

## **MEMORIA EXPLICATIVA**

### **1- DENOMINACIÓN DEL PROYECTO**

**LA LOCOMOCIÓN HUMANA COMO BIOMARCADOR DE SALUD EN PERSONAS ADULTAS Y MAYORES: CARACTERIZACIÓN Y CRITERIOS DE PRESCRIPCIÓN**

### **2. PERSONA RESPONSABLE**

**Pedro Ángel Latorre Román**

Profesor Titular de la Universidad de Jaén  
Acreditado como catedrático de Universidad

### 3. INTRODUCCIÓN

En España, la esperanza de vida es de 78,9 años para los hombres y de 84,9 años para las mujeres (Pérez et al., 2016). Según EUROSTAP en 2018, casi la quinta parte (19 %) de la población de la Unión Europea tenía 65 años de edad o más y el porcentaje de personas de 80 años o más se duplicará de aquí a 2100, hasta alcanzar el 14,6 % de la población total. Esto conlleva una revolución demográfica, que plantea nuevos desafíos en el ámbito de la salud, la sostenibilidad y la autonomía personal. El envejecimiento se ha asociado con la fragilidad y la limitación funcional debido a tres factores: un proceso biológico irreversible, descondicionamiento debido a un estilo de vida sedentario y los efectos de la comorbilidad (Rittweger, Kwiet, & Felsenberg, 2004). Con el envejecimiento, hay un deterioro en la reserva funcional que aumenta la sensibilidad a agresiones externas que causan fragilidad, sarcopenia, caídas, discapacidad y hospitalización, con un deterioro en la calidad de vida y el estado físico (Casas Herrero & Izquierdo, 2012; Chodzko-Zajko et al., 2009). Estas disminuciones se han asociado con una mayor incidencia de diabetes tipo 2 (Guillet & Boirie, 2005), enfermedad cardiovascular (Strait & Lakatta, 2012) y riesgo de caídas (Nelson et al., 2007). A su vez, con el envejecimiento las funciones cognitivas se deterioran (Clouston et al., 2013; Sofi et al., 2011).

La promoción de la actividad física (AF) regular es una de las principales medidas no farmacéuticas para mejorar la salud de las personas mayores (WHO, 2010). Varios estudios han demostrado que, en las personas mayores, la AF moderada reduce la mortalidad, tiene un efecto positivo en la prevención de la enfermedad coronaria, la reducción de la presión arterial y la prevención del accidente cerebrovascular, así como de la diabetes tipo 2, un riesgo reducido de desarrollar demencia y deterioro cognitivo que podría prevenir caídas y mejorar la calidad de vida (Barnes, 2015; Motl & McAuley, 2010; Sherrington et al., 2008; Vogel et al., 2009; Wannamethee, Shaper, & Walker, 1998). A su vez, la AF regular atenúa la disminución del volumen cerebral relacionada con la edad por lo que es una medida preventiva contra la enfermedad de Alzheimer y la demencia (Barnes, 2015). Las personas mayores con mayor condición física y mayores niveles de AF muestran una actividad cerebral más eficiente y una función ejecutiva (FE) superior (Erickson, Hillman y Kramer, 2015).

Según los últimos datos disponibles, el porcentaje de muertes a nivel mundial debido a la inactividad física fue de un 6%, 3,2 millones de personas en 2004 (World Health Organization, 2009). En todo el mundo, 1 de cada 4 adultos y 3 de cada 4 adolescentes (de 11 a 17 años), actualmente no cumplen las recomendaciones globales de AF establecida por la Organización Mundial de la Salud, OMS (World Health Organization, 2018). En 2013, el costo global de la inactividad física fue estimado en 54 billones de dólares por año en cuidados directos con 14 billones adicionales atribuidos a la baja productividad; por tanto, la inactividad física reporta entre 1-3% de los costes nacionales de cuidados de la salud (World Health Organization, 2018). La "Global Action Plan on Physical Activity 2018-2030" de la OMS (World Health Organization, 2018) se plantea como objetivos en 2025 y 2030 reducir un 10% y 15% respectivamente el nivel de inactividad física de la población mundial. Para ello son necesarias acciones políticas dirigidas a aumentar la AF para todas las personas, de todas edades y habilidades, que son consistentes con la valoración la salud como derecho universal y esencial recurso para la vida diaria, y no meramente la ausencia de enfermedad o dolencia; recomendando en su acción 2.1 y 3.4 la promoción de la marcha y en particular para adultos mayores. En particular, en la población española, las personas mayores de 70 años mantienen altos porcentajes de baja AF (López et al., 2016). Gómez-Cabello et al. (2012) mostraron que el 84% de la población mayor española presentaba sobrepeso y obesidad, circunstancia relacionada con bajos niveles de AF. A su vez, la obesidad y el sobrepeso se asocian con niveles más altos de limitación funcional en las personas mayores (Vásquez et al., 2014). Recientemente, Latorre et al. (2020) muestran que de 2009 a 2017, las personas mayores españolas empeoraron sus niveles de AF y percepción de su estado de salud, y aumentaron sus niveles de enfermedad, lo que podría estar asociado con el empeoramiento de la capacidad para caminar.

Andar es una acción motriz rítmica automatizada que depende de un sistema neuromecánico dirigido por regiones cerebrales subcorticales (Bessot et al., 2020). A medida que aumenta la edad o existen patologías, para poder garantizar la seguridad y eficacia en la marcha diaria es necesario prestar más atención a ella, existiendo una mayor dependencia de la función cortical

y en particular de la corteza prefrontal (Hillel, et al, 2019; Mirelman et al., 2011). Además, la marcha requiere la capacidad de adaptarse para superar cargas ambientales y cumplir con su objetivo e implica una tarea cognitiva concurrente mientras se realiza una tarea motora (Abdallat et al., 2020). Se puede entender la marcha por tanto como un modelo sensorial cognitivo-motor que hace de ella una habilidad altamente compleja (Manuel Montero-Odasso et al., 2012). Muchas actividades de la vida diaria, que implican la realización de varias tareas a la vez, demandan mayores recursos de atención, que en muchos casos superan la capacidad del adulto mayor, que es más disminuida cuando se asocia a problemas cognitivos y a una mayor edad (Rezola-Pardo et al., 2019). La resolución eficaz ante entornos complejos de marcha que se dan en el mundo real requiere integrar la información sensorial externa con redes corticales neuronales, que involucran estructuras subcorticales del tronco encefálico y de la médula espinal (Takakusaki, 2013).

La marcha presenta parámetros espaciotemporales que permiten su caracterización y evaluación, determinando de este modo las condiciones funcionales de una persona. Los parámetros espaciotemporales de la marcha más descritos y estudiados en la literatura científica son: cadencia, longitud de paso, tiempo de paso, longitud de zancada, tiempo de zancada, anchura de paso y velocidad (Monge Pereira et al., 2020). Cuando se evalúan personas en condiciones con una salud óptima, apenas presentan variabilidad en estos parámetros (Jarchi et al., 2018). En cambio, las personas cuyas condiciones funcionales se encuentran dañadas por enfermedad y/o en deterioro por envejecimiento, la variabilidad de estos parámetros se incrementa (Carratalá Tejada et al., 2020). Esto supone un importante compromiso y se acentúa en tareas donde la complejidad de la marcha es mayor, al enfrentarse a diferentes escenarios cambiantes o que implican mayores niveles de atención para evitar accidentes. Un ejemplo lo encontramos en situaciones donde la marcha debe compartir atención con otras acciones de manera análoga, como hablar por teléfono, escuchar música, hablar con otra persona, subir escaleras o sortear obstáculos (Rosso et al., 2019). Estas situaciones de variabilidad comprometida pueden provocar un cambio de atención y disminuir parcialmente la capacidad cognitiva y/o motora de la persona. Son eventos que predicen un mayor deterioro cognitivo, una mayor incidencia de la demencia, una mayor prevalencia de caídas, discapacidad de movilidad e incluso mortalidad (Bergen et al., 2016; Montero-Odasso et al., 2020).

El deterioro de la marcha aumenta el riesgo de caídas e institucionalización y se considera un signo temprano de enfermedad (Nascimbeni et al., 2015). Las personas mayores que reportan niveles más altos de enfermedad o problemas de salud crónicos muestran dificultad severa para caminar 500 m sin ayuda y subir y bajar 12 escaleras (Latorre et al., 2018). La variabilidad de diferentes parámetros de la marcha son un importante indicador de la función ejecutiva. De manera más concreta, la velocidad de la marcha (VM) y la longitud del paso son las medidas más utilizadas para predecir el deterioro cognitivo y el estado de salud en personas mayores (De Cock et al., 2017; Kikkert et al., 2016). Fundamentalmente, la VM está asociada con la supervivencia en personas mayores, así, cuanto más baja sea la VM, en comparación con la velocidad máxima, existe un riesgo tres veces mayor de mortalidad (Studenski et al., 2011). A su vez, la VM es un indicador de salud general, cognición intacta y control ejecutivo (Pirker & Katzenschlager, 2017). La disminución de VM puede ser un presagio de inminente deterioro cognitivo (Cohen et al., 2016) y se relaciona con una reducción de masa muscular, con el incremento de la masa grasa y con el consecuente efecto en la reducción de la fuerza muscular y la funcionalidad (García et al., 2015). Especialmente, García Pinillos et al., (2016) comprobaron que la VM es un predictor importante del deterioro cognitivo en adultos mayores y está altamente correlacionada con la independencia funcional/comorbilidad. Una revisión reciente mostró que caminar lento o a un ritmo de caminata reducido se asocia significativamente con un mayor riesgo de deterioro cognitivo y demencia en las personas mayores (Quan et al., 2017). Todo ello parece estar relacionado con cambios en el cerebro y los volúmenes hiper-intensidad de la materia blanca (Pinter et al., 2018). Además, la variabilidad en la longitud de los pasos aumenta con la edad en las personas sin enfermedad neurológica manifiesta y es más alta en los pacientes neurológicos (Batiste et al., 2014; Beauchet et al., 2014; Rosso et al., 2015, Tian, et al., 2017). La variabilidad de la marcha se asocia significativamente con la VM más lenta, el riesgo de caídas, la función ejecutiva más deficiente, predice la demencia y también se asocia con una menor integridad de la materia gris y menor volumen del hipocampo (Rosso et al., 2015, Tian, et

al., 2017). También se ha encontrado una asociación significativa entre la mayor variabilidad de la marcha con un menor volumen de materia gris parietal derecha en adultos mayores sanos (Beauchet et al., 2014). Además, altos niveles de asimetría de la marcha están asociados con muchas patologías (Cabral et al., 2016).

Por otro lado, la deambulación social requiere la capacidad de adaptar las características del caminar a las demandas ambientales (Rosso et al., 2019). Así, el desempeño en tareas locomotoras diarias como caminar a través de obstáculos, subir una acera, pisar una grieta en el suelo, subir escaleras, evitar peligros domésticos o de la calle, etc., se asocian con las funciones ejecutivas, la planificación motora, la atención a estímulos relevantes y con las habilidades visoespaciales que son esenciales para negociar con éxito los obstáculos (Maidan et al., 2016; Raffegeau et al., 2019). En este sentido, existe una asociación entre el aumento de la complejidad de la marcha y la actividad cortical elevada (Malouin, Richards, Jackson, Dumas y Doyon, 2003). Los adultos mayores con poca flexibilidad cognitiva muestran una forma de caminar más peligrosa durante situaciones de marcha compleja (Klotzbier and Schott, 2017). En consecuencia, el desempeño en tareas complejas al caminar podría representar una herramienta simple y efectiva para evaluar el riesgo de deterioro cognitivo en personas mayores.

La capacidad de andar, medida por el número de pasos se relaciona con el estado de salud en la población general y mayor (Tudor, 2011, 2018). Fundamentalmente, el recuento diario de pasos es una métrica intuitiva que ha demostrado tener éxito en motivar la AF en adultos y puede tener un potencial prescriptivo para futuras recomendaciones de AF de salud pública (Hall, et al., 2020). Por tanto, para valorar los niveles de AF diaria de las personas adultas y mayores, el conteo de pasos es un recurso muy operativo sencillo y fácil de medir, éste puede realizarse a través de pulseras de actividad (Figura 1), las cuales resultan altamente fiables (Burton et al., 2018). Sin embargo, aunque el reconocimiento de la actividad de la marcha es útil para identificar varios factores de riesgo en la salud de las personas y que están directamente relacionados con su AF, uno de los problemas en el reconocimiento de la actividad y la marcha, es que a menudo los conjuntos de datos están desequilibrados (es decir, la distribución de los tipos de marcha: hacia arriba, hacia abajo, terreno llano, sobre escaleras, etc.,) (López Nava et al., 2020). Por lo que es necesario tipificar el tipo de locomoción realizada, lo que determinará otros aspectos que pueden afectar a la intensidad de la locomoción

El aumento de pasos diarios se asocia a bajos riesgos de mortalidad en personas mayores físicamente dependientes (Yamamoto et al., 2018). Las personas mayores que presentan restricciones de independencia en su vida diaria realizan un número muy bajo de pasos diarios, así como niveles muy bajos de AF moderada, lo que se traduce en un alto nivel de sedentarismo que puede conllevar graves problemas de salud (Tsai et al., 2015). El mismo autor unos años después publica un estudio donde demuestra que las personas que se encuentran en una edad avanzada deberían emplear más tiempo fuera para acumular minutos de intensidad moderada, lo cual ayudará a mantener y/o mejorar su movilidad y mejorar su calidad de vida (Li Tang Tsai et al., 2016). Una reciente revisión concluye que caminar 1000 pasos adicionales por día puede ayudar a reducir el riesgo de mortalidad por todas las causas y la morbilidad y mortalidad por enfermedades cardiovasculares en adultos (Hall et al., 2020). Previamente ya se observó una mejor salud física en aquellos sujetos que pasaban al menos 20 min / día caminando moderadamente (a un ritmo de alrededor de 1,4 m / s [5 km / h]), realizando 8000 pasos o > 60 min de actividad ligera por día (Aoyagi and Shepard, 2009). Por tanto, un mayor recuento de pasos diarios puede ser un indicador no sólo de una mayor AF moderada a vigorosa sino también sobre la relación entre ligera AF y sedentarismo, particularmente entre aquellas personas mayores que son menos activos físicamente (Amagasa et al., 2020).



Figura 1. Dispositivos portátiles para evaluar la locomoción humana y los niveles de actividad física.

#### 4. OBJETIVOS, MATERIAL Y MÉTODOS UTILIZADOS PARA SU DESARROLLO

##### Objetivos generales:

- 1) Caracterizar la marcha humana de personas adultas y mayores españolas en relación a diferentes indicadores relacionados con la salud y el envejecimiento.
- 2) Establecer los criterios de prescripción de la marcha en personas adultas y mayores de España teniendo en cuenta el uso de asesores virtuales y wearables para la promoción de la salud, la reducción del sedentarismo y la obesidad.

##### Objetivos específicos (Tabla1):

Tabla 1. Objetivos específicos, hitos y viabilidad.

Objetivos	Hitos	Viabilidad
1. Realizar encuentros de intercambio de experiencias de trabajo e iniciativas de colaboración entre diferentes países	<b>Hito 1.1:</b> Estancias recíprocas entre investigadores. <b>Hito 1.2:</b> Configuración de la red de investigación: "Andared", mediante plataforma web u otra red social	Ya se han realizado estancias de colaboración mediante doctorados internacionales, por lo que los contactos y la logística ya se han pilotado previamente.
2. Protocolizar acciones de transferencia del conocimiento a entidades y asociaciones que trabajen con personas mayores.	<b>Hito 2.1:</b> Contacto con centros de mayores, balnearios, asociaciones de vecinos para aportar conocimiento y facilitar los estudios de investigación y transferencia.	<b>Valoración de su viabilidad:</b> Ya se han establecido contactos previos con centros mayores de Andalucía, donde se han realizado diversos estudios y pilotaje. Además, nuestros investigadores colaboran en programas de Universidad Abierta en personas mayores de las Universidades de Jaén y Pablo de Olavide de Sevilla. Por tanto, la logística, la experiencia y los requisitos administrativos son viables.
3. Adaptar y validar dispositivos portátiles o <i>wearables</i> para el análisis y seguimiento de la marcha humana.	<b>Hito 3.1:</b> Contacto con centros de desarrollo tecnológico o desarrolladores que nos permitan configurar una base de datos y APP con asesoramiento virtual. <b>Hito 3.2:</b> Selección de <i>wearables</i> y APP. <b>Hito 3.3:</b> Familiarización con los recursos tecnológicos. <b>Hito 3.3:</b> Validación tecnología seleccionada	Ya se han establecido contactos previos con centros tecnológicos como el Instituto Mixto Universitario del Deporte de la Universidad de Granada y en particular con el laboratorio de biomecánica mediante el cual ya se está trabajando en el desarrollo general de estas aplicaciones
4. Establecer un marco de colaboración para la implementación de acciones de investigación que permitan realizar un diagnóstico preciso del nivel de locomoción de la población mayor y los factores sociodemográficos que la determinan, proponiendo las referencias normativas de la marcha dependiendo de la edad, el sexo y la categoría de autonomía personal.	<b>Hito 4.1:</b> Formación y familiarización con la tecnología y protocolo de análisis de la marcha humana <b>Hito 4.2:</b> Selección de la muestra objeto de estudio. <b>Hito 4.3:</b> Registro de datos. <b>Hito 4.4:</b> Análisis de datos. <b>Hito 4.5:</b> Establecimiento de valores de referencia.	Ya se han establecido contactos previos con centros mayores de Andalucía, donde se han realizado diversos estudios y pilotaje. Además, nuestros investigadores colaboran en programas de Universidad Abierta en personas mayores de las Universidades de Jaén y Pablo de Olavide de Sevilla. Tenemos los recursos humanos, tecnológicos y se han realizado pilotajes previos. Por tanto, la logística, la experiencia y los requisitos administrativos son viables
5. Diseñar y poner en práctica programas de intervención en locomoción activa que nos permitan establecer criterios precisos de prescripción de la marcha para la promoción de la salud en personas mayores.	<b>Hito 5.1:</b> Diseño de programas. <b>Hito 5.2:</b> Selección de la muestra. <b>Hito 5.3:</b> Registro del pretest. <b>Hito 5.4:</b> Intervención. <b>Hito 5.5:</b> Registro postest. <b>Hito 5.6:</b> Análisis de datos. <b>Hito 5.7:</b> Resultados y conclusiones.	Ya se han establecido contactos previos con centros mayores de Andalucía, donde se han realizado diversos estudios y pilotaje. Además, nuestros investigadores colaboran en programas de Universidad Abierta en personas mayores de las Universidades de Jaén y Pablo de Olavide de Sevilla. Tenemos los recursos humanos, tecnológicos y se han realizado pilotajes previos. Por tanto, la logística, la experiencia y los requisitos administrativos son viables
6. Difundir los resultados en foros científicos y divulgativos		Ya se han realizado difusión en diferentes eventos científicos.

##### Metodología

El proyecto propuesto, es un estudio que, debido a su naturaleza multidisciplinaria, debe contemplar tecnologías y metodologías muy diversas en el campo de las ciencias del deporte, las ciencias biomédicas y las TIC. Esto significa que somos un grupo muy heterogéneo de investigadores de diferentes orígenes, cuya coordinación requerirá atención especial. El grupo responsable de este proyecto es un grupo multidisciplinario en el campo de las Ciencias del

Deporte de la Universidad de Jaén. El coordinador lidera el grupo de investigación HUM 790: "Actividad física y deportes" de esta universidad. Otros investigadores son de otras universidades que trabajarán en más de un área. Hemos subdividido el proyecto que hemos denominado: "ANDARED" en 3 subgrupos, cada uno con su coordinador.

-Subgrupo-1 ("BIOMECÁNICA y AF"). Coordinado por Juan Párraga Montilla de la UJA. Este grupo está compuesto por graduados en Ciencias de la AF y el Deporte, expertos en biomecánica,

-Subgrupo 2 ("PSICOSOCIAL y BIOMEDICINA"). Coordinado por Felipe García Pinillos (UGR). Este grupo cuenta con especialistas en temas psicosociales, educación, biomedicina, fisiología, variabilidad, podología, postura.

-Subgrupo-3 ("TIC"). Coordinado por Víctor Manuel Soto Hermoso (UGR). Este grupo está compuesto por expertos en desarrollo tecnológico vinculado a la ciencia del deporte, diseño gráfico 3D, desarrollo de asesores virtuales y avatares 3D, programación informática, validación de tecnologías, infografías, modelado 3D y animación.

El equipo de investigación está compuesto por un total de 15 miembros. Teniendo en cuenta los objetivos propuestos, la primera acción (TAREA 1) será seleccionar y validar los diferentes *wearables* para el análisis y control de la locomoción. Con una muestra de 30 sujetos, estableceremos los criterios de confiabilidad test-retest, así como la validez concurrente con otras tecnologías estándar como acelerómetros, monitores cardiacos, metabólicos, etc. A continuación, evaluaremos los diferentes parámetros cinemáticos de la marcha desarrollando un estudio transversal con una gran población de personas adultas y mayores (TAREA 2), para determinar las referencias normativas según la edad y el sexo. Finalmente, llevaremos a cabo un estudio de intervención (TAREA 3) manipulando diferentes variables de la marcha, tales como: cadencia de pasos, velocidad de la marcha, caminar con sobrecarga, caminar con doble tarea y caminar con desniveles y analizaremos los efectos sobre la salud de los participantes: lo que nos permitirá diseñar de manera precisa diferentes programas de entrenamiento sobre la marcha humana,

### **Participantes**

Los participantes serán reclutados de diferentes centros para personas mayores en el sur de España (Andalucía). Los criterios de inclusión son: (a) mayores de 60 años de ambos sexos; (b) libre de prótesis artificiales; (c) libre de cualquier síntoma que un médico forense considere que garantiza la exclusión; (d) no sufra patologías asociadas con un mayor riesgo de caídas (es decir, enfermedad de Parkinson); (e) deambulación independiente; (f) libre de cualquier enfermedad que requiera medicamentos diarios que afecten a la locomoción. Los participantes se dividirán en 6 subgrupos de edad: 60-64 años, 65-69 años, 70-74, 75-79, 80-84 y >84 años. Cada participante proporcionará un consentimiento informado por escrito para el estudio, que se lleva a cabo de conformidad con las normas de la Declaración de Helsinki (versión 2013). Se respetarán las leyes de protección de datos. El estudio se someterá a la aprobación del Comité de Ética de la Universidad de Jaén. Para la TAREA 2 el análisis de potencia a priori nos precisará de un total de 357 participantes sanos mayores de 60 años, tanto mujeres como hombres. Para la TAREA 3, la muestra será de 180 sujetos, que serán aleatorizados en tres subgrupos experimentales con su grupo control correspondiente. Cada grupo estará formado por 20 participantes (50% mujeres). Todos los grupos experimentales realizarán un entrenamiento de caminata modificándose los criterios básicos de intervención: días a la semana, semanas de intervención, grupos con entrenamiento combinado o parcial. Lo cual nos dará lugar al diseño de diferentes experimentos que nos permitan precisar los criterios de prescripción:

- 1) 10 semanas, 4 días a la semana, con incremento progresivo del volumen, intensidad y complejidad de las sesiones. Un grupo control y un grupo experimental que integra todos los parámetros de entrenamiento.
- 2) 8 semanas, 3 días a la semana, haciendo incidencia en la intensidad y complejidad de las tareas, pero reduciendo el volumen de entrenamiento un 20%.
- 3) 6 semanas, 4 días a la semana, con grupos de entrenamiento parciales de acuerdo a los criterios establecidos en la tabla 4. La intensidad y complejidad es la más alta, y el entrenamiento es altamente específico, basándose en elementos de la carga de manera aislada: volumen, intensidad, sobrecarga, desnivel, o estimulación cognitiva.
- 4) Grupos control de cada grupo experimental, no realizan la intervención.

Tabla 2. Variables que se modifican en el entrenamiento de la marcha

Variables	Modificación de las variables
Cadencia de pasos	Marcha confortable autoseleccionada, marcha rápida autoseleccionada.
Desnivel acumulado	Incrementado metros de forma progresiva durante la intervención.
Sobrecarga	Incremento del 5% del peso corporal.
Tarea cognitiva	Tareas duales basadas en operaciones matemáticas sencillas, progresiones y regresiones; audios de lectura comprensiva con preguntas y memoria inmediata y episódica. Se dividen en tres niveles de complejidad: simple, moderado y difícil. Los moderadores de estas tareas duales son el incremento de la dificultad de las tres actividades, de la intensidad y del volumen del entrenamiento.
Volumen	Incrementando el tiempo de forma progresiva durante la intervención.
Intensidad	Incrementando de forma progresiva durante la intervención.

### **Factores de análisis.**

- 1). **Variables predictivas o independientes:** la marcha humana y sus determinantes: frecuencia y amplitud del paso, variabilidad del paso, velocidad de la marcha, la marcha compleja, la marcha con sobrecarga y la marcha dual.
- 2). **Variables dependientes o predichas:** fuerza de piernas, equilibrio, resistencia cardiorrespiratoria, estado ponderal, independencia funcional, estado cognitivo, salud y calidad de vida, riesgo cardiometabólico.
- 3). **Covariables:** sexo, edad, otras variables sociodemográficas (por ejemplo: vida rural o urbana, estado civil, nivel de estudios).

### **Materiales y pruebas**

El equipo de investigación cuenta con las grandes infraestructuras y equipos singulares necesarios para el desarrollo del proyecto que ya se han obtenido a través de proyectos previos financiados en el “Plan Nacional de Investigación Fundamental” 2009 y 2012 (Proyecto PAQOL, ref.DEF2009-11850; Proyecto ERGOLOC, Ref.DEF2012-40069); en “INNPLANTA” 2010 y 2011 (Proyecto: Instituto Mixto Universitario Deporte y Salud, Ref. PCT-300000-2010-6 y Ref. INP-2011-0016-PCT-300000-ACT11), en el Programa Estatal de I + D + i orientada a los RETOS (proyecto AVISaMe, Ref.DEF2015-70980-R). La mayoría del equipo necesario está disponible en la Universidades de Jaén y Granada que nos permitirá evaluar los siguientes aspectos:

- Evaluación de la composición corporal y antropometría
- Evaluación basal cardiovascular
- Análisis de la condición física
- Niveles de AF.
- Evaluación de locomoción
- Evaluación cognitiva y psicológica

### **Análisis estadístico**

Los datos se analizarán utilizando SPSS v.24.0 para Windows (SPSS Inc, Chicago, EE. UU.) y el programa estadístico R (R Core Team, 2016) con el paquete GAMLSS (Modelo aditivo generalizado para ubicación, escala y forma) (Rigby & Stasinopoulos, 2006). El nivel de significación se establece en  $p < 0,05$ . Las diferencias entre los grupos por sexo y edad se analizarán mediante el análisis de varianza (ANOVA) ajustado por la prueba de Bonferroni y controlado por las diferentes variables de confusión. Los efectos de los programas de entrenamiento se determinarán mediante ANOVA de medidas repetidas. Los tamaños del efecto se expresarán como  $d$  de Cohen (Cohen, 1988). Los valores de referencia se calcularán en función de la edad y el sexo utilizando el método LMSP (mbda,  $\mu$ ,  $\sigma$ , potencia exponencial).

## 5. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTUACIONES REALIZADAS.

### Carácter demostrativo

El desarrollo de este proyecto requiere una planificación que implique la consecución de una serie de hitos de forma consecutiva. Cada hito parcial, será desarrollado a modo de sub-proyecto y su consecución permitirá nuevas funcionalidades plenamente operativas de forma modular, para ir ampliando el proyecto.

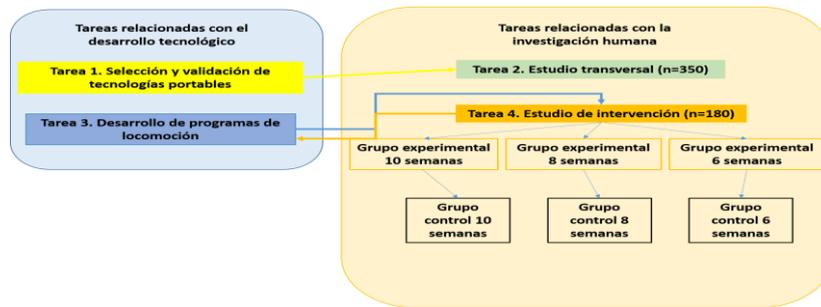


Figura 2. Tareas a realizar.

Tabla 3. Cronograma de tareas.

TAREAS	GRUPO	2020				2021			
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1. Encuentros de investigadores	Todos	x	x						
2. Creación plataforma Web	Grupo tecnológico	x							
3. Selección de wearables y APP	Grupo tecnológico		x						
4. Estudio transversal de evaluación de la locomoción y creación de base de datos	Todos			x	x				
5. Desarrollo de programas de locomoción activa	Grupo entrenamiento				x	x			
6. Estudio experimental de locomoción activa	Grupo entrenamiento					x	x	x	
7. Difusión y transferencia de resultados	Todos								x

T: Trimestre

En los aspectos demostrativos podemos aportar el desarrollo inicial de la selección de tecnologías portables (Tarea 1) y el protocolo de validación del instrumento de registro que empelaremos para el estudio global de la exploración de los pasos, como es la pulsera Xiaomi Band 4. Así como el diseño de los programas de entrenamiento.



Figura 3. Protocolo de validación de la pulsera de actividad.

Tabla 4. Ejemplo de protocolo de entrenamiento en tareas duales

Nivel de dificultad/tarea	1-2 minutos	2-3 minutos	3-4 minutos
	Simple	Moderada	Difícil
<b>Lectura/comprensiva</b>	<b>Nivel de textos elemental.</b> 3 preguntas generales	<b>Nivel de texto Primaria.</b> 3 preguntas generales y 2 preguntas	<b>Noticia actual</b> 3 preguntas generales y 3 preguntas específicas
<b>Matemática</b>	Sumas y sustracciones: 1-2 dígitos con 1-2 dígitos, ej: 32+9, 65-12...	Operaciones combinadas de sumas y sustracciones simples de 1-2 cifras de 3 dígitos máximo, ej: 32+9-5, 65-12+0...	Operaciones combinadas simples de sumas, sustracciones, multiplicaciones y divisiones de 1 y 2 cifras con 3 dígitos, ej: 32+33, 30/2+1, 15x2-5
	Multiplicaciones y divisiones: 1-2 cifras con 1 cifra, ej: 32/2, 3x3...	Multiplicaciones y divisiones: 1-3 cifras con 1 cifra (números enteros), ej: 32/2, 3x3,	
	Contar hacia atrás y hacia delante 1 en 1 o 2 en 2 partiendo de 100	Contar hacia atrás y hacia delante 3 en 3 o 5 en 5 partiendo de +200	Contar hacia atrás y hacia delante 7 en 7 o 9 en 9 partiendo de +300
<b>Memoria</b>	Narrar la rutina diaria, un acontecimiento feliz, una receta favorita	Narrar el último viaje realizado, qué merendabas cuando eras pequeña	Narrar la última noticia que ha escuchado

Tabla 5. Ejemplo de programa de entrenamiento de la marcha para el grupo de intervención de 10 semanas 4 día a la semana.

Semanas/sesión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1h MC	1h 10 MC	1h20 MC	1h 30' MC	1h 30' MC	1h 40' MC	1h 50' MC	2H MC	2H MC	1H MC
2	1H MC CON TD	1H MC CON TD	1H MC CON TD	30' DE MC+30' DE MR CON TD	30' DE 40' DE MR CON TD	1H MR CON TD	1H 10' MR CON TD	1H 15' MR CON TD	1H 20' MR CON TD	1H MC ON TD
3	1H MC	1H MC con sobrecarga	1H 10' MC con sobrecarga	1H 20' MC con sobrecarga	50' DE MR con sobrecarga	1H MR con sobrecarga	CON SOBRECARGA, 30' DE MC +30' DE MR CON TD	1H MR CON SOBRECARGA Y TD	1H MR CON SOBRECARGA Y TD	1H MC
4	1H MC últimos 10' de MR	1H MC últimos 20' de MR	30' MC +30' MR	1H MR	1H MC	30' MC +30' MR	1H MR	1H 15' DE MC	1H 20' DE MC	30' MR+30' MR
Nivel tareas duales	1	1	1	2	2	2	3	3	3	1
MC: MARCHA CONFORTABLE										
MR: MARCHA RÁPIDA										
TD: TAREA DUAL										

Además, como pilotaje sobre la relevancia de algunas de las variables y su efecto en este caso en la capacidad funcional y el rendimiento cognitivo, hemos realizado un estudio piloto con 65 personas mayores de 60 años y de ambos sexos. Como resultados preliminares destacamos que según un análisis de correlación Pearson encontramos asociaciones significativas entre los resultados cognitivos obtenidos mediante el test the MoCa y la longitud del paso ( $r = 0.420$ ;  $p=0.002$ ), el coeficiente de variación (CV) de la longitud del paso (%) ( $r = -0.591$ ;  $p < 0.001$ ) y el test CGT de marcha compleja ( $r = -0.406$ ;  $p = 0.001$ ). A su vez, la puntuación de la capacitación funcional obtenida mediante el test de Lawton se correlacionó significativamente con el test MoCa ( $r = 0.772$ ;  $p < 0.001$ ), la longitud del paso ( $r = 0.563$ ;  $p < 0.001$ ), el CV de la longitud del paso (%) ( $r = -0.762$ ;  $p < 0.001$ ), la VM ( $r = 0.418$ ;  $p = 0.007$ ) y el test CGT de marcha compleja ( $r = -0.622$ ;  $p = 0.001$ ). En la figura 7 exponemos un ejemplo de gráfico de dispersion entre el CV de la longitud del paso (%) y el rendimiento en el test MoCa. **En el anexo 1** exponemos de manera más precisa las actuaciones realizadas en relación con las diferentes tareas y aspectos divulgativos.

## 6. IMPLICACIÓN Y SINERGIAS DE LOS DIFERENTES SECTORES QUE HUBIERAN PARTICIPADO.

El desarrollo de este proyecto causará un gran impacto económico y social en el sector de la salud a través de un enfoque interdisciplinar (ciencias del deporte, biomedicina, biomecánica, ingeniería, psicosocial, etc.) para la mejora de la calidad de vida y la salud de las personas mayores a través de la locomoción activa. Teniendo en cuenta la transferencia de los resultados de la investigación, los asesores virtuales y *wearables* serán una herramienta para el monitoreo autónomo del nivel de AF en relación con la locomoción en personas mayores sanas, adaptándose de manera personalizada a las características de cada ciudadano, con retroalimentación biológica de la cinemática, parámetros bioestructurales y fisiológicos de la locomoción. Desde el punto de vista epidemiológico y evaluando la falta de valores de referencia para ilustrar la marcha de las personas mayores, los valores de percentiles relacionados con los diferentes parámetros cinemáticos de la marcha y el volumen de pasos obtenidos en este estudio pueden desempeñar un papel clave para el profesional sanitario y para entrenadores que operan con esta población. En este sentido se podrá utilizar el porcentaje más bajo o más alto como una 'señal de advertencia' para identificar posibles trastornos, cambio cognitivo o condiciones de morbilidad asociadas con el envejecimiento (caídas, disnea). Además, después de este estudio, será posible especificar los elementos de la carga asociados con la caminata más efectiva para mejorar la salud de esta población.

Por lo tanto, este estudio traerá resultados valiosos para cuantificar el efecto de un estilo de caminata saludable sobre diferentes marcadores de salud de las personas mayores, tanto a nivel físico como cognitivo, determinando de manera precisa y sistematizada los criterios de prescripción de la locomoción activa para la promoción de la salud. Las empresas en el campo del bienestar y la capacitación personal podrán monitorear a sus clientes y supervisar la capacitación. Y lo más importante, el Sistema Sanitario podrá especificar de manera más rigurosa la prescripción de la marcha, más allá del simple consejo: "usted ande". A través de diferentes contactos con universidades extranjeras fundamentalmente de Chile, Cuba, Argentina, Perú y Portugal, en particular con la Universidad de los Lagos y la Universidad de la Frontera de Chile, la Universidade do Porto en Portugal o la Universidad de Cienfuegos en Cuba y la Fundación Rafam Argentina, hemos establecido los primeros contactos de internacionalización y colaboración recíproca.

Por otro lado, se ha contactado con el Patronato Municipal de Deportes del Ayuntamiento de Jaén para realizar los estudios de carácter transversal y longitudinal con los grupos de actividad física para mayores de 65 años, cuya población ha mostrado una disposición favorable en el estudio con el fin de aprender a mantenerse activos y conocer otras alternativas para ello. Asimismo, a través del Ayuntamiento de Vívar, en la provincia de Almería, hemos accedido a varios grupos numerosos de actividad física de mayores de 65 años para avanzar en la toma de datos epidemiológicos. En la ciudad de Bailén, hemos accedido a población mayor de 65 a través de la asociación "Amas de Casa, Las heroínas de Bailén". En ella, se han realizado charlas formativas para concienciar a esta población de los beneficios que tiene la práctica de actividad física en las personas mayores. De la misma manera, se han escogido aleatoriamente participantes para ser incluidos en el estudio transversal de caracterización de la marcha en adultos mayores. Finalmente, la residencia de mayores de Sabote (Jaén), el Ayuntamiento de Villanueva del Arzobispo (Jaén), el Ayuntamiento de Huelva y Cruz Roja Huelva, el Balneario de San Andrés de Canena (Jaén) (que acoge estancias del Imsero), el centro deportivo ZEN de Úbeda (Jaén), la Asociación de fibromialgia de Jaén (AFIXA), el aula de mayores de Málaga, la asociación de mayores Galáctica de Málaga y el Ayuntamiento de Cazorla (Jaén), han mostrado su disposición y han empezado a colaborar con el proyecto ANDARED.

## **7. DESCRIPCIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO Y EQUIDAD EN TODO EL PROCESO, DESDE EL DISEÑO HASTA LA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.**

Debido a que la prevalencia de sobrepeso y obesidad, así como que los niveles de inactividad física son menores en población femenina, en este estudio se analizarán por franjas etarias las diferencias entre sexos y se determinará la brecha de género en movilidad, actividad física y salud y calidad de vida en personas adultas y mayores de España, implementándose propuestas específicas para impulsar la AF en mujeres. Además de ser éste un proyecto inclusivo, aborda de manera interesante y relevante la cohesión social y la equidad al incentivar la promoción de la práctica de AF de personas adultas y mayores, muchas veces excluidas de los programas públicos o privados locales, independientemente de la edad y el territorio donde se viva, ya que permite la autogestión de su programa de entrenamiento de manera sencilla y segura. La evaluación de los resultados permitirá establecer los valores de referencia de la marcha humana de personas adultas y mayores sobre la base de los pasos realizados y teniendo en cuenta la edad, el sexo y otros aspectos sociodemográficos como el lugar de residencia (entornos urbanos y rurales) que sea más o menos apto para estimular los desplazamientos activos, lo que nos dará un indicador muy interesante sobre la equidad en la cohesión territorial en materia de derechos de salud.

## **8. EVALUACIÓN DE PROCESO Y DE RESULTADOS: METODOLOGÍA, INDICADORES Y EL IMPACTO SOBRE LA SALUD DE LA POBLACIÓN DIANA.**

La identificación de estos aspectos: proceso llevado a cabo, resultados e indicadores de salud, los podemos observar de manera minuciosa y específica en los recientes artículos publicados en revistas internacionales con impacto JCR, y que avalan la trayectoria y línea de investigación ya consolidada de nuestro grupo de investigación en materia de actividad física salud y envejecimiento. A continuación, relatamos los más destacados:

- Párraga-Montilla, J. A., Pozuelo-Carrascosa, D. P., Carmona-Torres, J. M., Laredo-Aguilera, J. A., Cobo-Cuenca, A. I., & Latorre-Román, P. Á. (2021). Gait Performance as an Indicator of Cognitive Deficit in Older People. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3428.
- Párraga-Montilla, J. A., Aibar-Almazán, A., Cabrera-Linares, J. C., Lozano-Aguilera, E., Serrano Huete, V., Escarabajal Arrieta, M. D., & Latorre-Román, P. Á. (2021). A Randomized Controlled Trial Protocol to Test the Efficacy of a Dual-Task Multicomponent Exercise Program vs. a Simple Program on Cognitive and Fitness Performance in Elderly People. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6507.
- Keating, C. J., Cabrera-Linares, J. C., Párraga-Montilla, J. A., Latorre-Román, P. A., Del Castillo, R. M., & García-Pinillos, F. (2021). Influence of Resistance Training on Gait & Balance Parameters in Older Adults: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1759.
- Carmona-Torres, J. M., Cobo-Cuenca, A. I., Pozuelo-Carrascosa, D. P., Latorre-Román, P. Á., Párraga-Montilla, J. A., & Laredo-Aguilera, J. A. (2021). Physical activity, mental health and consumption of medications in pre-elderly people: the National Health Survey 2017. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), 1100.
- Latorre-Román, P. Á., Carmona-Torres, J. M., Cobo-Cuenca, A. I., & Laredo-Aguilera, J. A. (2020). Physical Activity, Ability to Walk, Weight Status, and Multimorbidity Levels in Older Spanish People: The National Health Survey (2009–2017). *International journal of environmental research and public health*, 17(12), 4333.

- Latorre Román, P. Á., Jiménez, M. M., Sánchez, J. S., González, P. C., Del Castillo, R. M., Sánchez, J. A. H., ... & Montilla, J. A. P. (2020). Complex Gait Is Related to Cognitive Functioning in Older People: A Cross-Sectional Study Providing an Innovative Test. *Gerontology*, 66(4), 401-408.
- Keating, C. J., Montilla, J. Á. P., Román, P. Á. L., & Del Castillo, R. M. (2020). Comparison of high-intensity interval training to moderate-intensity continuous training in older adults: a systematic review. *Journal of aging and physical activity*, 28(5), 798-807.
- Pozuelo-Carrascosa, D. P., Carmona-Torres, J. M., Laredo-Aguilera, J. A., Latorre-Román, P. Á., Párraga-Montilla, J. A., & Cobo-Cuenca, A. I. (2020). Effectiveness of respiratory muscle training for pulmonary function and walking ability in patients with stroke: a systematic review with meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*, 17(15), 5356.
- García-Pinillos, F., Laredo-Aguilera, J. A., Muñoz-Jiménez, M., & Latorre-Román, P. A. (2019). Effects of 12-week concurrent high-intensity interval strength and endurance training program on physical performance in healthy older people. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(5), 1445-1452.
- Laredo-Aguilera, J. A., Carmona-Torres, J. M., Cobo-Cuenca, A. I., García-Pinillos, F., & Latorre-Román, P. Á. (2019). Handgrip strength is associated with psychological functioning, mood and sleep in women over 65 years. *International journal of environmental research and public health*, 16(5), 873.
- Latorre-Román, P. A., Laredo-Aguilera, J. A., García-Pinillos, F., Soto-Hermoso, V. M., & Carmona-Torres, J. M. (2018). Physical activity, weight and functional limitations in elderly Spanish people: the National Health Survey (2009–2014). *The European Journal of Public Health*, 28(4), 778-783.
- Laredo-Aguilera, J. A., Carmona-Torres, J. M., García-Pinillos, F., & Latorre-Román, P. Á. (2018). Effects of a 10-week functional training programme on pain, mood state, depression, and sleep in healthy older adults. *Psychogeriatrics*, 18(4), 292-298.
- Latorre-Román, P. Á., Arévalo-Arévalo, J. M., & García-Pinillos, F. (2016). Association between leg strength and muscle cross-sectional area of the quadriceps femoris with the physical activity level in octogenarians. *Biomédica*, 36(2), 258-264.
- Garcia-Pinillos, F., Cozar-Barba, M., Munoz-Jimenez, M., Soto-Hermoso, V., & Latorre-Roman, P. (2016). Gait speed in older people: an easy test for detecting cognitive impairment, functional independence, and health state. *Psychogeriatrics*, 16(3), 165-171.
- Emilio, E. J. M. L., Hita-Contreras, F., Jiménez-Lara, P. M., Latorre-Román, P., & Martínez-Amat, A. (2014). The association of flexibility, balance, and lumbar strength with balance ability: risk of falls in older adults. *Journal of sports science & medicine*, 13(2), 349.
- Latorre Román, P., García-Pinillos, F., Herrador, J. H., Barba, M. C., & Jiménez, M. M. (2014). Relationship between sex, body composition, gait speed and body satisfaction in elderly people. *Nutricion hospitalaria*, 30(4), 851-857.

Todos estos trabajos ponen de manifiesto la importancia de la promoción de la AF en personas adultas y mayores y su relación con la salud física, psíquica y social. Además, también establecemos que la condición física y en particular el rendimiento en la marcha humana de personas adultas y mayores son importantes biomarcadores de salud y de autonomía personal. En el anexo 1 se exponen de manera más detallada algunos resultados obtenidos.

## **9. CONTINUIDAD Y SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO PREVISTA PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS, Y LA FINANCIACIÓN ECONÓMICA CON LA QUE SE CUENTA PARA DESARROLLARLOS.**

Este proyecto tiene vocación de continuidad, así como su concreción en actuaciones específicas de investigación y colaboración entre universidades, centros tecnológicos y tareas divulgativas. Hasta el día de hoy hemos tenido financiación de la Fundación CSIC, con 24000 euros (proyecto en marcha) y del Consejo Superior de Deportes con 8000 euros. Se ha presentado el proyecto a las subvenciones para investigación de la Fundación Mapfre y está en marcha una propuesta de solicitud al plan nacional y andaluz de investigación que permitan la continuidad del proyecto.

## **10. PLANTEAMIENTO INNOVADOR Y ORIGINAL.**

Andar es el recurso más simple, económico, sencillo, universal y que desde una perspectiva de salud pública se recomienda a las personas mayores para promocionar su salud. El desplazamiento a pie se asocia con un menor riesgo de enfermedad cardiovascular y por tanto las iniciativas para fomentar y apoyar los desplazamientos activos podrían reducir el riesgo de muerte y la carga de enfermedades crónicas (Celis-Morales, et al., 2017). Cada vez más en España como en muchos países de nuestro entorno, la despoblación de áreas rurales, la falta de servicios adecuados y la presencia de personas mayores que no pueden acceder a servicios profesionales que permitan aplicar un programa de AF saludable, unido también a la categorización de los mayores en diferentes grupos de capacidad funcional, convierte a la marcha en la AF más sencilla, versátil y adaptable a cualquier persona y entorno, sin la necesidad de la presencia de un profesional, sólo la de un asesor virtual que puede implementarse en un dispositivo portátil o *wearable*. En consonancia, las políticas de salud pública deberían promover la locomoción activa. Para ello, varios factores que influyen en la locomoción saludable, tales como: número de pasos, cadencia de pasos, longitud del paso, desnivel en la marcha, marcha con sobrecarga o marcha dual, deben especificarse de acuerdo con varias variables predictivas como: sexo, edad, composición corporal, IMC, nivel socioeconómico, accesibilidad de las ciudades, espacios verdes o instalaciones deportivas, para una mejor prescripción de la marcha. Por tanto, existe la necesidad de caracterizar la locomoción humana y relacionarla con la vida y la funcionalidad (Medina y Mancilla, 2014) de acuerdo a la realidad sanitaria, social y económica.

Estudios previos (Tudor et al., 2004, 2011, 2018), recomiendan incrementar 2.500 pasos sobre el número que habitualmente realiza un individuo al día para obtener repercusiones positivas sobre la salud y que las personas adultas que caminan por encima de los 12.500 pasos son "altamente activos". A su vez, > 100 pasos/min es un valor umbral de actividad ambulatoria de intensidad moderada. Sin embargo, como señalan Hall et al., (2020), la forma de la relación dosis-respuesta aún no está clara y actualmente faltan datos para identificar un umbral mínimo específico de recuentos de pasos diarios necesarios para obtener un beneficio general para la salud, y en este sentido, establecer las directrices adecuadas de prescripción. Por tanto, a pesar de estos beneficios emergentes de los pasos caminados para la salud pública, no hay suficientes pruebas para recomendar la cantidad de pasos diarios necesarios para la promoción de la salud (Hall, 2020).

Por tanto, la evaluación simple y objetiva de la marcha sería de gran beneficio para la monitorización general de la salud, siendo las medidas de la velocidad medida la marcha y el recuento de pasos diarios útiles para identificar rápidamente a los individuos, o incluso a las poblaciones, con una salud en declive, lo que facilita la intervención temprana y puede retrasar el aumento de los costos de atención médica y la disminución de la calidad de vida asociados con el envejecimiento y la fragilidad (Mobbs and Betteridge, 2020).

***Las preguntas que nos planteamos al respecto que justifican este estudio son:***

1. ¿El fomento de la marcha humana en personas adultas y mayores es un recurso eficaz para la promoción de la salud?
2. ¿Cuáles son los valores de referencia que determinan la marcha en personas mayores en cuanto a variables cinemáticas relacionadas con la salud y el envejecimiento: ¿Longitud del paso, número de pasos, variabilidad del paso, velocidad de la marcha y marcha compleja?
3. ¿Cuáles son las variables que determinan la eficacia de un plan de acondicionamiento basado en la marcha humana en la salud de personas mayores y cuál es su adecuada combinación: ¿volumen de pasos, frecuencia del paso, desnivel acumulado, marcha con sobrecarga o marcha dual?
4. ¿Son eficaces y motivantes los dispositivos portátiles para monitorizar la marcha humana?

Para responder a los anteriores interrogantes, en este proyecto, mediante el uso de asesores virtuales y varios dispositivos portátiles, se podrían implementar los criterios básicos de prescripción y control de una locomoción saludable, ampliando el concepto de desplazamientos inteligentes. Los asesores virtuales promoverán y supervisarán el desarrollo de programas de intervención donde la marcha desempeñará un papel esencial como medio preventivo y/o terapéutico. Esto permitiría al profesional de la salud, al ciudadano y a sus familiares conocer los hábitos de la AF diaria y otros parámetros de salud relacionados. Pero previamente es necesario, como señalan Medina y Mancilla (2014), caracterizar la marcha humana y relacionarla con la vida y la funcionalidad, en este caso con la población mayor de nuestro entorno, aspecto que a nuestro conocimiento aún no se ha llevado a cabo hoy en día.

El **carácter extraordinariamente innovador de este estudio** se desprende de la falta de estudios previos que hayan precisado los efectos concretos de la marcha en el estado ponderal, la capacidad funcional u otros efectos en el estado de salud de personas mayores, ya que previamente no se han establecido los elementos básicos de prescripción de la marcha relacionados con los componentes de la carga: volumen, intensidad, descanso, densidad de la carga y sobre todo los valores de referencia como por ejemplo el número de pasos diarios como punto de partida previo. En este sentido, a nuestro conocimiento no existen en España valores normativos de la marcha teniendo en cuenta la edad y el sexo, que permitan establecer percentiles poblacionales como punto de partida para la adecuada prescripción de la marcha y para la identificación de desórdenes asociados al envejecimiento. Finalmente, sería importante precisar estos elementos, determinando los criterios de prescripción que mejores resultados produzcan en el estado ponderal, la capacitación funcional, estado cognitivo y la salud general de esta población.

Además, la creación de una red multidisciplinar de investigadores posibilitaría el intercambio de experiencias y conocimientos para avanzar en este tópico de investigación y problema de salud pública como es el envejecimiento, la dependencia y la influencia de la AF, en particular de la locomoción activa.

Este proyecto se enmarca en dos líneas de actuación: trabajos de carácter demostrativo de viabilidad científico-técnica y pruebas de resultados de investigaciones previas en condiciones reales. Para su desarrollo trabajaremos con una gran muestra de personas mayores, lo que implicará la creación de una base de datos que nos permitirá establecer valores de referencia para esta población, ajustando por edad y sexo varios parámetros cinemáticos de la marcha, desarrollando un proceso de caracterización y prescripción de la marcha geriátrica y sentando las bases para el desarrollo como producto de una APP de locomoción geriátrica. El **aspecto innovador más tecnológico** del proyecto se basa en el uso de asesores virtuales o dispositivos portables, que permitirán monitorear, supervisar y orientar la salud de las personas mayores teniendo en cuenta la marcha humana.

Esa combinación de diferentes tecnologías para interactuar con el usuario hará que la comunicación sea más fácil, más simple, más amigable y más motivadora. Otro aspecto innovador sobresaliente es que estas actuaciones permitirán diseñar estrategias personalizadas

para la promoción de la salud, proporcionando soluciones individuales que promuevan la autonomía y motiven a la población hacia una cultura saludable. Incluiremos nuevos conocimientos sobre la predicción de la salud basada en la biomecánica de la locomoción como un predictor del riesgo de caídas y de otros diversos factores de riesgo músculo esqueléticos asociados con la condición física, el funcionamiento físico y cognitivo, etc. Además, implementaremos módulos para la predicción temprana de ciertas patologías y problemas asociados con el envejecimiento, lo que nos permitirá gestionar acciones específicas, que aumentará la calidad del *biofeedback* proporcionado por *wearables*, incorporando alertas y advertencias.

El desarrollo de tecnologías de evaluación biomecánica y fisiológica permite a los investigadores profundizar sus conocimientos en estos campos estudio. El uso de tecnologías portátiles para estudiar la presión plantar, la evaluación del corazón, el oxígeno periférico, el acelerómetro y la ubicación, hace posible hoy realizar análisis las 24 horas del día, los 7 días de la semana con un enfoque más fácil y ecológico que nunca.

Existen relativamente pocos estudios que utilicen sensores portátiles en locomoción con personas mayores y grupos de riesgo. Estudiar las interacciones entre variables en un entorno real medido con sensores confiables es una tendencia en la investigación biomecánica de hoy. En este sentido, los avances en las nuevas tecnologías, especialmente mediante la acelerometría representa un esperanzador método de vigilancia de los niveles de AF, a su vez, estos dispositivos presentan una amplia aplicación práctica (Hall et al., 2012). Aplicar este desarrollo tecnológico portable a la población en riesgo con problemas de salud se convierte en un deber para los investigadores en este campo. Finalmente, desarrollaremos una fase de intervención basada en la implementación de programas para la promoción de la locomoción activa. Esto nos permitirá validar científicamente el efecto de los programas de locomoción activa gestionados por los asesores virtuales sobre la salud de la población participante y especificar los criterios para la prescripción de la marcha en función de los componentes de la carga de trabajo (cadencia, números de pasos, frecuencia semanal, sobrecarga, desnivel, trabajo cognitivo).

### ***La relevancia y valor añadido de la propuesta.***

El desarrollo de este proyecto causará un gran impacto económico y social en el sector de la salud a través de un enfoque interdisciplinar (ciencias del deporte, biomedicina, biomecánica, ingeniería, psicosocial, etc.) para la mejora de la calidad de vida y la salud de las personas mayores a través de la locomoción activa. Teniendo en cuenta la transferencia de los resultados de la investigación, los asesores virtuales y *wearables* serán una herramienta para el monitoreo autónomo del nivel de AF en relación con la locomoción en personas mayores sanas, adaptándose de manera personalizada a las características de cada ciudadano, con retroalimentación biológica de la cinemática, parámetros bioestructurales y fisiológicos de la locomoción. Desde el punto de vista epidemiológico y evaluando la falta de valores de referencia para ilustrar la marcha de las personas adultas y mayores, los valores de percentiles pueden desempeñar un papel clave para el profesional sanitario y para entrenadores que operan con esta población para determinar los niveles de morbilidad sobre la base de los valores de referencia de los principales parámetros de la marcha: volumen de pasos, frecuencia de pasos, longitud y variabilidad del paso, etc. Las empresas en el campo del bienestar y la capacitación personal podrán monitorear a sus clientes y supervisar la capacitación. Y lo más importante, el Sistema Sanitario podrá especificar de manera más rigurosa la prescripción de la marcha, más allá del simple consejo: “usted ande”.

## **ANEXO 1**

### **RESUMEN DE LOS LOGROS OBTENIDOS Y ACTUACIONES LLEVADAS A CABO**

En esta fase del proyecto hemos podido abordar, teniendo en cuenta las limitaciones más adelante explicadas en relación con la Pandemia del COVID-19, una serie de hitos importantes en este proyecto.

#### **Hito 1.2: Configuración de la red: “Andared”, mediante plataforma web u otra red social.**

En el primer hito, se ha creado un conjunto de redes sociales tanto en Twitter, Instagram como Facebook para dar a conocer el proyecto, los resultados obtenidos y la comunicación con la sociedad. Recibiendo ya algunas visitas y planteando cuestiones de interés.

#### **Hito 2.1: Contacto con centros de mayores, balnearios, asociaciones de vecinos para aportar conocimiento y facilitar los estudios de investigación y transferencia**

A pesar de las limitaciones surgidas por los confinamientos y la reducción de movilidad, hemos establecidos ya los contactos más importantes para abordar los hitos más destacables del estudio, en concreto hemos establecidos contactos y respuestas de colaboración con:

- Universidad de Huelva.
- Universidad de Jaén, servicio de deportes.
- Universidad de Jaén, programa universitario de mayores.
- Universidad de Granada a través del IMUD.
- Universidad Pablo de Olavide (Sevilla)
- Ayuntamiento de Jaén.
- Asociación AFIXA.
- Asociación de vecinos “García Gutiérrez”, Chiclana de la Frontera (Cádiz)
- Centro de Participación activa de mayores de Úbeda.
- Ayuntamiento de Villargordo (Jaén).
- Universidad de Almería.
- Universidad de Málaga.
- Centro de mayores de Lebrija y Herrera (Sevilla)

#### **Hito 3.1: Contacto con centros de desarrollo tecnológico o desarrolladores que nos permitan configurar una base de datos y APP con asesoramiento virtual.**

Se ha contactado con el Instituto Mixto Universitario del Deporte (IMUD) y en particular con el laboratorio de biomecánica (IMUD) del parque tecnológico de la salud de la Universidad de Granada, expertos en asesores virtuales y han mostrado su predisposición para colaborar.

#### **Hito 3.2: Selección de *wearables* y APP.**

Tras un estudio piloto y ensayos de familiarización se seleccionaron los dispositivos electrónicos para llevar a cabo la toma de datos, en concreto se seleccionó la pulsera de actividad Xiaomi Mi band 4, así como los acelerómetros SenseWear y Actigraph y el medidor cardiaco BodyGuard.

#### **Hito 3.3. Familiarización con los recursos tecnológicos.**

Como dijimos anteriormente, se procedió previamente al proceso de validación con las pulseras de actividad y demás tecnología a un proceso de formación y familiarización en el uso de estos dispositivos a los becarios y colaboradores del proyecto que realizarán la toma de datos. Se

estableció un protocolo de configuración de los dispositivos, descarga de datos y gestión de la nube de datos,

### **Hito 3.3: Validación tecnología seleccionada**

Se ha procedido a la validación de la pulsera de actividad Xiaomi MiBand 4, tanto en los que se refiere al registro de pasos, frecuencia cardíaca y descanso nocturno, teniendo como Gold estándar para los pasos, el registro mediante video de los pasos efectuados y la referencia del acelerómetro Sense Wear; en relación con el suelo se empleó como Gold Estandar los sensores Sense Wear y Actigraph y en el registro de la frecuencia cardíaca el Boydy Guard. En el siguiente apartado se exponen los resultados más destacados.

### **Hito 4.1: Formación y familiarización con la tecnología y protocolo de análisis de la marcha humana**

Igualmente, los becarios y colaboradores del proyecto han sido formados en el uso de la tecnología empleada para el análisis de la marcha, en particular con el dispositivo óptico "OptoGait", el cual se ha empleado para el análisis del poder predictivo de diferentes parámetros de la marcha en la salud e independencia funcional de personas mayores y cuyos resultados han sido recientemente publicados. A su vez, el uso de esta tecnología se ha empleado en la primera fase del estudio piloto de intervención con un grupo experimental.

Hito 4.2. Selección de la muestra objeto de estudio.

Debido a las limitaciones por la pandemia del COVID-19, solo hemos podido acceder a una escasa muestra, seleccionada por conveniencia en los diferentes centros de contacto antes descritos, en particular del Ayuntamiento de Villargordo, Universidad Pablo de Olavide, programa universitario de mayores de la Universidad de Jaén, Centro de mayores de Utrera (Sevilla).

Hito 4.3: Registro de datos.

Se realizó la toma de datos de:

1. Rendimiento de la marcha geriátrica en relación con las variables predictores de la salud y la independencia funcional: velocidad de la marcha, longitud del paso, variabilidad de la marcha y marcha compleja
2. Para la validación de la pulsera de actividad.
3. Para el estudio transversal y el desarrollo de los valores de referencia
4. Una intervención con un grupo experimental y control.

Hito 4.4. Análisis de datos.

Se realizaron los análisis de datos de los correspondientes estudios anteriormente descritos con la estadística apropiada.

Hito 5.1. Diseño de programas.

Mediante un foro de discusión de los investigadores del estudio, atendiendo a un estudio piloto con población universitaria y analizando los datos ya obtenidos, se concretó el programa de intervención, con un mayor nivel de precisión y dentro de los siguientes parámetros:

Tabla 1. Programa de entrenamiento de la marcha.

<b>Grupos</b>	<b>Programa de entrenamiento de la marcha</b>
Grupo experimental 1	Camina a una velocidad autoseleccionada con bajo desnivel acumulado
Grupo experimental 2	Camina aumentando la cadencia de pasos <b>en un 20%</b>
Grupo experimental 3	Camina a una velocidad autoseleccionada con una sobrecarga del <b>5% del</b> peso corporal
Grupo experimental 4	Camina a una velocidad autoseleccionada con tarea cognitiva
Grupo experimental 5	Camina a una velocidad autoseleccionada con alto desnivel acumulado
Grupo de control	No realiza actividad física organizada

#### **Hito 5.4. Intervención.**

Se ha llevado a cabo el registro pretest y posttest del grupo control genérico y el de un grupo experimental, en concreto el de marcha con lastre del 5% del peso corporal.

#### **Resultados alcanzados en relación con cada uno de los objetivos e hitos propuestos en el plan de trabajo inicial**

##### **En relación con los objetivos:**

1.Realizar encuentros de intercambio de experiencias de trabajo e iniciativas de colaboración entre diferentes instituciones.
2.Protocolizar acciones de transferencia del conocimiento a entidades y asociaciones que trabajen con personas mayores.

Se han realizado varias acciones de transferencia del conocimiento tanto en congresos, reuniones científicas como en publicaciones internacionales y que se reflejan de manera más precisa en el apartado de Divulgación.

#### **1. Adaptar y validar dispositivos portátiles o wearables para el análisis y seguimiento de la marcha humana.**

A continuación, se describen los resultados obtenidos del proceso de validación de la pulsera de actividad Xiaomi Miband 4 (MB4) como instrumento esencial para la toma de datos de este proyecto.

##### **Participantes**

Para este estudio han participado 52 sujetos de una media de edad de 34,30±16,40 años, un 42,3% mujeres, seleccionados por conveniencia entre alumnado universitario, deportistas y conocidos. Para la validación de la pulsera de Xiaomi en relación con el recuento de pasos se emplearon dos métodos de análisis:

- 1) Comparación con un acelerómetro estándar empleado de manera habitual en la investigación relacionada con el análisis de los niveles de actividad física, nos estamos refiriendo al acelerómetro y monitor metabólico SernseWear. Todo ello en un protocolo de pasos especialmente diseñado para este estudio y consistió en:
  - a. Registro de pasos durante 24 horas
  - b. Registro de pasos mediante la referencia de un metrónomo que instalado en el teléfono móvil del participante marcaba diferentes secuencias de ritmos que se ejecutaron durante 5 minutos cada una: 70-90-110-130 pasos por minuto y finalmente una subida y bajada de 100 peldaños de escalera.
  - c. La comparación de los pasos registrados por la pulsera en relación con el recuento

obtenido mediante grabación de video.

2) Comparación del registro de la frecuencia cardiaca de la pulsera MB4 con los registrados por el monitor cardiaco Firsts Beat BodyGuard (FB), durante un registro en reposo y el protocolo antes descrito de marcha.

3) Registro nocturno del sueño nocturno comparando pulsera de actividad Xiaomi y dos *Gold Standard* como son el monitor *SenseWear* y el sensor *Actigraph*.

En la tabla 1 y 2 y figura 1 se pueden observar los estadísticos de validación del número de pasos. La pulsera MB4 muestra unos valores adecuados de validez convergente con el monitor *SenseWear* durante el registro de 24h, a velocidades medias y su viendo escaleras. Cuando se compara con el valor de referencia la pulsera MB4 muestra una mejor precisión sobre todo a velocidades bajas y medias que el monitor *SenseWear*. Además, en la figura 2 se muestran los gráficos de dispersión de los pasos registrados por la pulsera MB4 y *SenseWear* durante las 24h (Izquierda) y a 90 pasos por minuto (derecha), obteniendo se unos valores  $R^2=0,669$ , de importante a moderado  $R^2=0,354$  respectivamente. Igualmente, otros estudios previos<sup>1,2</sup> con las versiones anteriores a MB4 confieren a este dispositivo adecuada validez para el recuento de pasos en actividades de la vida diaria. Se obtiene un coeficiente de correlación Pearson entre MB4 y el conteo de pasos en marcha confortable de  $r=0,665$ ,  $p<0,001$  y en la marcha rápida de  $r=0,759$ ,  $p<0,001$  y un CCI respetivamente de 0,791 (0,619-0,885),  $p<0,001$  y 0,862 (0,749-0,924),  $p<0,001$ . La figura 3 muestra los gráficos Bland-Altman entre el registro de pasos de la pulsera MB4 y el *SenseWear* a diferentes velocidades

En la tabla 3 se pueden observar los estadísticos de validación de la frecuencia cardiaca. La pulsera MB4 muestra unos valores importantes de validez convergente con el monitor *FB Body Guard* durante el registro en reposo, subiendo y bajando escaleras y en todas las velocidades registradas. Además, en la figura 4 se muestran los Gráficos de dispersión de la frecuencia cardiaca registrada por la pulsera MB4 y el sensor cardiaco FB durante (de arriba abajo y de izquierda a derecha): reposo, marcha a 70-90-110-130 pasos por minuto y subiendo y bajando 100 escaleras. En la figura 5. Gráficos Bland-Altman entre el registro del pulso entre la pulsera MB4 y el FB a diferentes velocidades. Por tanto y de acuerdo a un estudio previo realizado con población mayor<sup>3</sup>, en este caso con la pulsera *Xiaomi MB3*, podemos decir que el sensor óptico de frecuencia cardíaca empleado en esta pulsera generalmente produce lecturas precisas de la frecuencia cardíaca independientemente de la edad del usuario.

Finalmente, en la figura 6 se muestra la validez convergente durante el registro del sueño nocturno entre la pulsera MB4, y los sensores *Actigraph* y *SenseWear*, obteniéndose óptimos valores de validez convergente.

Tabla 1. Estadísticos de validación de los pasos registrados mediante la comparativa entre los monitores *SenseWear* y la pulsera *Xiaomi MB4*.

	<b>SenseWear Media (DT)</b>	<b>MB4 Media (DT)</b>	<b>p-valor</b>	<b>d-Cohen</b>	<b>Coefficiente de correlación Pearson</b>	<b>CCI (Intervalo de confianza)</b>	<b>p-valor</b>	<b>SEM</b>
24 horas	13536,11 (5020,98)	14460,38 (5309,96)	0,095	0,178	0,818***	0,899 (0,798-0,950)	<0,001	995,31
70 pasos por minuto	61,62 (10,04)	69,41 (12,33)	0,007	0,692	0,340	0,500 (-0,157-0,784)	0,052	9,81
90 pasos por minuto	83,88 (12,67)	91,63 (4,64)	<0,001	0,812	0,595***	0,556 (0,128-0,773)	0,009	2,69
110 pasos por minuto	107,84 (5,19)	109,90 (2,45)	0,022	0,507	0,349*	0,425 (-0,165-0,716)	0,061	1,70
130 pasos por minuto	121,73 (8,25)	119,81 (7,59)	0,454	0,242	-0,057	-0,121 (-1,762-0,545)	0,599	14,28
200 pasos en escalera	194,73 (28,25)	204,63 (24,19)	0,081	0,376	0,356*	0,521 (-0,007-0,772)	0,026	20,72

\* $p < 0,05$ , \*\*\* $p < 0,001$ . SEM: error estándar de la medida.

Tabla 2. Estadísticos de ajuste del número de pasos mediante la Prueba T para una muestra en relación con los pasos de referencia.

Pasos de referencia	SenseWear Diferencia de medias/p-valor	MB4 Diferencia de medias/p-valor
70 pasos por minuto	-8,375/<0,001	-0,583/0,819
90 pasos por minuto	-6,111/0,007	1,638/0,042
110 pasos por minuto	-2,151/0,024	-0,117/0,779
130 pasos por minuto	-8,261/<0,001	-10,182/<0,001
200 pasos en escalera	-6,781/0,196	4,633/0,303

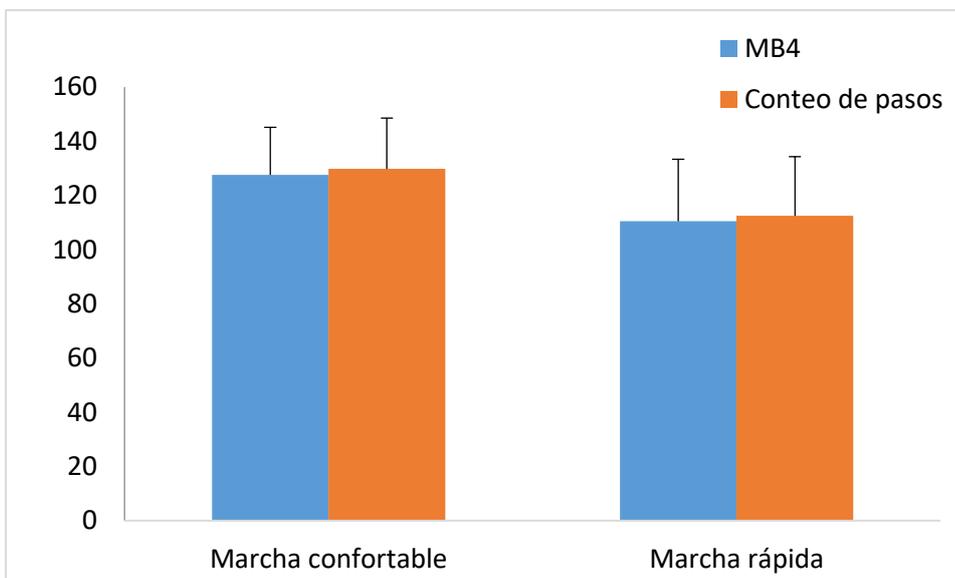


Figura 1. Diferencias entre el conteo con videocámara de los pasos realizados y los registrados por la pulsera MB4 en marcha confortable y rápida.

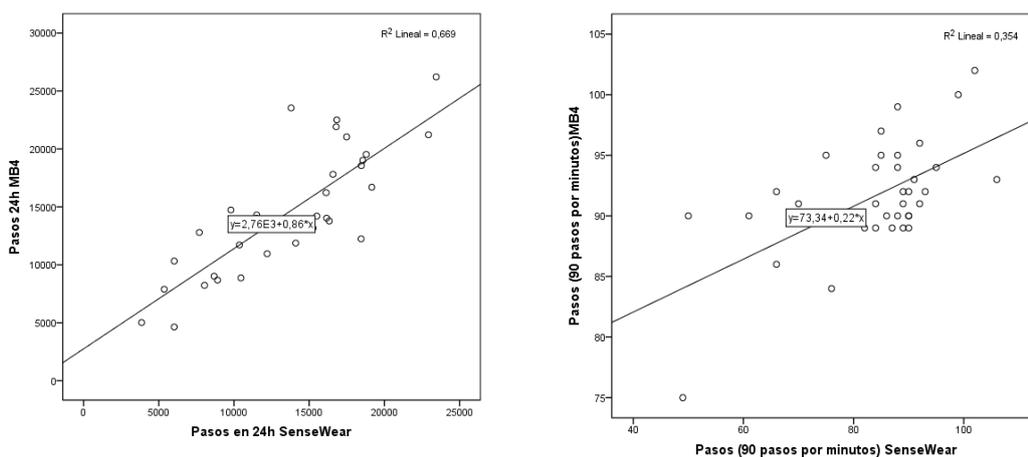


Figura 2 Gráficos de dispersión de los pasos registrados por la pulsera MB4 y SenseWear durante las 24h (Izquierda) y a 90 pasos por minuto (derecha).

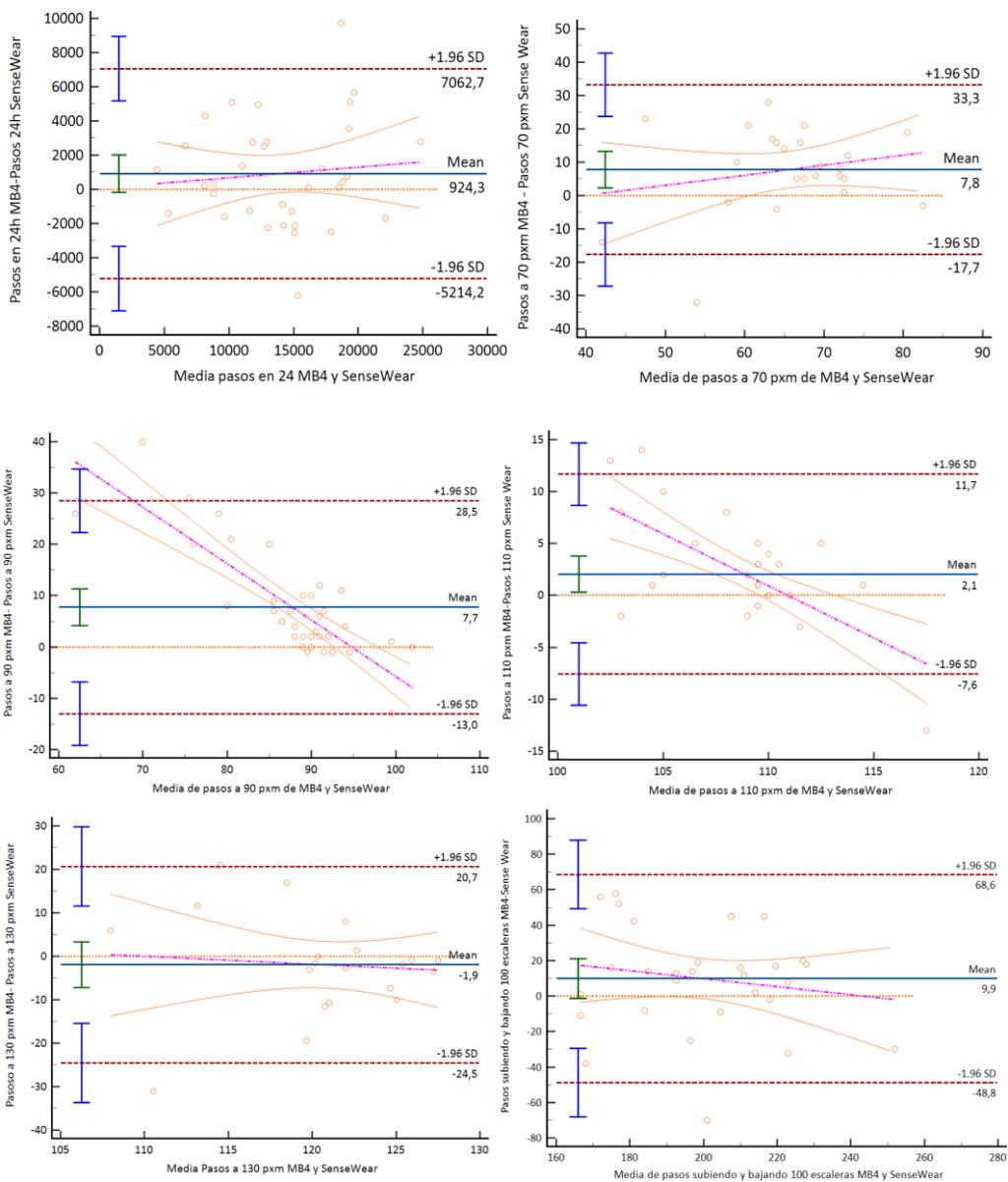


Figura 3. Gráficos Bland-Altman entre el registro de pasos de la pulsera MB4 y el Sense Wear a diferentes velocidades.

Tabla 3. Estadísticos de validación de los pasos registrados mediante la comparativa entre los monitores *FB BodyGuards* y la pulsera *Xiaomi MB4*

	<b>FB Media (DT)</b>	<b>MB4 Media (DT)</b>	<b>p- valor</b>	<b>d- Cohen</b>	<b>Coefficiente de correlación Pearson</b>	<b>CCI (Intervalo de confianza)</b>	<b>p-valor</b>	<b>SEM</b>
<b>FC (pulsaciones por minuto) en reposo</b>	75,68 (12,31)	75,18 (6,94)	0,768	0,050	0,702***	0,751 (0,469- 0,883)	<0,001	4,45
<b>FC (pulsaciones por minuto) 70 pasos por minuto</b>	90,68 (18,31)	94,87 (10,29)	0,054	0,282	0,797***	0,810 (0,612- 0,907)	<0,001	5,16
<b>FC (pulsaciones por minuto) 90 pasos por minuto</b>	91,62 (20,05)	98,58 (13,38)	0,005	0,408	0,750***	0,825 (0,646- 0,914)	<0,001	1,22
<b>FC (pulsaciones por minuto) 110 pasos por minuto</b>	97,56 (19,75)	102,73 (14,40)	0,043	0,299	0,688***	0,792 (0,583- 0,896)	<0,001	1,57
<b>FC (pulsaciones por minuto) 130 pasos por minuto</b>	108,30 (18,23)	106,42 (22,35)	0,513	0,092	0,715***	0,824 (0,635- 0,915)	<0,001	1,45
<b>FC (pulsaciones por minuto) 200 pasos en escalera</b>	105,48 (20,30)	98,62 (12,94)	0,053	0,402	0,468**	0,596 (0,139- 0,810)	0,010	4,16

\*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001,

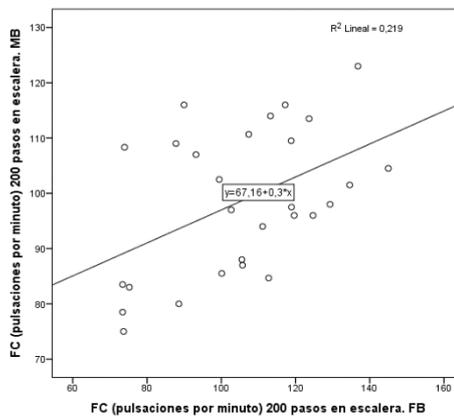
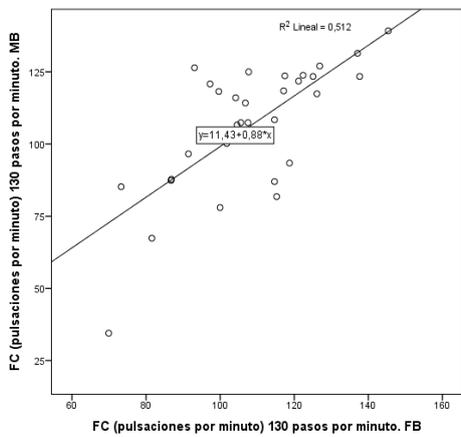
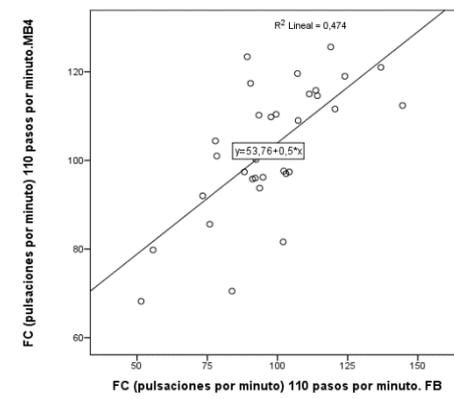
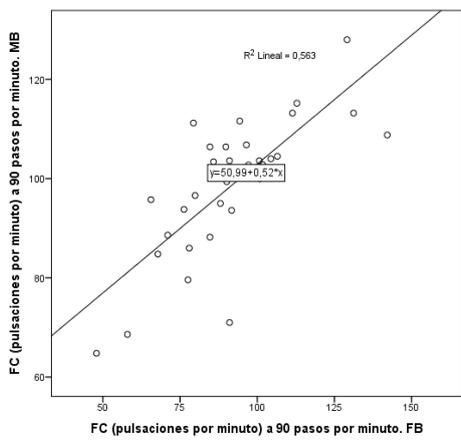
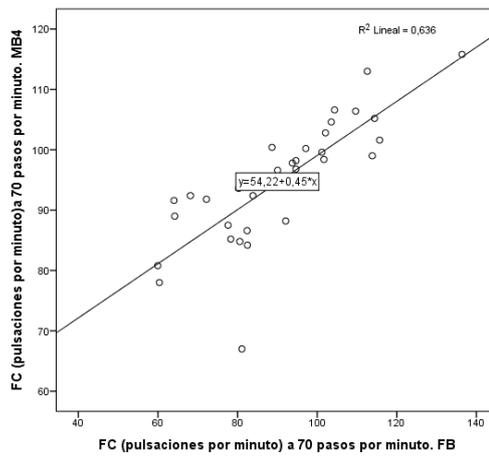
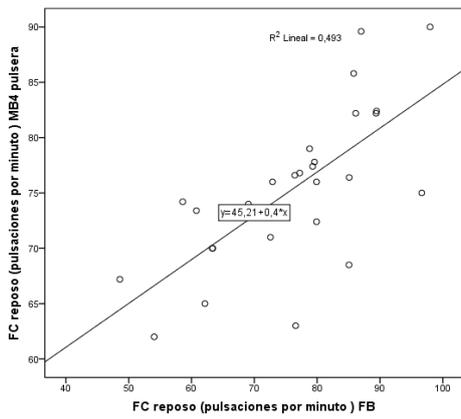


Figura 4 Gráficos de dispersión de la frecuencia cardiaca registrada por la pulsera MB4 y el sensor cardiaco FB durante (de arriba abajo y de izquierda a derecha): reposo, marcha a 70-90-110-130 pasos por minuto y subiendo y bajando 100 escaleras.

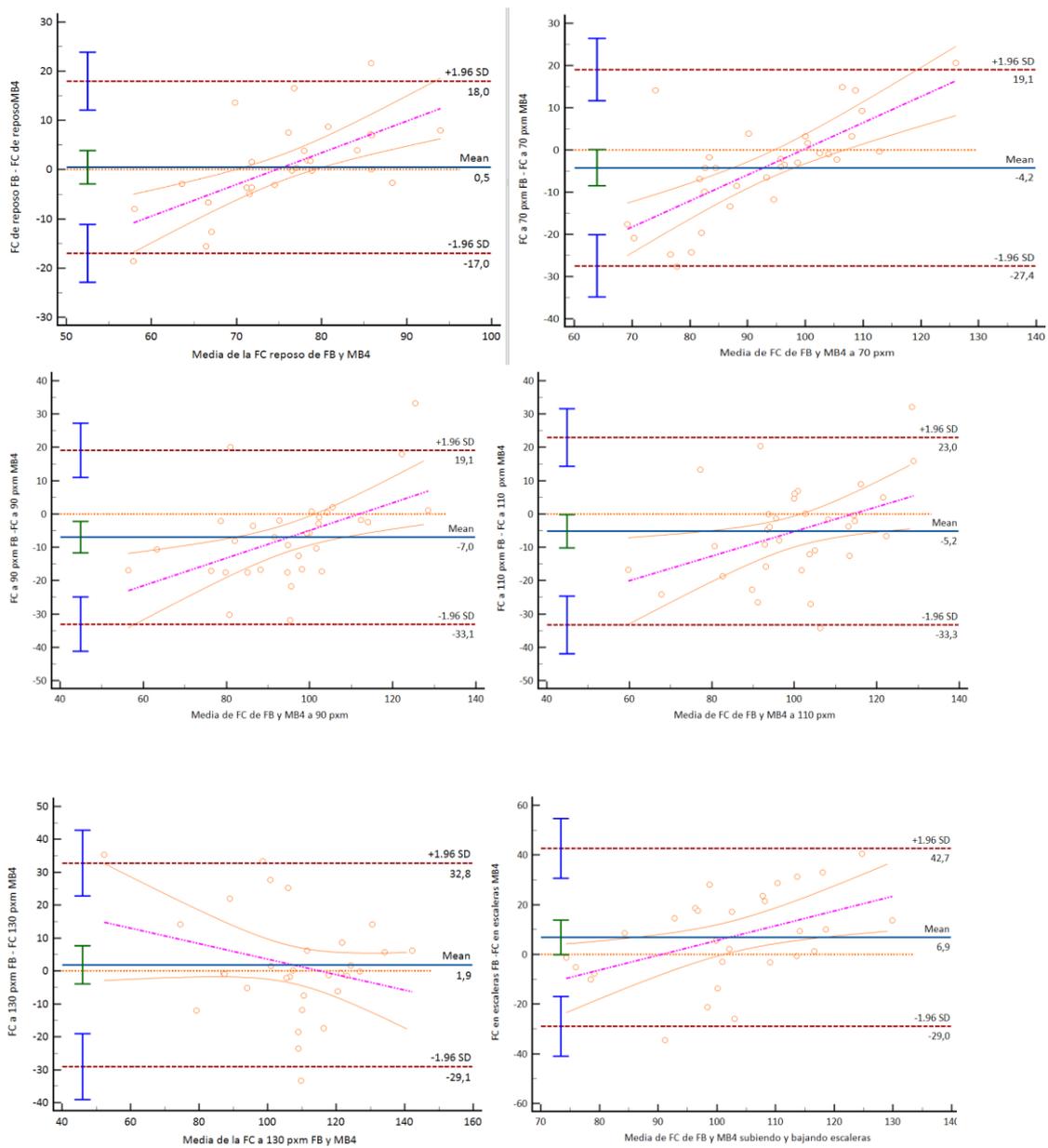


Figura 5. Gráficos Bland-Altman entre el registro del pulso entre la pulsera MB4 y el FB a diferentes velocidades.

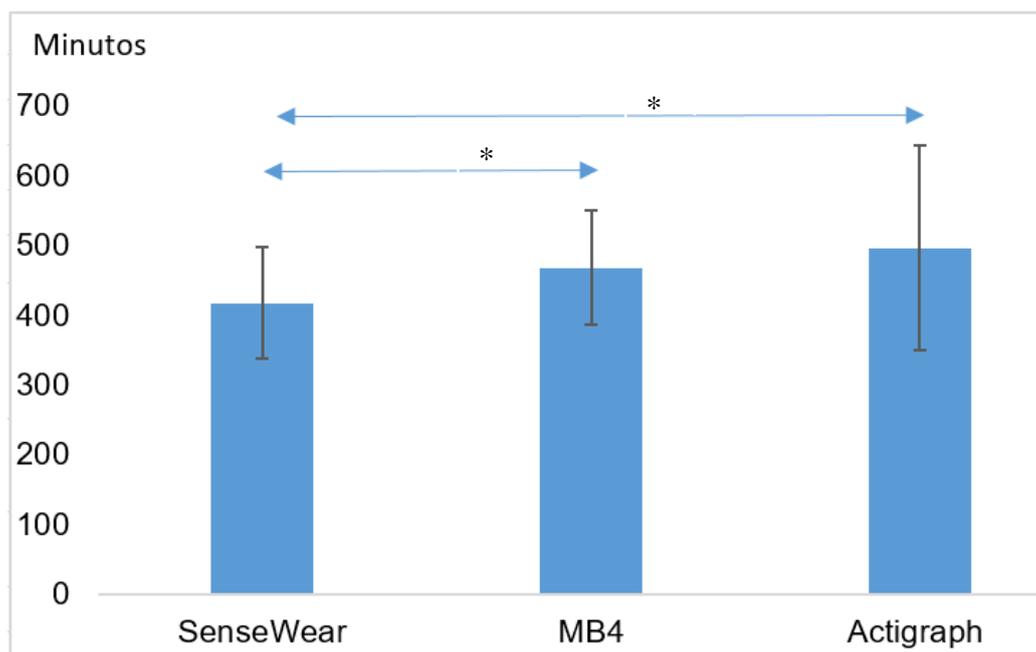


Figura 6. Diferencias entre los diferentes sensores nocturnos en el registro de tiempo de sueño en minutos. \* $p < 0,05$ .

En el análisis de confiabilidad se obtienen los siguientes resultados, un coeficiente de correlación Pearson  $r = 0.599$ ,  $p < 0.001$  y un CCI = 0,749 (0,492-0,876),  $p < 0.001$  para la relación entre MB4 y *SenseWear*. Un coeficiente de correlación Pearson  $r = 0.311$ ,  $p = 0.083$ , con un CCI = 0.412 (-0.204-0.713),  $p = 0.072$  para la relación MB4 y *Actigraph*.

### Estudio transversal

Debido a las circunstancias acaecidas con la pandemia del COVID-19, el registro de los datos del estudio transversal se ha visto limitado para no incluir un sesgo en los datos por las circunstancias excepcionales. En todo caso, y una vez que las condiciones sanitarias habían mejorado y acabado el Estado de Alarma, hemos podido obtener una muestra piloto de 56 participantes, de varias comarcas de Andalucía. En la tabla 4 se observa que apenas existen diferencias significativas en las diferentes variables analizadas: número de pasos semanales, frecuencia cardíaca, salud, sueño. Sólo los parámetros antropométricos como peso, talla y circunferencia de cadera, mayores en hombres i salud mental, menor en mujeres, arrojan diferencias significativas. En la tabla 5 se expone el análisis de correlación Pearson de las diferentes variables analizadas. Es de destacar que la edad correlaciona de manera significativa con el rendimiento en el test del trazo, a mayor edad se observa peor puntuación. A su vez los pasos promedio correlacionan de manera significativa con la salud física y de manera negativa con la FC nocturna, esta variable se asocia también de manera significativa inversa con la salud física.

Tabla 4. Resultados del estudio transversal

Variables	Hombres (31)		Mujeres (25)		p-valor	d-Cohen
	Media	SD	Media	SD		
Edad (Años)	64,160	7,543	68,677	10,150	0,070	0,504
Talla (cm)	170,360	5,634	159,806	6,478	<0,001	-1,746
Peso (Kg)	81,820	13,267	68,868	10,074	<0,001	-1,105
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	28,146	4,073	26,973	3,563	0,191	-0,307
Cadera (cm)	104,480	16,791	93,400	10,663	0,002	-0,782
TS (mmHg)	133,929	14,435	130,235	15,615	0,303	-0,245
TD (mmHg)	78,214	11,703	74,882	12,504	0,650	-0,275
Pasos promedio diarios	10759,303	4868,477	9822,036	4221,008	0,654	-0,205
Salud física (50)	47,254	8,826	46,534	11,632	0,972	-0,069
Salud mental (50)	53,330	7,866	49,242	8,571	0,051	-0,497
Trazo A (segundos)	59,300	39,637	65,508	36,082	0,951	0,163
Trazo B(segundos)	103,876	68,241	163,539	94,552	0,121	0,163
FC diurna (pulsaciones por minuto)	79,497	4,751	81,619	4,830	0,060	0,444
FC nocturna (pulsaciones por minuto)	66,669	7,185	68,946	5,699	0,148	0,350
Profundo(minutos)	79,360	26,420	83,502	41,170	0,500	0,119
Ligero(minutos)	362,680	68,811	359,847	66,740	0,740	-0,041
Sueño total(minutos)	442,040	74,876	443,350	64,196	0,984	0,018
Despierto (minutos)	20,771	16,026	14,594	13,219	0,044	-0,420

Tabla 5. Correlación Pearson entre las diferentes variables analizadas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R	S
Edad (A)	1	-0,183	-0,037	0,076	0,125	0,264	-0,265	-0,241	-0,123	0,054	0,513**	0,501*	-0,125	-0,088	-0,124	0,094	0,028	0,201
Talla (B)		1	0,593**	0,050	0,312*	0,159	0,041	-0,072	0,185	0,210	-0,220	-0,364	-0,248	-0,149	-0,016	-0,061	-0,069	0,132
Peso (C)			1	0,830**	0,746**	0,291	-0,029	-0,123	0,163	-0,072	-0,053	-0,208	-0,351**	0,017	-0,173	0,123	0,032	0,307*
IMC (D)				1	0,710**	0,272	-0,039	-0,093	0,086	-0,232	0,118	0,028	-0,267**	0,113	-0,206	0,183	0,074	0,286*
Circunferencia cadera (E)					1	0,35	-0,010	-0,158	0,222	0,040	0,291	0,006	-0,170	0,016	-0,115	0,192	0,130	0,200
TS (F)						1	0,633**	0,081	0,236	-0,106	-0,083	-0,071	-0,031	-0,096	0,123	0,093	0,156	-0,094
TD (G)							1	0,580**	0,352	-0,127	-0,461	-0,265	-0,205	-0,227	0,227	0,095	0,215	-0,234
Pasos promedio (H)								1	0,307*	0,045	-0,297	-0,123	-0,273	-0,275*	-0,070	-0,035	-0,069	-0,059
Salud Física (I)									1	-0,131	-0,272	-0,298	-0,023	-0,290**	0,131	-0,234	-0,162	-0,256
Salud mental (J)										1	-0,330	-0,379	-0,106	-0,206	0,101	-0,133	-0,078	0,142
Trazo a (K)											1	0,835**	-0,269	0,228	-0,290	0,165	0,005	-0,044
Trazo b (L)												1	-0,180	0,041	-0,255	0,012	-0,119	-0,104
FC diurna (M)													1	0,183	0,019	0,101	0,109	-0,110
FC nocturna (N)														1	-0,137	0,189	0,125	0,122
Sueño profundo (O)															1	-0,220	0,297*	-0,253
Sueño ligero (P)																1	0,866**	0,076
Promedio sueño (R)																	1	-0,056
Tiempo despierto (S)																		1

\*p<0,05, \*\*p<0,01

## Divulgación

Se ha presentado una ponencia y varias comunicaciones al VIII Congreso Internacional de actividad físico deportivo para mayores. Málaga, 14 de noviembre del 2020.



Figura 7. Ponencia congreso para mayores. Málaga noviembre 2020.



Figura 8. Comunicaciones congreso para mayores. Málaga noviembre 2020.

También se presentaron diversas comunicaciones al Congreso Internacional de Rendimiento deportivo, Actividad Física y Salud y Experiencias Educativas en Educación Física celebrado en el mes de abril del 2021 en la Universidad de Jaén y publicado en el libro de actas:



Figura 9. Certificados de comunicaciones presentadas.



Figura 10. Publicación en el libro de actas.



Figura 11. Otras comunicaciones a congresos

## Comunicados de prensa

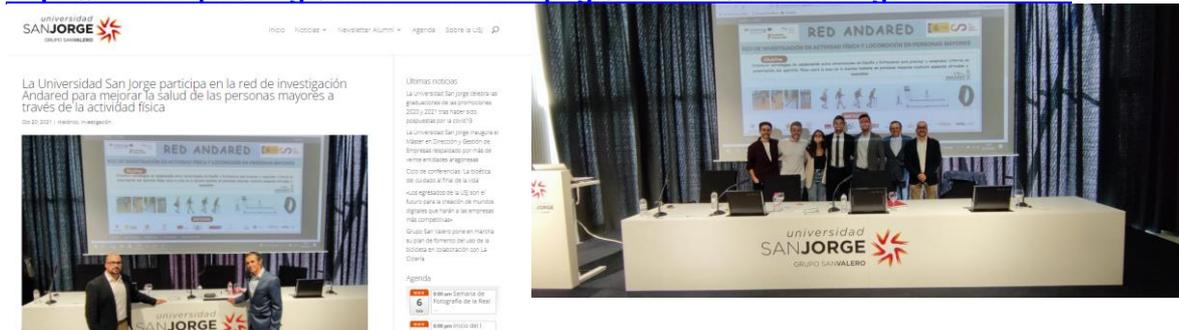
- **En la Universidad de Jaén**

<https://diariodigital.ujaen.es/investigacion-y-transferencia/la-red-de-investigacion-andared-profundiza-en-la-importancia-de>



- **Comunicado de la reunión en la Universidad de San Jorge (Zaragoza)**

<https://www.usj.es/blogs/universidad-san-jorge/historico/red-investigacion-andared>



- **Comunicado de la Universidad de Granada**

<https://canal.ugr.es/noticia/investigadores-de-la-ugr-trabajan-en-una-red-internacional-de-universidades-para-promocionar-los-paseos-como-habito-saludable-en-personas-mayores/>



- **Comunicado de la Universidad de los Lagos (Chile)**

<https://www.ulagos.cl/2021/10/red-de-investigadores-en-ciencias-del-deporte-andared-asegura-que-el-ejercicio-mejora-la-calidad-de-vida-de-personas-mayores/>

The screenshot shows the header of the ANDARED website with navigation links: Inicio, Admisión, Estudiantes, Investigación y Progreso, Vinculación con el Medio, Relaciones Institucionales, and a logo for '5 años de investigación científica'. The main heading reads 'Red de Investigadores en Ciencias del Deporte ANDARED asegura que el ejercicio mejora la calidad de vida'. Below this, there is a section titled 'Campaña Osimo' and a list of news items with circular icons.

● **Comunicados diversos en prensa y web especializadas universitarias**

This is a screenshot of a Nova Ciencia article. The title is 'ANDARED, coordinada por la UJA, profundiza en la importancia de que los mayores caminen'. The article features a photograph of four people standing outdoors. The text discusses the importance of walking for older adults and mentions the involvement of the UJA (Universidad de Jujuy) in coordinating the ANDARED network.

This is a screenshot of an article from the UJA website. The title is 'La UJA coordina la red de investigación Andared, que profundiza en la importancia de caminar en personas mayores'. The article includes a photograph of the research team and text explaining the goals of the ANDARED network, which focuses on physical activity and locomotion in older people.

This is a screenshot of an article from Aula Magna. The title is 'Andared, una red universitaria para investigar los paseos como hábito saludable en personas mayores'. The article features a photograph of a person's feet walking on a wooden path. The text describes the ANDARED network as a university-based initiative to study walking as a healthy habit for the elderly.

● **Presentación de la red en la noche de los investigadores de la Universidad de Huelva y actividad divulgativa con personas mayores.**



## Creación del 1 Simposio Andared

[https://eventos.ujaen.es/71011/detail/simposium-internacional-red-de-investigacion-andared - actividad-fisica-y-locomocion-en-personas-may.html](https://eventos.ujaen.es/71011/detail/simposium-internacional-red-de-investigacion-andared-actividad-fisica-y-locomocion-en-personas-may.html)

En el cual han participado un total de 134 asistentes de diferentes países (España, Cuba, Perú, Argentina, Chile) y 2 ponentes extranjeros. En este evento se han discutido asuntos muy relevantes sobre el envejecimiento activo, la locomoción como biomarcador de salud y establecido estrategias de colaboración.



## 11.REFERENCIAS

- Abdallat, R., Sharouf, F., Button, K., & Al-Amri, M. (2020). Dual-Task Effects on Performance of Gait and Balance in People with Knee Pain: A Systematic Scoping Review. *Journal of Clinical Medicine*. <https://doi.org/10.3390/jcm9051554>
- Bergen, G., Stevens, M. R., & Burns, E. R. (2016). Falls and Fall Injuries Among Adults Aged ≥65 Years — United States, 2014. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6537a2>
- Bessot, N., Polyte, R., Quesney, M., Bulla, J., & Gauthier, A. (2020). Diurnal gait fluctuations in single- and dual- task conditions. *Chronobiology International*. <https://doi.org/10.1080/07420528.2020.1773493>
- Burton, E., Hill, K. D., Lautenschlager, N. T., Thøgersen-Ntoumani, C., Lewin, G., Boyle, E., & Howie, E. (2018). Reliability and validity of two fitness tracker devices in the laboratory and home environment for older community-dwelling people. *BMC Geriatrics*, 18(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12877-018-0793-4>
- Carratalá Tejada, M., Borrega Canelo, L., & Miangolarra, J. C. (2020). *Desarrollo y maduración de la marcha en las diferentes etapas de la vida* (M. Carratalá (ed.); 1st ed., pp. 51–61). Editorial Médica Panamericana.
- De Cock, A. M., Fransen, E., Perkisas, S., Verhoeven, V., Beauchet, O., Remmen, R., & Vandewoude, M. (2017). Gait characteristics under different walking conditions: Association with the presence of cognitive impairment in community-dwelling older people. *PLoS ONE*, 12(6), e0178566. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178566>
- Degroote, L., Hamerlinck, G., Poels, K., Maher, C., Crombez, G., Bourdeaudhuij, I. De, Vandendriessche, A., Curtis, R. G., & DeSmet, A. (2020). Low-Cost consumer-based trackers to measure physical activity and sleep duration among adults in free-living conditions: Validation study. *JMIR MHealth and UHealth*. <https://doi.org/10.2196/16674>
- El-Amrawy, F., & Nounou, M. I. (2015). Are currently available wearable devices for activity tracking and heart rate monitoring accurate, precise, and medically beneficial? *Healthcare Informatics Research*. <https://doi.org/10.4258/hir.2015.21.4.315>
- Enright, P. L., McBurnie, M. A., Bittner, V., Tracy, R. P., McNamara, R., Arnold, A., & Newman, A. B. (2003). The 6-min Walk Test\*. *Chest*, 123(2), 387–398. <https://doi.org/10.1378/chest.123.2.387>
- Guillet, C., & Boirie, Y. (2005). Insulin resistance: a contributing factor to age-related muscle mass loss? *Diabetes & Metabolism*, 31, 5S20-5S26.
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *The Lancet Global Health*. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7)
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U., Alkandari, J. R., Bauman, A. E., Blair, S. N., Brownson, R. C., Craig, C. L., Goenka, S., Heath, G. W., Inoue, S., Kahlmeier, S., Katzmarzyk, P. T., Kohl, H. W., Lambert, E. V., Lee, I. M., ... Wells, J. C. (2012). Global physical activity levels: Surveillance progress, pitfalls, and prospects. In *The Lancet*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60646-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60646-1)
- Hausdorff, J. M. (2005). Gait variability: methods, modeling and meaning. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 2(1), 1–9.
- Heath, G. W., Parra, D. C., Sarmiento, O. L., Andersen, L. B., Owen, N., Goenka, S., Montes, F., Brownson, R. C., Alkandari, J. R., Bauman, A. E., Blair, S. N., Bull, F. C., Craig, C. L., Ekelund, U., Guthold, R., Hallal, P. C., Haskell, W. L., Inoue, S., Kahlmeier, S., ... Wells, J. C. (2012). Evidence-based intervention in physical activity: Lessons from around the world. In *The Lancet*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60816-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60816-2)
- Jarchi, D., Pope, J., Lee, T. K. M., Tamjidi, L., Mirzaei, A., & Sanei, S. (2018). A review on accelerometry-based gait analysis and emerging clinical applications. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 11, 177–194.
- Kikkert, L. H. J., Vuillerme, N., van Campen, J. P., Hortobágyi, T., & Lamoth, C. J. (2016). Walking ability to predict future cognitive decline in old adults: A scoping review. *Ageing Research Reviews*, 27, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2016.02.001>
- Latorre Román, P. Á., Muñoz Jiménez, M., Salas Sánchez, J., Consuegra González, P., Moreno Del Castillo, R., Herrador Sánchez, J. A., López Ivanco, M. D. A., Linares Jiménez, C., Navas Morales, J. F., & Párraga Montilla, J. A. (2020). Complex gait is related to cognitive functioning in older people: A cross-sectional study providing an innovative test. *Gerontology*. <https://doi.org/10.1159/000508245>

- Lopez, G. A., Brønd, J. C., Andersen, L. B., Dencker, M., & Arvidsson, D. (2018). Validation of SenseWear Armband in children, adolescents, and adults. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. <https://doi.org/10.1111/sms.12920>
- Mirelman, A., Maidan, I., Herman, T., Deutsch, J. E., Giladi, N., & Hausdorff, J. M. (2011). Virtual reality for gait training: Can it induce motor learning to enhance complex walking and reduce fall risk in patients with Parkinson's disease? *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*. <https://doi.org/10.1093/gerona/glq201>
- Monge Pereira, E., Fernández González, P., & Cuesta Gómez, A. (2020). Ciclo de la marcha: fases y parámetros espaciotemporales. In *La Marcha Humana: Biomecánica, Evaluación y Patología* (Médica Pan, pp. 13–24).
- Montero-Odasso, M., Sarquis-Adamson, Y., Kamkar, N., Pieruccini-Faria, F., Bray, N., Cullen, S., Mahon, J., Titus, J., Camicioli, R., Borrie, M. J., Bherer, L., & Speechley, M. (2020). Dual-task gait speed assessments with an electronic walkway and a stopwatch in older adults. A reliability study. *Experimental Gerontology*. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111102>
- Montero-Odasso, Manuel, Muir, S. W., & Speechley, M. (2012). Dual-task complexity affects gait in people with mild cognitive impairment: The interplay between gait variability, dual tasking, and risk of falls. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.08.026>
- Motl, R. W., & McAuley, E. (2010). Physical activity, disability, and quality of life in older adults. In *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* (Vol. 21, Issue 2, pp. 299–308). <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2009.12.006>
- Nelson, M., Rejeski, W., Blair, S., Duncan, P., Judge, J., King, A., Macera, C., & Castaneda-Sceppa, C. (2007). Physical Activity and Public Health in Older Adults: Recommendation From the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116.
- Parak, J., & Korhonen, I. (2013). Accuracy of Firstbeat Bodyguard 2 beat-to-beat heart rate monitor. (*Whitepaper*).
- Parak, J., Tarniceriu, A., Renevey, P., Bertschi, M., Delgado-Gonzalo, R., & Korhonen, I. (2015). Evaluation of the beat-to-beat detection accuracy of PulseOn wearable optical heart rate monitor. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 8099–8102. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7320273>
- Perry, J., & Davids, J. R. (1992). Gait analysis: normal and pathological function. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 12(6), 815.
- Pirker, W., & Katzenschlager, R. (2017). Gait disorders in adults and the elderly: A clinical guide. In *Wiener Klinische Wochenschrift*. <https://doi.org/10.1007/s00508-016-1096-4>
- Rezola-Pardo, C., Arrieta, H., Gil, S. M., Yanguas, J. J., Iturburu, M., Irazusta, J., Sanz, B., & Rodriguez-Larrad, A. (2019). A randomized controlled trial protocol to test the efficacy of a dual-task multicomponent exercise program in the attenuation of frailty in long-term nursing home residents: Aging-ONDUAL-TASK study. *BMC Geriatrics*. <https://doi.org/10.1186/s12877-018-1020-z>
- Rosso, A. L., Metti, A. L., Faulkner, K., Redfern, M., Yaffe, K., Launer, L., Elizabeth Shaaban, C., Nadkarni, N. K., & Rosano, C. (2019). Complex Walking Tasks and Risk for Cognitive Decline in High Functioning Older Adults. *Journal of Alzheimer's Disease, (Preprint)*, 1–9. <https://doi.org/10.3233/jad-181140>
- Sherrington, C., Whitney, J. C., Lord, S. R., Herbert, R. D., Cumming, R. G., & Close, J. C. T. (2008). Effective exercise for the prevention of falls: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(12), 2234–2243. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.02014.x>
- Strait, J. B., & Lakatta, E. G. (2012). Aging-Associated Cardiovascular Changes and Their Relationship to Heart Failure. *Heart Failure Clinics*, 8(1), 143–164.
- Takakusaki, K. (2013). Neurophysiology of gait: From the spinal cord to the frontal lobe. In *Movement Disorders*. <https://doi.org/10.1002/mds.25669>
- Tam, M. K., & Cheung, S. Y. (2019). Validation of consumer wearable activity tracker as step measurement in free-living conditions. *Finnish Journal of EHealth and EWelfare*. <https://doi.org/10.23996/fjhw.76673>
- Tsai, L. T., Portegijs, E., Rantakokko, M., Viljanen, A., Saajanaho, M., Eronen, J., & Rantanen, T. (2015). The association between objectively measured physical activity and life-space mobility among older people. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(4), e368–e373. <https://doi.org/10.1111/sms.12337>
- Tsai, Li Tang, Rantakokko, M., Rantanen, T., Viljanen, A., Kauppinen, M., & Portegijs, E. (2016). Objectively Measured Physical Activity and Changes in Life-Space Mobility among Older People. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 71(11), 1466–1471.

<https://doi.org/10.1093/gerona/glw042>

- Vásquez, E., Batsis, J., & Germain, C. (2014). Impact of Obesity and Physical Activity on Functional Outcomes in the Elderly Data From NHANES 2005-2010. *Journal of Aging And*. <http://jah.sagepub.com/content/early/2014/06/06/0898264314535635.abstract>
- Vogel, T., Brechat, P. H., Lepr??tre, P. M., Kaltenbach, G., Berthel, M., & Lonsdorfer, J. (2009). Health benefits of physical activity in older patients: A review. In *International Journal of Clinical Practice* (Vol. 63, Issue 2, pp. 303–320). <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2008.01957.x>
- Wannamethee, S. G., Shaper, A. G., & Walker, M. (1998). Changes in physical activity, mortality, and incidence of coronary heart disease in older men. *The Lancet*, 351(9116), 1603–1608. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T1B-3T5317Y-1R/2/7e442b8444361abd13bef850f025ff92>
- World Health Organization. (2009). Global Health Risks: Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. *Bulletin of the World Health Organization*.
- World Health Organization. (2018). Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world. In *Geneva: World Health Organization*.
- Yamamoto, N., Miyazaki, H., Shimada, M., Nakagawa, N., Sawada, S. S., Nishimuta, M., Kimura, Y., Kawakami, R., Nagayama, H., Asai, H., Lee, I. M., Blair, S. N., & Yoshitake, Y. (2018). Daily step count and all-cause mortality in a sample of Japanese elderly people: A cohort study. *BMC Public Health*, 18(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5434-5>

AGENCIA ESPAÑOLA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIÓN (AESAN).  
Vocalía Asesora para la Estrategia NAOS  
Calle Alcalá nº 56, 1ª planta, despacho 160, 28071 MADRID.