar en dos bloques de desarrollo.
- El primer bloque se compone por el propio dispositivo (Arduino) que realiza el muestreo del patrón de movimiento al caminar, incluyendo tanto el hardware como software para llevar a cabo esta tarea. El sensor encargado de la captura del patrón de movimiento, es un sensor inercial (IMU) compuesto por acelerómetros y giroscopios. Estos sensores permiten medir la aceleración y la velocidad angular de un objeto en tres ejes perpendiculares entre sí.
- El segundo bloque se encarga de analizar la información obtenida mediante una Raspberry y ejecutar los algoritmos desarrollados en Python, para obtener las variables requeridas por el personal sanitario, con el objetivo final de analizar el patrón de marcha. Estas variables serán almacenadas en una base de datos alojada en la propia Raspberry.
- Cabe destacar que la unión entre ambos bloques, sería en este proyecto la tarjeta SD, la cual registra todas las muestras de los sensores en un documento. Por último, se ha desarrollado una aplicación móvil con Android Studio mediante la cual el personal sanitario puede consultar las variables de cada paciente, alojadas en la base de datos.

Metodología Estadística

En primer lugar, se comprobó la normalidad de la muestra mediante el test Kolgomorov-Smirnov. Se analizaron las variables continuas mediante la media y la desviación típica, y la frecuencia y porcentajes de las variables categóricas. Posteriormente, se utilizaron tests paramétricos para medir las diferencias entre muestras independientes (T-Student), así como las correlaciones (Pearson Test) entre las diferentes variables; para analizar las diferencias de los porcentajes se utilizó el Chi-Squared test. Además, el tamaño del efecto fue calculado con Cohen's statistic and its transformation to correlation coefficient (dr). The following values were considered with respect to the magnitude of the effect size: dr = 0.10 (low), dr = 0.30 (medium), dr = 0.50 (high) and dr = 0.70 (very high) [Fritz et al.]. Por último, se llevó a cabo una regresión logística....

El valor de p fue de $p < 0.05$.

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa SPSS v.27 (Copyright© 2013 IBM SPSS Corp.)

6 Resultados

A continuación, se indica el estado de cómo han quedado los estados de los Paquetes de trabajo realizados acorde a la metodología inicial planteada con la solicitud del proyecto:

PT1: Arquitectura de la plataforma (Mes 1) – Terminada

PT2: App de Gestión y Base de datos (Mes 1-2-3) - Terminada versión final.

PT3: Dispositivo de muestreo de la marcha (Mes 2-10) – Implementación de los 10 dispositivos de muestreo en tiempo y forma.

PT4: Evaluación clínica (Mes 5 al 12) – Iniciada en Julio del 2021 y finalizada en marzo del 2022.

PT5: Documentación, difusión y explotación de resultados (Mes 10 al 12) – Iniciada, terminada y con resultados referenciados del proyecto. Ver último apartado.

PT1: Arquitectura de la plataforma

Tarea 1.1 (Definición de requisitos)

Tarea 1.2 (Selección de componentes)

El dispositivo de muestreo se compone por:

Una placa de desarrollo Arduino Nano 33 IoT, **Ilustración 1**: Esta placa tiene incorporado un sensor inercial (IMU), en concreto el LSM6DS3. Además, incorpora un módulo WIFINina para comunicaciones Wifi y Bluetooth.



Ilustración 1: Arduino Nano 33 IoT

Se ha procedido a desarrollar una placa PCB para cumplir la funcionalidad del dispositivo requerida en el proyecto: adquisición, procesamiento, almacenamiento y monitorización en tiempo real. Para ello, se han incorporado un lector de tarjetas microSD, leds y botones para interactuar con el dispositivo.

Para ello se han seleccionado los siguientes componentes **Tabla 1**:

N.º Componente del Fabricante	Descripción	Unidades Placa PCB	Precio unidad	Distribuidor
ABX00032	Arduino Nano 33 IoT with headers soldered	1	19,83 €	mouser
SDSQAB-016G-J	MicroSD	1	11,50 €	mouser
104031-0812	MicroSD socket	1	2,80 €	mouser
NCP163ASN330T1G	Voltage Regulator 3.3V output	1	0,48 €	mouser
	4 LIPO 3.7V JST-SH	1	21,99 €	amazon
DF13-2P-1.25DSA	JST 1.25 2-pin	1	0,24 €	farnell
450302014072	Interruptor 3 patas 2.5mm separación patas	1	2,03 €	mouser
C1206C105J8RACTU	1µF 1206 Condensator	2	0,92 €	mouser
ERA-8AEB560V	56 SMD 1206 Resistor	2	0,56 €	mouser
APTR3216SECK/J3-PRV	LED 1206 RED	1	0,53 €	mouser
APTR3216PGW	LED 1206 GREEN	1	0,31 €	mouser
LSM6DSRX	Sensor Inercial IMU	1	5,22€	farnell
614105150721	Conector Carga batería micro USB	1	1,74 €	mouser
Adafruit 3983	Pulsador	1	1,65 €	mouser

PT2: App de Gestión y Base de datos

En relación al interfaz se han diseñado dos aplicaciones. La aplicación web clínica, que permitirá al clínico hacer un seguimiento de los pacientes del estudio, agregar o modificar pacientes, hacer un seguimiento de los datos del procesamiento incluso enviar notificaciones a los pacientes. Por otro lado, se han diseñado y desarrollado para el seguimiento de los datos del procesamiento las primeras versiones para la aplicación que realizará el análisis del patrón de la marcha.

El diseño de la aplicación web se encuentra en los anexos adjuntos a este documento.

Tarea 2.1 (Protocolo de comunicación)

COMUNICACIÓN DE ALTO NIVEL

En la Ilustración 2 se muestra un diagrama de la comunicación.

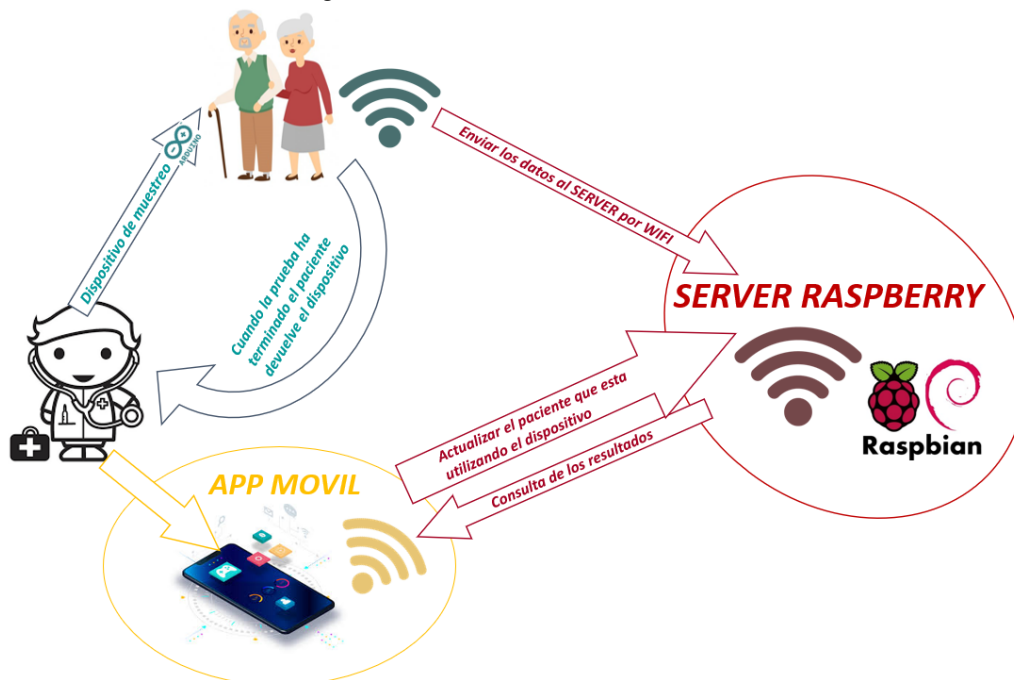


Ilustración 2 : Comunicación Alto Nivel

A continuación, explicamos el protocolo de comunicación entre cada bloque.

1. El médico da el dispositivo de muestreo al paciente para que realice una prueba de 30 minutos en el lugar donde suele caminar, en un parque o por la calle cerca de su casa.
2. El médico actualiza el identificador del dispositivo cedido con el identificador del nuevo paciente que está usando este dispositivo. Para ello el médico accede a la App móvil e introduce la baliza que ha dado al paciente, indicando quién es este paciente con un identificador. La App móvil actualizará este registro en la BBDD.
3. El paciente realiza la prueba de caminar con el dispositivo y cuando se conecte a una red WIFI enviará los datos a la BBDD.
4. El paciente vuelve a consulta y devuelve el dispositivo de muestreo
5. El médico consulta con la App móvil los resultados de la prueba que están almacenados en el servidor y los interpreta.

COMUNICACIÓN CON EL DISPOSITIVO – DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE ACQUISICIÓN.

La comunicación entre el dispositivo y el servidor se realiza utilizando una conexión a Internet, en concreto se utiliza un código que hace peticiones con métodos GET. Pero si ha habido problemas con la conexión, falta de conectividad u otros problemas, se usa el almacenamiento en paralelo como backup en un archivo de la microSD instalada en el dispositivo.

En la **Ilustración 3**, se muestra el diagrama de funcionamiento interno del dispositivo de muestreo. Void Setup (se corresponde a los bloques de color Naranja y se ejecuta una vez)

Al iniciar el código lo primero que se realiza es hacer el Setup del IMU y de la tarjeta microSD, el Setup del WIFI se hará separado para que no esté conectado durante toda la prueba y nos conectemos a este cuando sea necesario enviar los datos.

Antes de abrir el documento IMU.txt en la tarjeta microSD, comprobamos si existe:

- Si no existe lo creamos. (Pasando al estado 0 con bloque de color **Azul**).
- Si existe, ponemos la variable contador a 1 (Pasando al estado 1, se corresponde con los bloques de color **Amarillo**). Realizamos esto ya que puede ser que se haya hecho la prueba de caminar previamente, se haya apagado el dispositivo y queremos enviar los datos cuando estemos conectados a una red WIFI.

Void Loop (Se corresponde a todo lo que está entre los bloques de color **Negro** y se ejecuta cíclicamente)

En el Loop mediante un pulsador incrementamos la variable contador para definir en qué estado de la prueba estamos (Se corresponde con los bloques de color **Morado**):

- Si contador = 0 (Estado 0, se corresponde con los bloques de color **Azul**): Se está realizando la prueba de caminar y se están escribiendo los parámetros del IMU, acelerómetro y giróscopo en la tarjeta microSD en un archivo llamado IMU.txt.
- Si contador = 1 (Estado 1, se corresponde con los bloques de color **Amarillo**): A este estado se ha llegado o bien porque ya existía el documento IMU.txt al encender el dispositivo, o porque hemos realizado la prueba y hemos dado al pulsador para guardar los datos.
- Si contador = 2 (Estado 2, se corresponde con los bloques de color **Rojo**): A este estado se llega si estábamos previamente en el estado 1, es decir el documento IMU.txt está en la tarjeta microSD, con los datos listos para enviar. Por ello cuando estemos cerca de una WIFI para enviar los datos se pulsará el pulsador para acceder a este estado 2 y enviar los datos por WIFI.

Una vez accedido al estado 2 realizaremos el Setup del WIFI llamando a la función setupWifi(). Después llamaremos a la función leerSD() la cual leerá el documento IMU.txt para enviarlos por WIFI.

Dentro de esta función leerSD() entraremos en un bucle while y hasta que no se haya terminado de leer todo el documento IMU.txt no saldremos de él. En el bucle while se ira leyendo carácter a carácter el documento e iremos ensamblando línea a línea el documento. Cada vez que tengamos una línea ensamblada, llamaremos a la función enviarDataWIFI(), enviando esa línea de información al servidor mediante el método GET, al archivo.php correspondiente.

Una vez enviando todo el documento, línea a línea por WIFI, llamamos al archivo php en el servidor que ejecuta los algoritmos que calculan los parámetros del patrón de marcha y los suben a la BBDD, después pasaremos al estado 3 automáticamente sin tener que presionar el pulsador.

- Si contador = 3 (Estado 3, se corresponde con los bloques de color **Verde**): La prueba se ha completado y se ha enviado la información por WIFI, parpadeará un LED cada segundo para indicarlo.

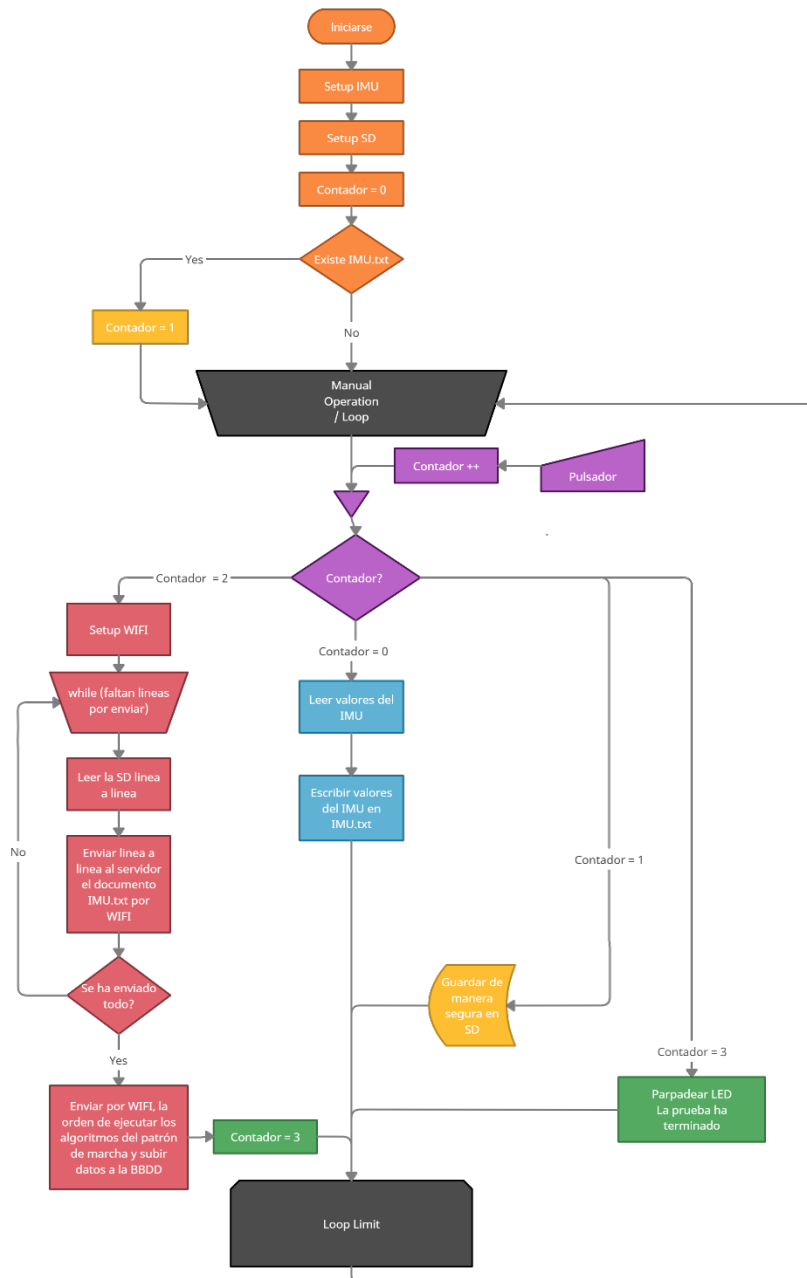


Ilustración 3: Diagrama de Funcionamiento del Dispositivo

MÓDULOS PARA LA COMUNICACIÓN DEL NODO LOCAL

- **Server:**

El servidor esta implementado en una Raspberry pi 4 model B. Para la implementación del servidor local se ha implementado la arquitectura de desarrollo web LAMP, siguiendo el material del área de Tecnología Electrónica de la URJC *MontajeSistemaPractica_IoT_SMC_Master_2017_2018_Final.pdf*. [En línea]. Esta arquitectura emplea Linux como sistema operativo, de servidor web apache, MySQL como gestor de la BBDD y PHP/Pyhton como lenguaje de programación.

Este servidor Local se encargará de recibir los datos de los sensores Inerciales de las balizas mediante archivos .php (gstrideIMUdata.php y gstrideBBDD.php:), después procesará los datos para extraer los parámetros del patrón de marcha mediante archivos .py y con estos mismo archivos subirá los parámetros a la BBDD. Se podrán consultar los parámetros del patrón de marcha mediante una App móvil a partir del archivo .php (BBDDconsultaApp.php).

- Tablas BBDD

Las tablas se han creado mediante phpmyAdmin. En la BBDD podemos encontrar 4 tablas.

1. estadísticas_IMU

Tabla formada por 13 columnas y una fila por cada prueba. En esta tabla se almacenarán todas las estadísticas extraídas de la prueba realizada por cada paciente. La columna principal nos permite identificar las estadísticas a cada paciente.

Las columnas que incorpora esta Tabla están disponibles en la siguiente **Tabla 2**.

Parámetro	Tipo de parámetro	Descripción
ID	Integer	Código de identificación del sujeto
Med_StrideLengths	Float	Valor medio de zancada
Max_StrideLengths	Float	Valor máximo de zancada
Min_StrideLengths	Float	Valor mínimo de zancada
Var_StrideLengths	Float	Varianza de zancada en toda la prueba
Med_tiempo_balanceo	Float	Valor medio de tiempo de balanceo
Max_tiempo_balanceo	Float	Valor máximo de tiempo de balanceo
Min_tiempo_balanceo	Float	Valor mínimo de tiempo de balanceo
Var_tiempo_balanceo	Float	Varianza de tiempo de balanceo en toda la prueba
Velo_G_media	Float	Velocidad media del sujeto en la prueba
Cadencia	Float	Número de pasos por segundo
Num_steps	Integer	Número de pasos totales
dist_path	Float	Distancia total recorrida

Tabla 1: Tabla estadísticas_IMU

2. IMU

Tabla formada por 3 columnas y tantas filas como pasos se haya dado en cada prueba por cada paciente. Como en la primera tabla, la columna principal ID, nos permite identificar los resultados de la prueba del sujeto que queramos seleccionar.

Las columnas que incorpora esta Tabla están disponibles en la siguiente **Tabla 3**.

Parámetro	Tipo de parámetro	Descripción
ID	Integer	Código de identificación del sujeto
StrideLengths	Float	Distancia de cada zancada de la prueba
tiempos_balanceos	Float	Tiempo de balanceo de cada paso de la prueba

Tabla 2: Tabla IMU

3. baliza_paciente

Tabla formada por 2 columnas y tantas filas como balizas se tenga. La primera columna se corresponde con el número de identificación de cada baliza y la segunda con el número de identificación del paciente que la este usando en ese momento.

Las columnas que incorpora esta Tabla están disponibles en la siguiente **Tabla 4**

Parámetro	Tipo de parámetro	Descripción
baliza	Integer	Código de identificación de la baliza
paciente	Integer	Código de identificación del sujeto

Tabla 3: Tabla baliza_paciente

4. infoData

Esta tabla contiene la información necesaria para hacer la consulta de cada prueba y de accesos a la pagina web y aplicación móvil. Tiene 5 columnas.

Las columnas que incorpora esta Tabla están disponibles en la siguiente **Tabla 5**

Parámetro	Tipo de parámetro	Descripción	Extra
idTest	Integer	Id de cada prueba	Auto_Increment
idpaciente	Integer	Código de identificación del sujeto	
date	datetime	Fecha de cada prueba	
tipoPregunta	Integer	Tipo de consulta	
answer	varchar	Respuesta a la consulta	

Tabla 4: Tabla infoData

CARGAR PARÁMETROS EN LA BASE DE DATOS

Para cargar los parámetros en la base de datos se ejecuta el archivo Python SD_IMU_BBDD.py el cual se encarga de leer el archivo .txt de la última prueba, en el cual están recogidas los parámetros crudos del sensor Inercial. A partir de esta información cruda (Aceleraciones y velocidad angular) se calculan los parámetros de patrón de marcha llamando a los archivos Step_Detection.py, ZUPT_StrideLengths.py, Análisis_Velocidades.py y Tiempos_Balanceo.py, estos códigos se encuentran explicados en: NEIRA, G. G.-V. (2020). ANÁLISIS DEL PATRÓN DE MARCHA MEDIANTE EL DISEÑO DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO Y UNA APP DE MONITORIZACIÓN.

El archivo SD_IMU_BBDD.py recoge los parámetros estimados por los códigos anteriores y los sube a la BBDD mediante la librería mysql.connector a cada una de las respectivas tablas.

MÓDULOS PARA LA COMUNICACIÓN CON EL SERVIDOR REMOTO

En la Ilustración 4, se muestra cómo se realiza la comunicación entre los bloques y entre que archivos ejecutables se da.

1. gstrideIMUdata.php:

Este archivo recibe los datos del IMU mediante el método HTTP GET, que se están enviando por WIFI desde el dispositivo al servidor, almacenándolos en un archivo IMUbalizaX.txt. Según el dispositivo que este enviando los datos se llamara el archivo como baliza1, baliza2, baliza3, etc....

2. gstrideBBDD.php:

Cuando el dispositivo de muestreo ha enviado todos los datos de la prueba, envía la orden de ejecutar los códigos Python que calculan los parámetros del patrón de marcha. Cuando los parámetros están calculados se consulta a la BBDD que paciente es el que está usando este dispositivo. Después se suben los parámetros calculados del patrón de marcha a la BBDD con el identificador del paciente.

3. baliza_sujeto.php:

Cuando el médico indica en la App móvil que paciente está utilizando el dispositivo de muestreo, se actualiza en la base de datos el identificador del dispositivo de muestreo con el identificador del paciente.

4. BBDDconsultaApp.php:

Cuando el paciente ha terminado la prueba y ha enviado los datos al servidor, el médico en ese momento puede consultar los resultados del patrón de marcha del paciente, mediante el método HTTP GET. Para ello introduce en la App móvil el identificador del paciente que desea mostrar y se le mostraran los resultados en la App.

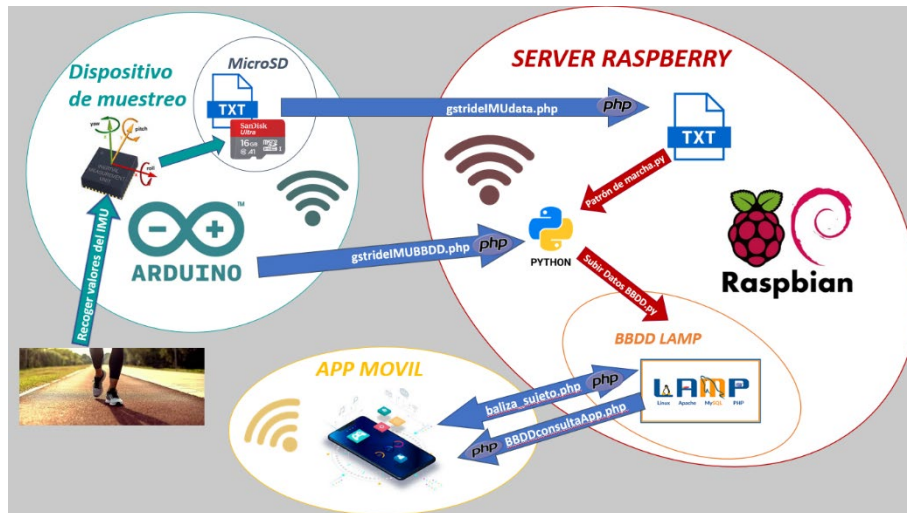


Ilustración 4: comunicación Bajo Nivel

En los últimos meses del proyecto, se han actualizado algunos parámetros del software de los dispositivos, para solucionar problemas con el envío de datos por BLE. Se han incluido modificaciones en la tabla de la base de datos.

Tabla 'Statistics'

MySQL Workbench

prueba x

File Edit View Query Database Server Tools Scripting Help

Navigator: gstrideBBDD_mod SQL File 4* statistics statistics

SCHEMAS

gstridebbdd

Tables

- admin
- alarm
- awards
- beacons
- doctor
- form
- images
- locations
- parameters
- patient
- patientdoctor
- statistics
- test
- hinnorenumta

Administration Schemas

Schema: gstridebbdd

1 • SELECT * FROM gstridebbdd.statistics;

	idPatient	idTest	idRep	date	dst	totalTime	steps	Mcyde	SDcycle	MPTO	SDPTO	Mswing	SDewing	MPHS	SDPHS	MPFF	SDPFF	MangleTO	SDar
▶	MAR270632	1	1	2021-09-04	443.863	797.989	607	1.308	0.179	18.110	3.105	27.737	3.000	7.519	1.985	46.667	5.228	-47.153	7.999
	JCM280231	2	1	2021-09-04	144.584	415.527	271	1.380	1.884	14.789	5.317	21.918	3.787	7.299	2.158	55.705	7.705	-33.603	6.937
	DRO031240	3	1	2021-09-04	818.133	1553.732	1034	1.492	0.229	19.375	2.992	27.465	2.609	9.150	1.870	43.976	4.516	-49.923	5.800
	LAM220540	4	1	2021-09-05	896.896	1284.292	965	1.260	1.120	15.556	4.241	30.370	4.608	6.107	2.193	47.794	6.766	-54.741	11.09
	LAA261041	5	1	2021-09-05	1130.829	1595.173	1144	1.358	0.752	18.519	3.375	27.143	2.518	12.766	2.511	41.447	4.434	-58.204	8.029
	GAM190235	6	1	2021-09-05	1348.624	1552.204	1430	1.059	0.513	17.241	2.712	29.310	1.995	12.500	1.630	40.889	3.347	-58.401	5.996
	CDV030836	7	1	2021-09-05	1045.722	1337.809	1148	1.143	0.207	23.140	3.454	30.894	3.841	10.833	3.905	35.043	5.671	-73.948	8.592
	MRA080937	8	1	2021-09-05	1583.324	1726.935	1688	1.023	0.081	19.388	2.433	31.818	1.858	12.727	1.882	35.849	3.294	-72.203	4.939
	JNM230341	9	1	2021-09-05	1310.084	1653.174	1278	1.268	0.153	17.692	3.029	30.769	3.448	8.824	3.700	42.657	6.599	-62.611	11.10
	MRA130744	10	1	2021-09-05	1327.084	1646.253	1202	1.342	0.197	17.544	2.480	30.284	2.624	11.189	2.328	40.909	4.918	-61.364	8.972
	JMC140339	11	1	2021-09-05	941.508	1653.765	1273	1.277	0.178	15.646	3.382	29.231	3.138	8.800	2.121	45.968	4.883	-52.627	7.885
	AYR110625	12	1	2021-09-05	398.617	824.824	574	1.384	1.117	13.636	3.640	25.913	2.573	9.859	2.725	50.352	4.716	-37.429	4.931
	ANL261038	13	1	2021-09-05	2173.904	1975.409	1849	1.052	0.772	20.909	2.237	33.636	1.556	12.727	1.845	32.692	2.611	-63.060	4.252
	CGS180940	14	1	2021-09-05	2145.460	2058.689	1801	1.087	1.179	12.605	3.229	30.769	2.549	13.223	1.657	43.220	3.648	-57.235	6.085
	PCM271244	15	1	2021-09-05	1948.358	1798.081	1677	1.038	0.483	18.852	4.340	32.143	3.038	16.822	3.673	31.897	5.407	-61.195	8.256
	RBS181041	16	1	2021-09-05	1678.555	1686.527	1434	1.119	1.071	19.130	4.014	32.773	2.811	15.000	2.592	33.047	5.130	-72.290	7.884

statistics 1 x

Read Only

Tabla 'parameters'

idPatient	idTest	idRep	date	step	cycle	Pswing	PTO	PHS	PFF	angleTO	angleHS	cadence	speed	Stride	clearance
MAR270632	1	1	2021-09-04	0	4.040	7.143	81.667	0.238	10.952	-16.957	0.000	14.853	2.033	8.109	0.495
MAR270632	1	1	2021-09-04	1	0.962	8.000	11.000	1.000	80.000	-1.117	0.000	62.382	0.021	0.002	0.003
MAR270632	1	1	2021-09-04	2	0.933	24.742	12.371	1.031	61.856	-2.111	0.000	64.311	0.056	0.046	0.008
MAR270632	1	1	2021-09-04	3	1.058	31.818	14.545	2.727	50.909	-19.909	1.578	56.711	0.373	0.376	0.029
MAR270632	1	1	2021-09-04	4	1.058	27.273	16.364	1.818	54.545	-29.017	0.976	56.711	0.387	0.394	0.033
MAR270632	1	1	2021-09-04	5	1.202	21.600	19.200	3.200	56.000	-33.403	0.884	49.906	0.380	0.440	0.045
MAR270632	1	1	2021-09-04	6	1.250	21.538	20.769	8.462	49.231	-32.582	2.286	47.986	0.433	0.522	0.045
MAR270632	1	1	2021-09-04	7	1.106	22.609	18.261	5.217	53.913	-28.389	0.879	54.245	0.340	0.365	0.032
MAR270632	1	1	2021-09-04	8	1.481	16.234	12.338	1.299	70.130	-24.415	0.048	40.508	0.175	0.246	0.022
MAR270632	1	1	2021-09-04	9	1.635	12.941	11.765	0.588	74.706	-8.092	0.000	36.695	0.100	0.141	0.010
MAR270632	1	1	2021-09-04	10	1.952	9.360	8.374	4.433	77.833	-13.075	1.633	30.730	0.182	0.337	0.022
MAR270632	1	1	2021-09-04	11	1.308	21.324	22.794	1.471	54.412	-29.412	0.477	45.869	0.338	0.419	0.059
MAR270632	1	1	2021-09-04	12	1.385	21.528	13.889	0.694	63.889	-30.208	0.000	43.321	0.262	0.346	0.055
MAR270632	1	1	2021-09-04	13	1.472	22.876	16.340	6.536	54.248	-33.922	3.068	40.773	0.383	0.533	0.101
MAR270632	1	1	2021-09-04	14	1.385	27.083	17.361	9.028	46.528	-38.196	6.003	43.321	0.534	0.696	0.133
MAR270632	1	1	2021-09-04	15	1.250	27.692	18.462	6.923	46.923	-40.780	2.417	47.986	0.566	0.674	0.125
MAR270632	1	1	2021-09-04	16	1.327	23.913	21.014	6.522	48.551	-39.326	3.325	45.204	0.506	0.643	0.123

APP

WEB – Se adjunta al final de este informe un Anexo con el manual de uso de la web para la gestión de la base de datos y de los pacientes monitorizados.

Ilustración 5 : Portada Web de gestión clínica (ver Anexo al final de este documento con el manual de uso y administración de pacientes)

APP MOVIL

La aplicación móvil desarrollada en Android Studio consta de 4 pestañas y un menú desplegable con el cual podemos navegar por las distintas pestañas de la App. En el manual de uso "Manual Gstride App móvil" se detalla como interactuar con la App.

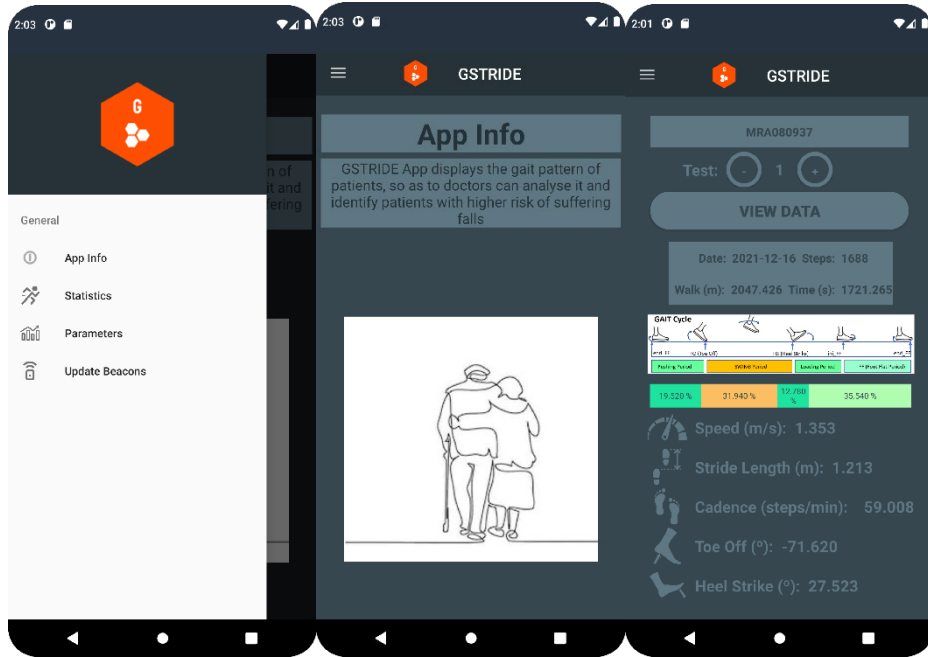


Ilustración 6 : 3 primeras pantallas de la aplicación para ver a un paciente de modo individual

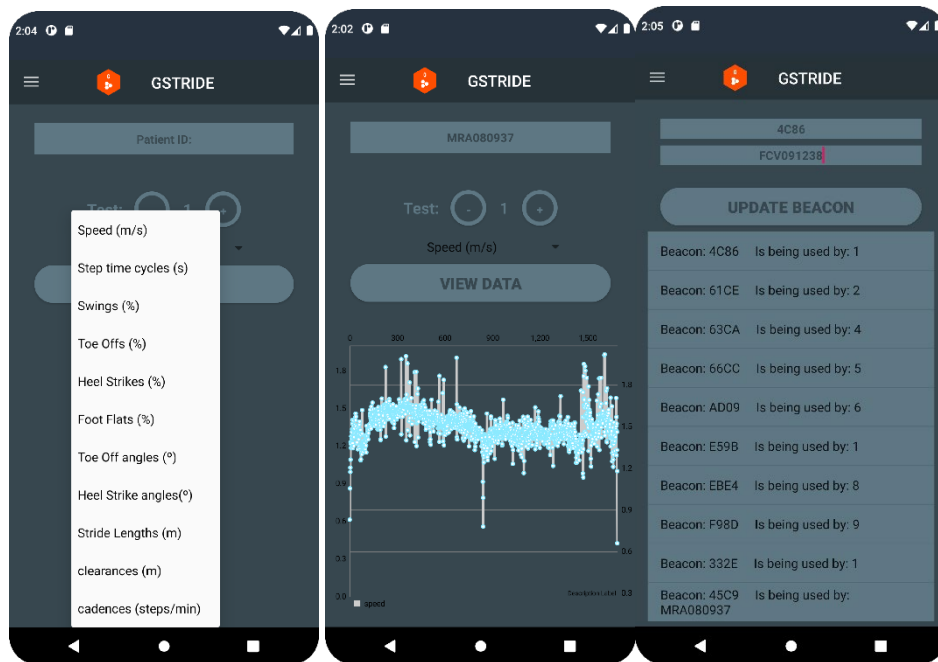


Ilustración 7 : 3 últimas pantallas de la aplicación para ver a un paciente de modo individual

PT3: Dispositivo de muestreo de la marcha

Tarea 3.1 (Fabricación del Hardware del dispositivo):

Una vez fabricadas las 10 placas PCB con la empresa **eed3 Diseño de Circuitos Impresos**, se ha procedido a la puesta a punto de los dispositivos. Para ello se han tenido que realizar 7 tareas por cada dispositivo. El coste final de los dispositivos está incluido en la memoria económica y se ha concebido como **105,85 € sin IVA como costes de fabricación, si se comercializa habría que añadir un coste de programación.**

1. Actualización Firmware Wifi:

Se ha actualizado el firmware del módulo WifiNina de la Arduino Nano 33 IoT, antes de cargar el programa del dispositivo.

2. Carga del software al dispositivo:

Se carga el software del dispositivo a través del conector USB de la Arduino Nano 33 IoT,



Ilustración 8 : Dispositivo GSTRIDE fabricado (sin carcasa)

1. Montaje de las partes

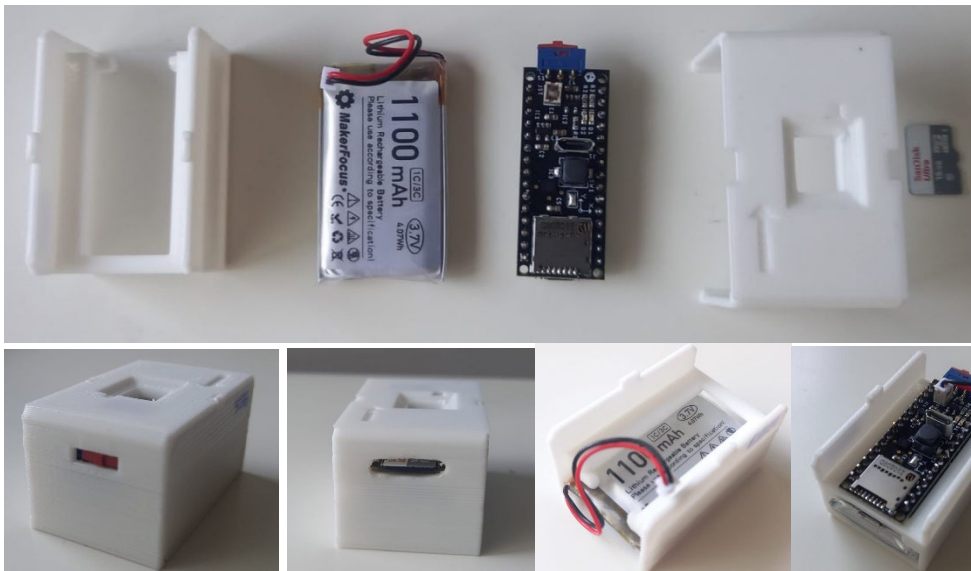


Ilustración 9 : Montaje de cada una de las partes del dispositivo, batería, PCB, carcasa de plástico y microSD.

2. Prueba de funcionamiento:

Comprobación de que cada dispositivo funciona correctamente en cada uno de sus modos. Para ello, se ha realizado un banco de pruebas para calibrar y probar cada dispositivo.

3. Calibración del IMU:

Proceso de calibración para cada uno de los dispositivos. El proceso de calibración se encuentra explicado en informes anteriores.

4. Prueba de medición:

Comprobación de que las IMUs se encuentran bien calibradas y las estimaciones son correctas.

En la siguiente tabla, se encuentran el tiempo aplicado para llevar a cabo cada una de estas tareas

Tiempos de puesta apunta de los dispositivos (min)								
Dispositivo	Actualización Firmware Wifi	Carga del software al dispositivo	Soldadura de protección	Montaje de las partes	Prueba de funcionamiento	Calibración del IMU	Prueba de estimación	Total
4C86	7	5	10	3	5	20	20	70
45C9	7	5	10	3	5	20	20	70
61CE	7	5	10	3	5	20	20	70
63CA	7	5	10	3	5	20	20	70
66CC	7	5	10	3	5	20	20	70
332E	7	5	10	3	5	20	20	70
877	7	5	10	3	5	20	20	70
AD09	7	5	10	3	5	20	20	70
E59B	7	5	10	3	5	20	20	70
EBE4	7	5	10	3	5	20	20	70
F98D	7	5	10	3	5	20	20	70
							Tiempo total (horas):	12h45'

Tabla 5: Tabla de puesta en marcha de los dispositivos por minutos.

PT4: Evaluación clínica

Tarea 4.2 (Distribución y realización de los tests de marcha):

Antes de hablar de los resultados, yo indicaría todo lo que pones debajo sobre los comités de ética y el contacto con los diferentes centros para hacer las pruebas.

Se realizó un estudio transversal de casos y controles con 163 participantes (con y sin caídas). Se midió la marcha utilizando una IMU fijada al tobillo mientras los participantes caminaban por diferentes terrenos. G-STRIDE se ha concebido e implementado como un dispositivo inercial portátil que monitorizaba el patrón de la marcha junto a una aplicación móvil para el análisis clínico de manera telemática.

El perfil de estos pacientes está incluido en el **Anexo de análisis estadístico en detalle**.

Estas pruebas consisten en test funcionales tradicionales que se llevaron a cabo en consulta, donde se midieron la velocidad de la marcha, la cadencia, entre otras variables y posteriormente, se realizó una prueba de paseo libre durante 30 minutos con el dispositivo GSTRIDE sobre diferentes terrenos y hábitats naturales.

PT4: Evaluación clínica (Mes 5 al 12)

El proyecto GSTRIDE obtenido la aprobación por parte del Comité de Investigación del Hospital nuestro (Infanta Sofía) y el Comité de Ética del Hospital de la Paz (ver **Anexos**).

El diseño del estudio sigue una metodología de estudio transversal observacional de casos y controles y como tal, no necesita un seguro de responsabilidad.

El cálculo del tamaño muestral se hizo por medio del programa G-Power. Se crearon dos grupos, con y sin caídas, con un potencial de variables del 95% y un error de 0,05. Se ha solicitado la aprobación para llevar a cabo el estudio en centros residenciales dependientes de la Dirección Asistencial de la Agencia Madrileña de Atención Social. Una vez dada la conformidad, se ha hecho una reunión de presentación del proyecto en la Residencia Gaston Baquero y han iniciado la fase de selección de participantes. Para este punto, se ha aprobado el estudio en la Residencia Gasto Baquero de la Comunidad de Madrid. Para iniciar el estudio a partir del Mes de Mayo se han seleccionado los siguientes criterios de inclusión y criterios de exclusión. En resumen, las entidades en las que se han iniciado las pruebas de reclutación y evaluación son:

- H. U. Infanta Sofía,
- H. U. Getafe
- Residencia Gaston Baquero

CRITERIOS DE INCLUSIÓN :

El sujeto debe cumplir cualquiera de los criterios 1-4 y los criterios a-b.

- 1-. Más de una caída en el último año.
- 2-. Al menos una caída que precisara valoración sanitaria
- 3-. Trastorno de equilibrio y/o marcha.
- 4-. Síndrome Postcaída o temor a caer.
- 5-. Mayor de 70 años.
- 6-. Capaz de caminar sin ayuda humana.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN :

- 1-. No firmar el consentimiento informado.
- 2-. Enfermedad terminal

A continuación, presentamos un análisis estadístico de los resultados obtenidos en la evaluación del proyecto

1. Comprobación de normalidad: tras comprobar la normalidad con el Test Kolmogorov -Smirnov, se procede al análisis estadístico de las variables con pruebas paramétricas.
2. Descriptivos:

Tabla 1. Descriptivos de las pruebas clásicas y datos demográficos para la muestra completa (n=163) y grupos de caída.

	Muestra Completa (n=163)	Con Caídas (n=86)	Sin Caídas (n=77)	t o X ²
SOCIODEMOGRÁFICOS				
Edad (min-max/ M±DS)	70 – 98 / 82,63±6,01	71 – 96 / 84,17±5,48	70-98/80,9±6,5	- 3,44**
Sexo Masculino (Fr (%))	45 (25,9)	19 (22,1)	26 (33,8)	32,69*
Sexo Femenino (Fr (%))	118 (67,8)	67 (77,9)	51 (66,2)	**
Peso (min-max/ M±DS)	33,1 – 105 / 64,28±13,11	33,1 – 94,4 / 63,08±13,44	37,6-105/65,62±12,68	1,23
Talla (min-max/ M±DS)	1,32 – 1,84 / 1,56± ,10	1,32 – 1,74 / 1,52± ,08	1,42-1,84/1,61±,09	6,49** *
IMC (min-max/ M±DS)	,002 – 42,52 / 25,65±6,10	,002 – 42,52 / 26,21±7,45	16,46-35,49/25,02±4,05	-1,27
GDS (min-max/ M±DS)	1 – 7 / 2,05±1,6	1-7/ 2,35±1,7	1-7/1,71±1,43	- 2,58 **
Vive en residencia (Fr (%))	53 (30,5)	31 (36)	22 (28,6)	19,93**
No vive en residencia (Fr (%))	110 (63,2)	55 (64)	55 (71,4)	*
Terreno mixto (Fr (%))	53 (30,5)	9 (10,5)	44 (57,1)	13,92*
Terreno plano (Fr (%))	99 (56,9)	71 (82,6)	28 (36,4)	**
Evalua. en consulta (Fr (%))	64 (36,8)	52 (60,5)	12 (15,6)	2,810
Evalua. En residencia (Fr (%))	52 (29,9)	30 (34,9)	22 (28,6)	
Evalua. Por familiar (Fr (%))	47 (27)	4 (4,7)	43 (55,8)	
CONVENCIONALES				
Tº prueba 4m (s)	1,96 – 39,11 / 6±3,93	3,08 – 39,11 / 7,33±4,75	1,96-12/4,52±1,86	- 5,07** *

Velocidad marcha (m/s)	,10 – 2,04 / ,82±,32	,10 – 1,3 / ,66± ,24	,33-2,04/1±,31	7,43** *
FRG_pérdida peso NO inten.	146 (83,9)	73 (84,9)	73 (94,8)	104,32 ***
SI intencionada	16 (9,2)	13 (15,1)	3 (3,9)	
FRG_fuerza	3,9 – 42 / 17,29±7,12	2 -34/ 14,6±6,24	3,9-42/19,9±7,46	4,63** *
FRG_energía NO	109 (62,6)	41 (47,7)	60 (77,9)	14,96*
Energía SI	53 (30,5)	40 (46,5)	13 (16,9)	**
FRG_velocidad NO	148 (85,1)	72 (83,7)	76 (98,7)	108,52
Velocidad Sí	15 (8,6)	14 (16,3)	1 (1,3)	***
FRG_Actividad física NO	124 (71,3)	53 (61,6)	71 (92,2)	44,32*
Activ. Física Sí	39 (22,4)	33 (45,3)	6 (7,8)	**
FRG total	0 – 4 / ,40± ,82	0-1/ ,69± 1,03	0-1/,09±,28	- 5,12** *
SPPB_equilibrio	1-4 / 3,12±1	1-4 / 2,76±1,01	1-4 / 3,54±,8	5,46** *
SPPB_marcha	1-4/3,01±1	1-4/2,55±1,07	1-4/3,53±,91	6,35** *
SPPB_fuerza	0-4/2,49±1,31	0-4/2,17±1,28	0-4/2,84±1,26	3,32** *
SPPB total	1 – 12 / 8,59±2,72	3-12/7,48±2,54	1-12/9,83±2,37	6,11** *
Time up and go test	5,26 -85 / 15,88±9,81	7,74-85/19,8±11,19	5,26-50/11,98±6,16	- 5,25** *
FES1	7 -32 / 10,62±4,7	7-32/12,53±5,15	7-22/8,46±2,91	- 5,94** *

GSTRIDE

Velocidad m/sg	,10 – 1,52 / ,74± ,29			
Distancia	73,01 - 2684,81 / 1006,46±610,35	73,01-2636,09 / 724,52±449,86	220,28- 2684,8/1321,36±614,2	7,008* **
Tº total	338,59 - 2184,4 / 1281,58±424,23	368,97-1920,95 / 1136,61±396,02	338,5- 2184,4/1443,5±397,3	4,931* **
Pasos	213 – 2185 / 1082,64±413,6	213-2185 / 916,15±376,6	328-1925/1268,5±373	5,989* **
Tº en s de ciclo	,90 - 2,48 / 1,25±,24	,90-2,48 / 1,33±,28	,954-1,5/1,16±,14	- 4,763* **
Toe off	8,14 - 26,80 / 17,76±2,74	8,14-24,5 / 16,9±2,56	12,61-26,8/18,63±2,6	4,015*

									**
Swing	8,07-34,84 / 28,22±3,82	8,07-34,84 / 26,36±4,2	23,79-34/29,9±2,3	6,372*					**
Heel	,71-16,64 / 10,88±2,5	,71 -15,3 / 10,09±2,59	6,46-16,6/11,7±2,25	4,404*					**
Foot flat	26,7-69,82 / 43,01±7,62	26,7-69,8 / 46,2±7,48	26,76-53,7/39,4±6,07	-					
				6,356*					**
Toe off angle	-84,19-19,16 / -52,33±13,54	-71,7 - -19,1 / -46,6±11,1	-84,19 - -26,3/-58,6±13,1	-					
				6,245*					**
Heel strike angle	,36-38,02 / 14,82±6,9	,36 - 27/ 12,04±5,61	3,98-38/17,9±7	5,875*					**
Cadencia	24-66,37 / 49,2±7,54	24-66,3 / 46,6±7,98	38,65-62,9/52,1±5,8	5,056*					**
Step speed	,120 - 1,6 / ,83±,31	,12-1,58 / ,67± ,24	,409-1,6/1± ,29	7,608*					**
Stride Lenth	,29 -1,53 / ,91±,26	,29 -1,35/ ,79± ,21	,50-1,5/1,04± ,24	6,977*					**
3D Path	,33 - 1,67 / ,98±,28	,33-1,41/,85±,22	,52-1,6/1,13±,26	7,360*					**
2D Path	,32 - 1,56 / ,92±,26	,32-1,37/,80±,21	,50-1,5/1,06±,25	7,007*					**
Clearance	,02 -,66 / ,16±,13	,02-,55 / ,12± ,09	,05-,66/,21±,16	4,061*					**

NOTA:

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

1. Correlaciones entre variables de pruebas convencionales y GStride (n=163).

	Edad	Sexo	GDS	Tiempo_sg	Veloc_msg	FRG_Total	SPPB_Total	TGT	FES1
Edad	1	,028	,265**	,361**	-,471**	,240**	-,413**	,230**	,104
Sexo	,028	1	,002	,125	-,136	,070	-,058	,160	,183*
GDS	,265**	,002	1	,181*	-,312**	-,029	-,386**	,355**	,244**
Tiempo_sg	,361**	,125	,181*	1	-,740**	,379**	-,625**	,840**	,395**
Veloc_msg	-,471**	-,136	-,312**	-,740**	1	-,384**	,767**	-,670**	-,458**
FRG_Total	,240**	,070	-,029	,379**	-,384**	1	-,325**	,180*	,171*
SPPB_Total	-,413**	-,058	-,386**	-,625**	,767**	-,325**	1	-,667**	-,469**
TGT	,230**	,160	,355**	,840**	-,670**	,180*	-,667**	1	,470**
FES1	,104	,183*	,244**	,395**	-,458**	,171*	-,469**	,470**	1
GSTRIDE									
Velocidad m/sg	-,444**	-,077	-,272**	-,635**	,811**	-,375**	,633**	-,651**	-,453**
distancia	-,427**	-,070	-,246**	-,547**	,765**	-,421**	,573**	-,554**	-,391**
tiempo total	-,319**	-,039	-,117	-,386**	,481**	-,486**	,399**	-,289**	-,185*
pasos	-,337**	-,030	-,088	-,503**	,606**	-,488**	,477**	-,427**	-,294**
Tº en sg de ciclo medio	,247**	,017	-,019	,678**	-,526**	,311**	-,398**	,615**	,322**

toe off medio	-,295**	,041	-,128	-,293**	,484**	-,115	,380**	-,381**	-,368**
swing	-,389**	-,113	-,119	-,813**	,739**	-,437**	,580**	-,758**	-,442**
heel MEDIO	-,321**	,053	-,209**	-,664**	,653**	-,431**	,549**	-,617**	-,359**
foot flat	,414**	,023	,178*	,744**	-,778**	,410**	-,624**	,722**	,477**
toe off angle	,390**	,082	,319**	,519**	-,715**	,217**	-,582**	,601**	,414**
heel strike	-,424**	-,029	-,317**	-,564**	,706**	-,353**	,596**	-,583**	-,349**
cadencia	-,276**	,005	,015	-,575**	,543**	-,292**	,418**	-,500**	-,334**
step speed	-,458**	-,086	-,277**	-,654**	,839**	-,363**	,667**	-,667**	-,478**
stride	-,455**	-,110	-,309**	-,647**	,805**	-,361**	,644**	-,684**	-,444**
3d path	-,466**	-,122	-,331**	-,645**	,827**	-,344**	,669**	-,687**	-,468**
2d path	-,453**	-,115	-,312**	-,638**	,803**	-,358**	,643**	-,679**	-,448**
clearance	-,243**	-,063	-,267**	-,283**	,455**	-,058	,396**	-,316**	-,289**

NOTA: *p<0,05; **p<0,001

Figura 1. Modelo de regresión logística binaria con pruebas de valoración convencional y dispositivo GStride. Fiabilidad 91%.

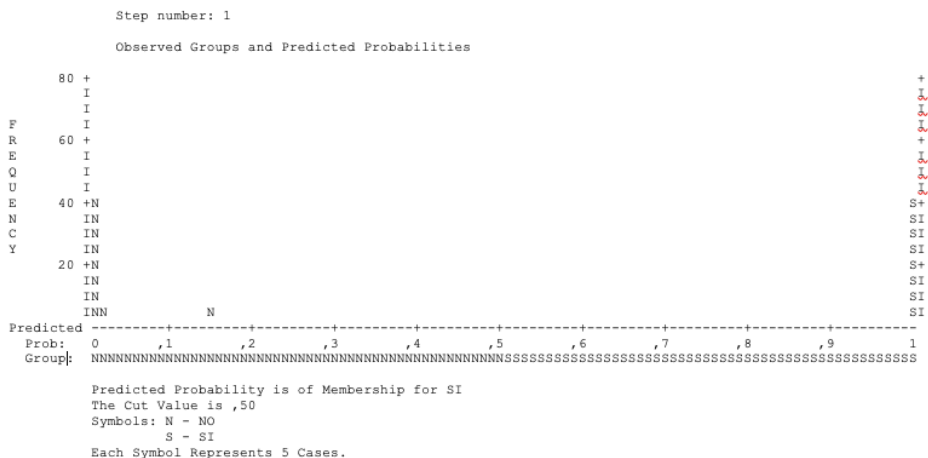
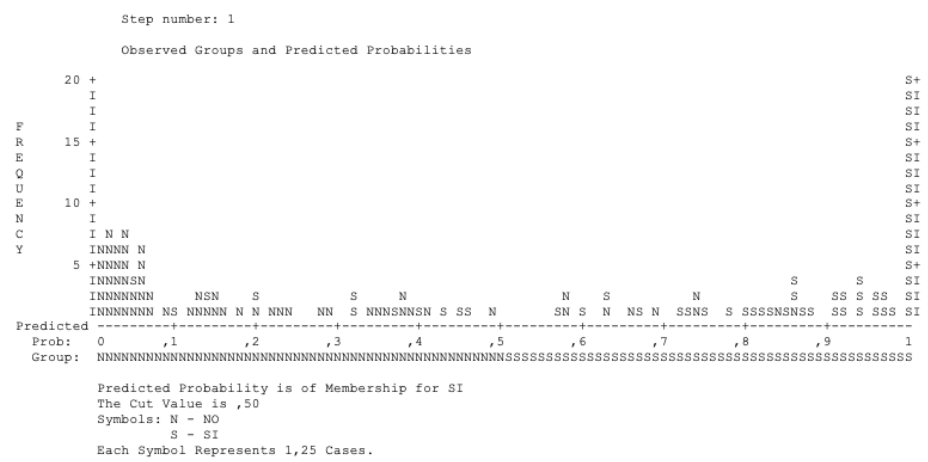


Figura 2. Modelo de regresión logística binaria solo con pruebas de valoración convencional. Fiabilidad 85%.



- Autores: Neira Álvarez Ma, Espinoza Cerda MTb, Garcia-Villamil Gc Pérez Delgado Ld, De Diego CMd, Anguita Sanchez Na, Saez Nieto Ca, Reina Robles Ee, Carracedo Culebras Ce, Rodriguez Sánchez Cf

Título: Análisis del patrón de marcha mediante el diseño de un prototipo electrónico y una app de monitorización (proyecto G-STRIDE)

Congreso: XX Congreso SEMEG III Reunión Ciberfes

Fecha: 31 de marzo

Lugar: Palacio de Congresos de Albacete

7 Discusión

Finalmente, la muestra se conformó con un total de 163 participantes, 86 personas con caídas en el último año y 77 sin caídas. La media de edad fue de $82,63 \pm 6,01$ años, donde el 67,8% de la muestra eran mujeres. El resto de las características de la muestra se hallan en la tabla 1.

El análisis de muestras independientes (los que se han caído frente a los que no) muestra diferencias significativas tanto en las pruebas convencionales (SPPB $t=6,11$; $p < 0.000$) como los datos tomados por el dispositivo Gstride (Step speed $t=7,60$; $p < 0.000$) (tabla 2). Según los datos hallados, tanto las pruebas convencionales como las medidas del dispositivo Gstride detectan por igual las diferencias entre grupos. De hecho, el análisis correlacional muestra que ambas tipologías de medición correlacionan significativamente en todas sus variables (tabla 3). Además, se hallan relaciones significativas entre la fragilidad de los participantes y la edad ($Rho = -,413$; $p < 0,01$), el deterioro cognitivo ($rho = -,386$, $p < 0,001$) y el miedo a caerse ($rho = -,469$).

Respecto a la regresión logística, la combinación del dispositivo y las pruebas de valoración convencional pueden llegar a tener una predicción del 93 % aproximadamente de la caída de los participantes, tal y como muestran los resultados de los Anexos y del capítulo de resultados. Sin embargo, al llevar a cabo este análisis solo con las pruebas de valoración convencional en la clínica se obtiene un 85% de predicción. Similar a los datos que se obtienen si se analiza sólo con el dispositivo diseñado, cuyos resultados indican un 73 % de predicción. Estos datos nos indican la fuerza que puede tener la combinación del dispositivo en la práctica clínica, ayudando a solventar de una forma más rápida y eficaz la valoración de las personas susceptibles de caída, o que ya sean sufridores de la misma.

8 Conclusiones

The high El objetivo de este estudio piloto fue probar la validez clínica y estructural de una plataforma que consiste en un portal Web, una aplicación móvil y un dispositivo portátil que mide los patrones de la marcha a pacientes de manera telemática, desde espacios donde realizan sus actividades diarias y cotidianas. Los datos obtenidos identifican el dispositivo como una herramienta fiable y válida. Además, los resultados del análisis aportan datos interesantes, sugiriendo que podría detectar a aquellos pacientes con alto riesgo de sufrir eventos adversos, como las caídas, identificando a los pacientes con criterios de prefragilidad o fragilidad. De hecho, se ha obtenido una predicción del 93 % aproximadamente como muestran los resultados de los Anexos y del capítulo de resultados, mientras que con las técnicas tradicionales en la clínica se obtenían de un 85% y sólo con el dispositivo del 73 % (Ver Anexos).

Este estudio preliminar demuestra que el prototipo mide los parámetros de la marcha en las personas mayores, detectando sin dificultad las diferencias entre sujetos con y sin caídas, así como mostrando una buena correlación con las pruebas funcionales convencionales utilizadas en la práctica rutinaria. Además, el dispositivo es capaz de detectar a los sujetos susceptible de caída, cuya combinación con pruebas convencionales puede llegar a obtener una fiabilidad muy alta. El dispositivo es ligero y cómodo de llevar. Se necesitan más estudios con un tamaño de muestra mayor para poder obtener datos de mayor potencia estadística, pero de momento los datos obtenidos pueden ser representativos.

9 Bibliografía

1. Rubenstein L. Z. (2006). Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and ageing*, 35 Suppl 2, ii37–ii41. <https://doi.org/10.1093/ageing/af1084>.
2. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med*. 1988 Dec 29 and 3205267., 319(26):1701-7. doi: 10.1056/NEJM198812293192604. PMID:.
3. Ganz DA, Latham NK. Prevention of Falls in Community-Dwelling Older Adults. *N Engl J Med*. 2020 Feb 20 and 32074420., 382(8):734-743. doi: 10.1056/NEJMcp1903252. PMID:.
4. Menz HB, Latt MD, Tiedemann A, Mun San Kwan M, Lord SR. Reliability of the GAITRite walkway system for the quantification of temporo-spatial parameters of gait in young and older people. *Gait Posture*. 2004 Aug and 10.1016/S0966-6362(03)00068-, 20(1):20-5. doi:.
5. Mariani B, Hoskovec C, Rochat S, Büla C, Penders J, Aminian K. 3D gait assessment in young and elderly subjects using foot-worn inertial sensors. *J Biomech*. 2010 Nov 16 and 2065629, 43(15):2999-3006. doi: 10.1016/j.jbiomech.2010.07.003. Epub 2010 Jul 24. PMID:.
6. Greene BR, McGrath D, O'Neill R, O'Donovan KJ, Burns A, Caulfield B. An adaptive gyroscope-based algorithm for temporal gait analysis. *Med Biol Eng Comput*. 2010 Dec and 21042951., 48(12):1251-60. doi: 10.1007/s11517-010-0692-0. Epub 2010 Nov 2. PMID:.
7. Panel on Prevention of Falls in Older Persons, American Geriatrics Society and British Geriatrics Society. Summary of the Updated American Geriatrics Society/British Geriatrics Society clinical practice guideline for prevention of falls in older persons.
8. Auer S, Reisberg B. The GDS/FAST staging system. *Int Psychogeriatr*. 1997;9 Suppl 1:167-71. doi: 10.1017/s1041610297004869. PMID: 9447440.
9. Alonso Bouzón C, Carnicero JA, Turín JG, García-García FJ, Esteban A, Rodríguez-Mañas L. The Standardization of Frailty Phenotype Criteria Improves Its Predictive Ability: The Toledo Study for Healthy Aging. *J Am Med Dir Assoc*. 2017 May 1;18(5):402-408. d.
10. Studenski S, Perera S, Patel K, Rosano C, Faulkner K, Inzitari M, Brach J, Chandler J, Cawthon P, Connor EB, Nevitt M, Visser M, Kritchevsky S, Badinelli S, Harris T, Newman AB, Cauley J, Ferrucci L, Guralnik J. Gait speed and survival in older adults. *JA*.
11. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, Scherr PA, Wallace RB. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home .
12. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991 Feb;39(2):142-8. doi: 10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x. PMID: 1991946.
13. Kempen GI, Yardley L, van Haastregt JC, Zijlstra GA, Beyer N, Hauer K, Todd C. The Short FES-I: a shortened version of the falls efficacy scale-international to assess fear of falling. *Age Ageing*. 2008 Jan;37(1):45-50. doi: 10.1093/ageing/afm157. Epub 200.
14. A. R. Jiménez, F. Seco, J. C. Prieto and J. Guevara, "Indoor pedestrian navigation using an INS/EKF framework for yaw drift reduction and a foot-mounted IMU," 2010 7th Workshop on Positioning, Navigation and Communication, Dresden, 2010, pp. 135-143.

10 Anexos

Anexo: Análisis estadístico en detalle

1. Comprobación de normalidad: tras comprobar la normalidad con el Test Kolmogorov -Smirnov, se procede al análisis estadístico de las variables.
2. Descriptivos:

Tabla 1. Descriptivos de las pruebas clásicas y datos demográficos para la muestra completa (n=163) y grupos según caídas

	Muestra Completa (n=163)	Con Caídas (n=86)	Sin Caídas (n=77)	t o χ ²
SOCIODEMOGRÁFICO				
S				
Edad (min-max/ M±DS)	70 – 98 / 82,63±6,01	71 – 96 / 84,17±5,48	70-98/80,9±6,5	- 3,44 **
Sexo Masculino (Fr (%))	45 (25,9)	19 (22,1)	26 (33,8)	32,6
Sexo Femenino (Fr (%))	118 (67,8)	67 (77,9)	51 (66,2)	9***
Peso (min-max/ M±DS)	33,1 – 105 / 64,28±13,11	33,1 – 94,4 / 63,08±13,44	37,6- 105/65,62±12,68	1,23
Talla (min-max/ M±DS)	1,32 – 1,84 / 1,56± ,10	1,32 – 1,74 / 1,52± ,08	1,42-1,84/1,61±,09	6,49 ***
IMC (min-max/ M±DS)	,002 – 42,52 / 25,65±6,10	,002 – 42,52 / 26,21±7,45	16,46- 35,49/25,02±4,05	- 1,27
GDS (min-max/ M±DS)	1 – 7 / 2,05±1,6	1-7/ 2,35±1,7	1-7/1,71±1,43	- 2,58 **
Vive en residencia (Fr (%))	53 (30,5)	31 (36)	22 (28,6)	19,93
No vive en residencia (Fr (%))	110 (63,2)	55 (64)	55 (71,4)	***
Terreno mixto (Fr (%))	53 (30,5)	9 (10,5)	44 (57,1)	13,9
Terreno plano (Fr (%))	99 (56,9)	71 (82,6)	28 (36,4)	2***
Evaluable en consulta (Fr (%))	64 (36,8)	52 (60,5)	12 (15,6)	2,810
Evalua. En residencia (Fr (%))	52 (29,9)	30 (34,9)	22 (28,6)	
Evalua. Por familiar (Fr (%))	47 (27)	4 (4,7)	43 (55,8)	
CONVENCIONALES				
Tª prueba 4m (s)	1,96 – 39,11 / 6±3,93	3,08 – 39,11 / 7,33±4,75	1,96-12/4,52±1,86	- 5,07

Velocidad marcha (m/s)	,10 – 2,04 / ,82±,32	,10 – 1,3 / ,66± ,24	,33-2,04/1±,31	7,43 ***
FRG_pérdida peso NO inten.	146 (83,9)	73 (84,9)	73 (94,8)	104, 32**
SI intencionada	16 (9,2)	13 (15,1)	3 (3,9)	*
FRG_fuerza	3,9 – 42 / 17,29±7,12	2 -34/ 14,6±6,24	3,9-42/19,9±7,46	4,63 ***
FRG_energía NO Energía SI	109 (62,6) 53 (30,5)	41 (47,7) 40 (46,5)	60 (77,9) 13 (16,9)	14,9 6***
FRG_velocidad NO Velocidad Sí	148 (85,1) 15 (8,6)	72 (83,7) 14 (16,3)	76 (98,7) 1 (1,3)	108, 52** *
FRG_Actividad fisica NO	124 (71,3)	53 (61,6)	71 (92,2)	44,3 2***
Activ. Fisica Sí	39 (22,4)	33 (45,3)	6 (7,8)	
FRG total	0 – 4 / ,40± ,82	0-1/ ,69± 1,03	0-1/,09±,28	- 5,12 ***
SPPB_equilibrio	1-4 / 3,12±1	1-4 / 2,76±1,01	1-4 / 3,54±,8	5,46 ***
SPPB_marcha	1-4/3,01±1	1-4/2,55±1,07	1-4/3,53±,91	6,35 ***
SPPB_fuerza	0-4/2,49±1,31	0-4/2,17±1,28	0-4/2,84±1,26	3,32 ***
SPPB total	1 – 12 / 8,59±2,72	3-12/7,48±2,54	1-12/9,83±2,37	6,11 ***
Time up and go test	5,26 -85 / 15,88±9,81	7,74-85/19,8±11,19	5,26-50/11,98±6,16	- 5,25 ***
FES1	7 -32 / 10,62±4,7	7-32/12,53±5,15	7-22/8,46±2,91	- 5,94 ***
GSTRIDE				
Velocidad m/sg	,10 – 1,52 / ,74± ,29	,10 – 1,41 / ,60± ,23	,37 – 1,52 / ,89 ± ,27	7,06 2***
Distancia	73,01 – 2684,81 / 1006,46±610,35	73,01-2636,09 / 724,52±449,86	220,28- 2684,8/1321,36±614 ,2	7,00 8***
Tº total	338,59 - 2184,4 / 1281,58±424,23	368,97-1920,95 / 1136,61±396,02	338,5- 2184,4/1443,5±397, 3	4,93 1***
Pasos	213 – 2185 /	213-2185 /	328-	5,98

	1082,64±413,6	916,15±376,6	1925/1268,5±373	9***
Tª en sg de ciclo	,90 - 2,48 / 1,25±,24	,90-2,48 / 1,33±,28	,954-1,5/1,16±,14	-
				4,76
				3***
Toe off	8,14 - 26,80 / 17,76±2,74	8,14-24,5 / 16,9±2,56	12,61-	4,01
			26,8/18,63±2,6	5***
Swing	8,07-34,84 / 28,22±3,82	8,07-34,84 / 26,36±4,2	23,79-34/29,9±2,3	6,37
				2***
Heel	,71-16,64 / 10,88±2,5	,71 -15,3 / 10,09±2,59	6,46-16,6/11,7±2,25	4,40
				4***
Foot flat	26,7-69,82 / 43,01±7,62	26,7-69,8 / 46,2±7,48	26,76-	-
			53,7/39,4±6,07	6,35
				6***
Toe off angle	-84,19-19,16 / -	-71,7 - -19,1 / -46,6±11,1	-84,19 - -26,3/-	-
	52,33±13,54		58,6±13,1	6,24
				5***
Heel strike angle	,36-38,02 / 14,82±6,9	,36 - 27/ 12,04±5,61	3,98-38/17,9±7	5,87
				5***
Cadencia	24-66,37 / 49,2±7,54	24-66,3 / 46,6±7,98	38,65-62,9/52,1±5,8	5,05
				6***
Step speed	,120 - 1,6 / ,83±,31	,12-1,58 / ,67±,24	,409-1,6/1±,29	7,60
				8***
Stride Lenth	,29 -1,53 / ,91±,26	,29 -1,35/ ,79±,21	,50-1,5/1,04±,24	6,97
				7***
3D Path	,33 - 1,67 / ,98±,28	,33-1,41/,85±,22	,52-1,6/1,13±,26	7,36
				0***
2D Path	,32 - 1,56 / ,92±,26	,32-1,37/,80±,21	,50-1,5/1,06±,25	7,00
				7***
Clearance	,02 -,66 / ,16±,13	,02-,55 / ,12±,09	,05-,66/,21±,16	4,06
				1***

NOTA:

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

*** $p < 0.001$

Comparativa para muestras independientes. T de Student según el grupo de Caedores y No caedores (n=163).

Tabla 2. Diferencias entre muestras independientes. T de Student para variables cuantitativas y Test de Chi-cuadrado para variables cualitativas.

	Chi-cuadrado	Sig. $p < 0,05$
Sexo	32,69	,000
Residencia	19,93	,000
Terreno	13,92	,000

O D E M O G R A F I C A S	Evaluador	2,81	,245
		T	Sig. p<0,05
	Edad	3,44	,001
	Peso	1,23	,217
	Talla	6,49	,000
	IMC	-1,27	,204

C	GDS	-2,58	,011
O	Tº prueba 4m (s)	-5,07	,000
N	Velocidad marcha (m/s)	7,43	,000
V	SPPB total	6,11	,000
E	FRG total	-5,12	,000
N	Time up and go test	-5,25	,000
Cl	FES1	-5,947	,000
O			
N			
A			
L			
E			
S			

G	Distancia	7,008	,000
S	Tº total	4,931	,000
T	Pasos	5,989	,000
R	Tº en s de ciclo	-4,763	,000
I	Toe off	4,015	,000
D	Swing	6,372	,000
E	Heel	4,404	,000
	Foot flat	-6,356	,000
	Toe off angle	-6,245	,000
	Heel strike angle	5,875	,000
	Cadencia	5,056	,000
	Step speed	7,608	,000
	Stride Lenth	6,977	,000
	3D Path	7,360	,000
	2D Path	7,007	,000
	Clearance	4,061	,000

Correlaciones entre variables de pruebas convencionales y GStride.

	Edad	Sexo	GDS	Tiempo_ sg	Veloc_m sg	FRG_T otal	SPPB_T otal	TGT	FES1
Edad	1	,028	,265**	,361**	-,471**	,240**	-,413**	,230**	,104
Sexo	,028	1	,002	,125	-,136	,070	-,058	,160	,183*
GDS	,265**	,002	1	,181*	-,312**	-,029	-,386**	,355**	,244**

Tiempo_sg	,361**	,125	,181*	1	-,740**	,379**	-,625**	,840**	,395**
Veloc_msg	-,471**	-,136	-,312**	-,740**	1	-,384**	,767**	-,670**	-,458**
FRG_Total	,240**	,070	-,029	,379**	-,384**	1	-,325**	,180*	,171*
SPPB_Total	-,413**	-,058	-,386**	-,625**	,767**	-,325**	1	-,667**	-,469**
TGT	,230**	,160	,355**	,840**	-,670**	,180*	-,667**	1	,470**
FES1	,104	,183*	,244**	,395**	-,458**	,171*	-,469**	,470**	1
GSTRIDE									
Velocidad m/sg	-,444**	-,077	-,272**	-,635**	,811**	-,375**	,633**	-,651**	-,453**
distancia	-,427**	-,070	-,246**	-,547**	,765**	-,421**	,573**	-,554**	-,391**
tiempo total	-,319**	-,039	-,117	-,386**	,481**	-,486**	,399**	-,289**	-,185*
pasos	-,337**	-,030	-,088	-,503**	,606**	-,488**	,477**	-,427**	-,294**
T° en sg de ciclo medio	,247**	,017	-,019	,678**	-,526**	,311**	-,398**	,615**	,322**
toe off medio	-,295**	,041	-,128	-,293**	,484**	-,115	,380**	-,381**	-,368**
swing	-,389**	-,113	-,119	-,813**	,739**	-,437**	,580**	-,758**	-,442**
heel MEDIO	-,321**	,053	-,209**	-,664**	,653**	-,431**	,549**	-,617**	-,359**
foot flat	,414**	,023	,178*	,744**	-,778**	,410**	-,624**	,722**	,477**
toe off angle	,390**	,082	,319**	,519**	-,715**	,217**	-,582**	,601**	,414**
heel strike	-,424**	-,029	-,317**	-,564**	,706**	-,353**	,596**	-,583**	-,349**
cadencia	-,276**	,005	,015	-,575**	,543**	-,292**	,418**	-,500**	-,334**
step speed	-,458**	-,086	-,277**	-,654**	,839**	-,363**	,667**	-,667**	-,478**
stride	-,455**	-,110	-,309**	-,647**	,805**	-,361**	,644**	-,684**	-,444**

Tabla 5. Descriptivos de las pruebas clásicas y dispositivo según grupos de fragilidad marcados por el SPPB. ANOVA de un factor.

	Robusto (n=70)	Prefrágil (n=52)	Frágil (n=34)	Dependiente (n=7)	F o X ²
SOCIODEMOGRÁFICOS					
Edad (min-max/ M±DS)	70 – 96 / 80,34±5,36	73 – 94 / 82,7±5,9	70-98/86,5±6,02	78-95/86±6,8	9,73* **
Sexo Masculino (Fr (%))	19 (27,1)	17 (32,7)	7 (20,6)	2 (28,6)	32,69
Sexo Femenino (Fr (%))	51 (72,9)	35 (67,3)	27 (79,4)	5 (71,4)	**
Peso (min-max/ M±DS)	41,6 – 105 / 67,07±12,20	33,1 – 90 / 63,13±14,12	37,6-93/62,4±12,8	42,3-66,3/53,7±8,8	3,03*
Talla (min-max/ M±DS)	1,37 – 1,84 / 1,58±,10	1,32 – 1,81 / 1,57±,10	1,40-1,72/1,53±,08	1,37-1,58/1,47±,07	4,19* *
IMC (min-max/ M±DS)	19,5 – 42,52 / 26,5±4,48	,00 – 36,4 / 24,5±7,29	,00 -41,2/25,5±7,05	17,6 -32,4/25±5,25	1,13
Fuerza (min-max/ M±DS)	4-42 / 19,18±6,85	5,1-40 / 16,6±7,67	2 -24 / 13,05±5,46	6,7 -27 / 16,28±7,18	6,09* **
GDS (min-max/ M±DS)	1 – 5 / 1,39±,9	1-6/ 2,4±1,76	1-7/2,56±1,79	1-7/3,5±2,37	9,31* *

Vive en residencia (Fr (%))	12 (17,1)	18 (34,6)	18 (52,9)	2 (28,6)	19,93*
No vive en residencia (Fr (%))	58 (82,9)	34 (65,4)	16 (47,1)	5 (71,4)	**
Terreno mixto (Fr (%))	28 (40)	20 (38,5)	4 (11,8)	1 (14,3)	13,92 **
Terreno plano (Fr (%))	39 (55,7)	27 (51,9)	27 (79,4)	6 (85,7)	
Evaluable en consulta (Fr (%))	25 (35,7)	21 (40,4)	15 (44,1)	3 (42,9)	2,81
Evalua. En residencia (Fr (%))	13 (18,6)	18 (34,6)	17 (50)	4 (57,1)	
Evalua. Por familiar (Fr (%))	32 (45,7)	13 (25)	2 (5,9)	-	

CONVENCIONALES

Tª prueba 4m (s)	1,96 – 6,18 / 3,9±,86	2,74 – 10,2 / 5,62±1,42	4,2-39,1/10,21±6,25	6,6-14,4/9,45±3,18	35,2* **
Velocidad marcha (m/s)	,65 – 2,04 / 1,07±,25	,39 – 1,46 / ,75± ,19	,10 - ,95/,47±,18	,28 - ,60/,46±,14	66,8* **
FRG total	0 – 2 / ,13± ,37	0-3/ ,35± ,62	0-4/1,09±1,33	0-1/,29± ,48	12,6* **
SPPB total	10 – 12 / 11,17±,79	7-9 / 8,1 ± ,82	4-6/5,24±,74	1-3/2,71±,75	584,7 ***
TUGT	5,26 -23 / 10,7±3,29	7,41-48 / 16,5±7,09	12,06-85/26,5±15,09	22,6-36/28±4,9	30,02 ***
FES1	7 -21 / 8,9±3,03	7-21 / 10,84 ± 4,03	7-24/13,75±5,7	7-32/15,5±11,26	10,3* **

GSTRIDE

Velocidad m/sg	,39 – 1,52 / ,91± ,28	,27 – 1,27 / ,73± ,20	,10 – ,91 / ,47± ,18	,32 – ,54 / ,44± ,07	30,78 ***
Distancia	366,4 - 2684,81 / 1321,9±616,9	298,41-2571,66 / 988,2±494,3	73,01- 1193,3/512,3±324,6	219,7- 647,5/386,4±168	22,4* **
Tª total	739,3 - 2184,4 / 1415,5±377,8	564,7-2020,5 / 1322,6±403,7	338,5- 1672,8/1029,2±411,3	437,5- 1384,5/862,6±334, 7	10,2* **
Pasos	634 – 2185 / 1252,8±374,9	485-1907 / 1097,5±360,7	213- 1707/793,06±381,08	325- 1166/676,2±300,4	14,7* **
Tª en s de ciclo	,90 - 1,7 / 1,16±,15	,97-2,28 / 1,24±,20	,98-2,48/1,43±,36	1,20-1,55/1,34±,13	10,5* **
Toe off	12,6 - 26,80 / 18,57±2,8	-80,8 - -26,3 / -51,5±10,9	8,14-22,9/16,23±2,7	14,1- 17,4/15,4±1,01	8,25* **
Swing	23,32-34,84 / 30,24±2,23	19,2-33,5 / 28,36±2,8	8,07-30,9/24,3±4,82	22,8-28,6/25,6±1,7	28,9* **

Heel	6,35-16,64 / 12,18±2,08	7,63 -15 / 10,8±1,69	,71-13,3/8,6±3	6,28-12,2/8,7±2,02	22,3* **
Foot flat	26,7-51,1 / 38,79±5,56	32,27-59,1 / 42,6±5,2	34,8-69,8/50,6±8,2	47,6- 55,4/50,2±3,08	33,1* **
Toe off angle	-84,19- -34,09/ - 59,66±12,40	-80,8 - -26,3 / -51,5±10,9	-71,74 - -19,1/- 41,2±10,3	-46,9 - -30,6/- 38,8±6,34	23,8* **
Heel strike angle	6,07-38,02 / 18,8±6,28	3,9 – 30,7/ 14,11±5,47	,03-19,13/9,1±5,08	3,07-10,8/7,4±2,9	27,4* **
Cadencia	35,27-66,37 / 52,1±6,23	26,4-61,3 / 49,1±6,13	24 – 61 /44,19±9,44	38,8-49,7 /45±4,2	10,8* **
Step speed	,43 - 1,6 /1,03±,28	,29-1,37 / ,80± ,22	,12- ,97/ ,53± ,19	,36-,62/ ,49± ,08	36,2* **
Stride Lenth	,54 -1,53 / 1,06±,22	,50 -1,36/ ,91± ,20	,29-1,07/,66± ,19	,50-,74/,62± ,09	32,4* **
3D Path	,57 - 1,67 / 1,16±,23	,52-1,49/,97±,22	,33-1,12/,71±,19	,54-,78/,65±,09	36,3* **
2D Path	,55 - 1,56 / 1,08±,22	,50-1,38/,92±,20	,32-1,08/,67±,19	,52-,75/,63±,08	32,2* **
Clearance	,06 -,66 / ,23± ,15	,04-,60 / ,13± ,12	,02-,27/,11±,06	,04-,18/,07±,05	11,06 ***

NOTA:

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

*** $p < 0.001$

Tabla 6. Descriptivos y ANOVA de un factor según los grupos de fragilidad por el FRG.

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Edad	Entre grupos	412,152	2	206,076	5,689	,004
	Dentro de grupos	5795,762	160	36,224		
	Total	6207,914	162			
Peso	Entre grupos	178,203	2	89,102	,515	,598
	Dentro de grupos	27676,682	160	172,979		
	Total	27854,885	162			
Talla	Entre grupos	,059	2	,029	2,877	,059
	Dentro de grupos	1,638	160	,010		
	Total	1,697	162			
IMC	Entre grupos	4,576	2	2,288	,061	,941
	Dentro de grupos	6033,190	160	37,707		
	Total	6037,766	162			
GDS	Entre grupos	3,023	2	1,512	,583	,559
	Dentro de grupos	414,584	160	2,591		
	Total	417,607	162			
Tiempo_sg	Entre grupos	429,712	2	214,856	16,505	,000
	Dentro de grupos	2082,853	160	13,018		
	Total	2512,565	162			
Veloc_msg	Entre grupos	2,636	2	1,318	14,230	,000
	Dentro de grupos	14,821	160	,093		
	Total	17,458	162			
FRG_fuerza	Entre grupos	778,774	2	389,387	8,161	,000
	Dentro de grupos	7491,416	157	47,716		
	Total	8270,190	159			
FRG_Total	Entre grupos	106,985	2	53,493	1994,667	,000
	Dentro de grupos	4,291	160	,027		
	Total	111,276	162			
SPPB_Total	Entre grupos	138,264	2	69,132	10,384	,000
	Dentro de grupos	1065,196	160	6,657		
	Total	1203,460	162			
TGT	Entre grupos	882,404	2	441,202	4,817	,009
	Dentro de grupos	13188,690	144	91,588		
	Total	14071,095	146			
FES1	Entre grupos	86,658	2	43,329	1,984	,141
	Dentro de grupos	3101,479	142	21,841		
	Total	3188,138	144			
distancia	Entre grupos	11164036,12	2	5582018,061	18,158	,000
	Dentro de grupos	49185913,08	160	307411,957		
	Total	60349949,20	162			
tiempo total	Entre grupos	8086017,719	2	4043008,859	30,701	,000
	Dentro de grupos	21070045,64	160	131687,785		
	Total	29156063,35	162			
pasos	Entre grupos	7427815,673	2	3713907,836	29,286	,000
	Dentro de grupos	20290765,97	160	126817,287		
	Total	27718581,64	162			
tiempo en s de ciclo medio	Entre grupos	,939	2	,470	8,516	,000
	Dentro de grupos	8,822	160	,055		
	Total	9,761	162			
toe off medio	Entre grupos	23,092	2	11,546	1,543	,217
	Dentro de grupos	1197,035	160	7,481		
	Total	1220,127	162			
swing	Entre grupos	489,636	2	244,818	20,764	,000
	Dentro de grupos	1886,444	160	11,790		
	Total	2376,080	162			
heel MEDIO	Entre grupos	221,940	2	110,970	20,872	,000
	Dentro de grupos	850,666	160	5,317		
	Total	1072,606	162			
foot flat	Entre grupos	1744,643	2	872,321	18,183	,000
	Dentro de grupos	7675,887	160	47,974		
	Total	9420,529	162			
toe off angle	Entre grupos	1617,406	2	808,703	4,607	,011
	Dentro de grupos	28087,592	160	175,547		
	Total	29704,998	162			
heel strike	Entre grupos	1055,436	2	527,718	12,467	,000
	Dentro de grupos	6772,729	160	42,330		
	Total	7828,165	162			
cadencia	Entre grupos	722,094	2	361,047	6,798	,001
	Dentro de grupos	8498,192	160	53,114		
	Total	9220,286	162			
step speed	Entre grupos	2,120	2	1,060	12,206	,000
	Dentro de grupos	13,892	160	,087		
	Total	16,012	162			
stride	Entre grupos	1,630	2	,815	13,476	,000
	Dentro de grupos	9,674	160	,060		
	Total	11,303	162			
3d path	Entre grupos	1,702	2	,851	11,896	,000
	Dentro de grupos	11,448	160	,072		
	Total	13,150	162			
2d path	Entre grupos	1,619	2	,810	13,144	,000
	Dentro de grupos	9,856	160	,062		
	Total	11,475	162			
clearance	Entre grupos	,023	2	,012	,609	,545
	Dentro de grupos	3,081	160	,019		
	Total	3,105	162			

