

# MANUAL DIDÁCTICO DE USO DE MATERIALES DE LABORATORIO Y SOFTWARE

EN EL GRADO  
DE CIENCIAS  
DE LA  
ACTIVIDAD  
FÍSICA Y DEL  
DEPORTE

# MANUAL DIDÁCTICO DE USO DE MATERIALES DE LABORATORIO Y SOFTWARE

## EN EL GRADO DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

**Editores:**

**Rafael Ramos-Véliz**

**Jesús Salado-Tarodo**

**Eduardo José Fernández-Ozcorta**

En el ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, la actualización constante y el uso de la evidencia científica se han convertido en pilares fundamentales para el avance y la excelencia en la práctica profesional. Gracias a los avances en fisiología, bioquímica y otras disciplinas afines, contamos con una comprensión cada vez más profunda de los mecanismos que subyacen al rendimiento físico y a las adaptaciones al entrenamiento. Este manual de laboratorio de entrenamiento no solo refleja el compromiso con la precisión y la rigurosidad científica, sino también con la educación de calidad que fomenta el pensamiento crítico y la capacidad de innovación en nuestros estudiantes.

En un mundo donde la innovación docente es clave para el éxito académico, este manual destaca por su enfoque vanguardista. Diseñado para ser un recurso esencial tanto en el presente como en el futuro, busca inspirar a los estudiantes con la finalidad de que lleven a cabo investigaciones que continúen ampliando las fronteras del conocimiento en esta disciplina.

La Universidad CEU Fernando III, consciente de la importancia de la formación científica de calidad, ha brindado un apoyo inestimable tanto económico como estructural para que esta obra vea la luz.

*Beatriz Hoster Cabo*  
**Vicerrectora de Ordenación Académica y Estudiantes.**  
*Universidad CEU Fernando III, CEU Universities*

---

# **Manual didáctico de uso de materiales de laboratorio y software**

en el grado de Ciencias de la Actividad Física y  
del Deporte

---

Editores:

Rafael Ramos-Véliz

Jesús Salado-Tarodo

Eduardo José Fernández-Ozcorta



**Esta publicación ha sido financiada por la  
Fundación San Pablo Andalucía CEU**

©Copyright: Los autores y las autoras

©Copyright: De la presente Edición, Año 2024 WANCEULEN EDITORIAL

**Título:** Manual didáctico de uso de materiales de laboratorio y software en el grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

**Editores:** Rafael Ramos-Véliz, Jesús Salado-Tarodo, Eduardo José Fernández-Ozcorta

Editorial: WANCEULEN EDITORIAL

Sello Editorial: WANCEULEN EDUCACIÓN

ISBN (PAPEL): 978-84-10480-33-9

ISBN (EBOOK): 978-84-10480-34-6

Depósito legal: SE 2946-2024

WANCEULEN S.L.

C/ Puerto de Oró, 59. 41006 Sevilla

[www.wanceuleneditorial.com](http://www.wanceuleneditorial.com) y [www.wanceulen.com](http://www.wanceulen.com)

[info@wanceuleneditorial.com](mailto:info@wanceuleneditorial.com)

Reservados todos los derechos. Queda prohibido reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información y transmitir parte alguna de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado (electrónico, mecánico, fotocopia, impresión, grabación, etc.), sin el permiso de los titulares de los derechos de propiedad intelectual. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

# ÍNDICE

<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>7</b>
<i>Beatriz Hoster Cabo</i>	
<b>CAPÍTULO I. Introducción a los aspectos metodológicos en la investigación en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.....</b>	<b>9</b>
<i>Fernanda Monteiro Coelho</i>	
<i>Daniel Medina Rebollo</i>	
<b>CAPÍTULO II. Bases de datos .....</b>	<b>16</b>
<i>José Antonio Ortiz Sánchez</i>	
<b>CAPÍTULO III. Gestor de citas y referencias .....</b>	<b>28</b>
<i>Jesús Salado Tarodo</i>	
<i>José Antonio Ortiz Sánchez</i>	
<b>CAPÍTULO IV. Análisis de contenido .....</b>	<b>43</b>
<i>Augusto Rembrandt Rodríguez Sánchez</i>	
<i>Jesús Salado Tarodo</i>	
<b>CAPÍTULO V. Valoración de la Estabilidad Funcional del Tobillo .....</b>	<b>69</b>
<i>Miguel Rodríguez-Rosal</i>	
<i>David Mancha-Triguero</i>	
<b>CAPÍTULO VI. Dispositivo para el entrenamiento muscular inspiratorio y la valoración de la función respiratoria .....</b>	<b>77</b>
<i>Germán Monterrubio Fernández</i>	
<i>Aida Tórtola Navarro</i>	
<b>CAPÍTULO VII. Análisis y evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.....</b>	<b>102</b>
<i>Luis A. Berlanga de la Pascua</i>	
<b>CAPÍTULO VIII. Dispositivos para la realización de pruebas de esfuerzo .....</b>	<b>117</b>
<i>Eduardo Salazar Martínez</i>	
<i>Carlos Cepeda Sánchez</i>	

<b>CAPÍTULO IX. Dispositivos inerciales empleados en la práctica deportiva .....</b>	<b>147</b>
<i>David Mancha-Triguero</i>	
<i>Miguel Rodríguez Rosal</i>	
<b>CAPÍTULO X. Dispositivos para la evaluación de la fuerza .....</b>	<b>166</b>
<i>Alberto Sánchez-Sixto</i>	
<i>Eduardo Salazar Martínez</i>	
<i>Carlos Cepeda Sánchez</i>	
<b>CAPÍTULO XI. Plataforma de fuerzas.....</b>	<b>184</b>
<i>Alberto Sánchez-Sixto</i>	
<i>Miguel Rodríguez-Rosal</i>	
<b>CAPÍTULO XII. Perfil Fuerza-Velocidad Horizontal: Aplicaciones del radar en su evaluación.....</b>	<b>200</b>
<i>Eduardo José Fernández-Ozcorta</i>	
<i>Rafael Ramos Véliz</i>	

# PRÓLOGO

**Beatriz Hoster Cabo<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Vicerrectora de Ordenación Académica y Estudiantes. Universidad CEU Fernando III, CEU Universities<sup>1</sup>*

[bhoster@ceu.es](mailto:bhoster@ceu.es)

En el ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, la actualización constante y el uso de la evidencia científica se han convertido en pilares fundamentales para el avance y la excelencia en la práctica profesional. Gracias a los avances en fisiología, bioquímica y otras disciplinas afines, contamos con una comprensión cada vez más profunda de los mecanismos que subyacen al rendimiento físico y a las adaptaciones al entrenamiento. Este manual de laboratorio de entrenamiento no solo refleja el compromiso con la precisión y la rigurosidad científica, sino también con la educación de calidad que fomenta el pensamiento crítico y la capacidad de innovación en nuestros estudiantes.

La Universidad CEU Fernando III, consciente de la importancia de la formación científica de calidad, ha brindado un apoyo inestimable tanto económico como estructural para que esta obra vea la luz. La visión de la Universidad de proporcionar una educación superior que trascienda los confines de lo tradicional se materializa en cada página de este manual, orientado a equipar a los futuros graduados y posgraduados con las herramientas más actualizadas y eficaces.

En un mundo donde la innovación docente es clave para el éxito académico, este manual destaca por su enfoque vanguardista. Diseñado para ser un recurso esencial tanto en el presente como en el futuro, busca inspirar a los estudiantes con la finalidad de que lleven a cabo investigaciones que continúen ampliando las fronteras del conocimiento en esta disciplina.

Además, en un esfuerzo por democratizar el acceso al conocimiento, se ha optado por un enfoque gratuito para esta publicación, disponible en formato de libro electrónico. Esto permite que cualquier persona interesada, desde cualquier rincón del mundo y con acceso a un ordenador personal, pueda beneficiarse de los contenidos aquí presentados. Esta iniciativa subraya el compromiso de nuestra universidad con la accesibilidad y la difusión del conocimiento sin barreras.

Confiamos en que este manual, fruto de la excelente labor académica de un equipo de expertos en la materia, sea una herramienta valiosa para todos aquellos que se adentran en el apasionante mundo de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, y que contribuya significativamente a su formación y desarrollo profesional.



## CAPÍTULO I

---

# Introducción a los aspectos metodológicos en la investigación en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

**Fernanda Monteiro Coelho<sup>1,2</sup>**

**Daniel Medina Rebollo<sup>1,2,3</sup>**

*Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU  
Andalucía<sup>1</sup>*

*Facultad de Humanidades, Educación y Deporte. Universidad CEU Fernando III, CEU  
Universities<sup>2</sup>*

*Grupo de investigación INEF y HUM-1061 Inclusión Social, Educación Física y Deporte,  
Políticas Europeas en investigación, Universidad de Sevilla<sup>3</sup>*

fmonteiro@ceu.es

dmedina@ceu.es

## I. INTRODUCCIÓN

Si está leyendo este manual, muy posiblemente ha llegado al momento en que se inicia una nueva etapa de su vida académica: la investigación científica. Esta etapa será para muchos/as estudiantes la primera oportunidad de dar sentido a los conocimientos científicos aprendidos en clase, dejando el mundo de la abstracción -de las teorías- y caminando poco a poco hacia el campo de lo sustancial y orgánico, ese ámbito donde la teoría gana vida en los más diversos contextos o realidades sociales como las escuelas, los gimnasios, los clubs de iniciación al deporte o, incluso, en los centros de salud, reciente realidad en algunos países para muchos profesionales de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (CCAFyD).

Es razonable que en esta etapa de la vida académica le surjan muchas dudas y dificultades. Se trata del momento de reflexionar de manera autónoma e intensiva sobre algunas de las teorías, conceptos y experiencias en las que has estado inmerso/a lo largo del grado. A partir de un ejercicio de reflexión constante, será posible dar el primer paso para comenzar la preparación de su trabajo de investigación. Esta fase inicial consistirá en la identificación del tema de interés y de la población de estudio entre la que desarrollará su investigación.

En un segundo momento y durante todo el proceso de preparación del trabajo, será importante dedicar tiempo a la lectura, con el objetivo de conocer qué dicen los estudios científicos sobre la temática que se plantea desarrollar. Es a través de la lectura que conseguirá mapear las distintas aproximaciones a su objeto de estudio y percibir cuáles son las omisiones y debilidades. Este estado de la cuestión será fundamental para diseñar un objetivo de investigación novedoso,

claro y coherente. Más adelante llegará el momento de dar el próximo paso y definir los instrumentos y métodos de investigación más adecuados para el desarrollo del objetivo de su trabajo. Razón por la que le facilitamos en este manual, la explicación sobre el uso de algunos de los instrumentos destinados a la evaluación de diferentes variables en CCAFyD.

Le sugerimos que se organice a partir de la primera reunión con su equipo de trabajo. Para ello empiece lo antes posible a diseñar un cronograma que cuadre con el tiempo que tendrá disponible para el desarrollo de la investigación. En este sentido, el objetivo de la investigación debe ser posible, conseguible, dentro del tiempo que tiene para la preparación, desarrollo y entrega del manuscrito. Luego, debe tener en cuenta que cada uno de los apartados de su trabajo (introducción, objetivos, metodología, resultados y conclusiones) necesitarán tiempos distintos para su elaboración y redacción, por lo que calendarizar cada una de las etapas evitará llegar al final del proceso agobiado/a por el “poco tiempo” que ha tenido para dedicarse a la propuesta de investigación.

Es importante tener claro que el manual aquí presentado tiene dos objetivos básicos: a) sintetizar los aspectos esenciales y transversales para el desarrollo de la investigación en CCAFyD; y b) presentar y explicar la aplicación de algunos instrumentos disponibles para la investigación cuantitativa en CCAFyD.

Esperamos que el material le sea de ayuda y que disfrute de todas las etapas de preparación y desarrollo del trabajo.

## **II. LOS DIFERENTES CONTEXTOS DE INVESTIGACIÓN (DEPORTE VS. ACTIVIDAD FÍSICA): ASPECTOS QUE PRECEDEN LA PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO**

Uno de los puntos de partida para la preparación de un trabajo de investigación es entender que este consiste en un trabajo académico, por lo tanto, obedecerá a criterios científicos para su desarrollo. Precede a la redacción del objetivo de investigación la lectura de bibliografía académica de referencia sobre la temática que se pretende trabajar. Además, el/la estudiante debe tener una base de conocimiento sobre los debates disciplinares fundamentales en CCAFyD. ¿Cómo investigar el deporte sin entender mínimamente las diferentes aproximaciones teóricas al concepto? ¿Cómo desarrollar una propuesta de investigación si no sabemos de qué estamos hablando?

El “deporte” es sin duda el término hegemónico en las CCAFyD. A parte de ser un vocablo de uso generalizado entre la población y los medios de comunicación en general, es uno de los conceptos clave dentro de nuestro campo disciplinar. Conviene, por lo tanto, entender los paradigmas que están detrás de ese término antes de la elección del objetivo y contexto de investigación. Ello, asimismo, le permitirá de manera autónoma avanzar en el desarrollo del marco teórico en

concordancia con la línea de pensamiento/corriente científica que se pretende trabajar.

En el seno de las CCAFyD, podemos encontrar una diversidad de perspectivas, a veces incluso confusiones sobre el concepto (Barbero, 2011). La fuente de esa pluralidad tiene que ver en parte con la difícil delimitación del concepto con respecto al de actividad física. Quizás esto esté relacionado con la particular historia de nuestro campo disciplinar, que lleva a que en diferentes países se rotule con diferentes denominaciones: “Educación Física”, “Deporte”, “Ciencias de la Actividad Física y Deporte”, entre otros. En el caso de España, esta última es la denominación generalizada actualmente, pero no podemos olvidar que nuestro campo nace en torno a los inicios del siglo XIX, cuando una serie de factores convergen paulatinamente para la cristalización de la Gimnasia, que más tarde se convertirá en Educación Física y actualmente CCAFyD (ibid.).

En este contexto, la frecuente confusión entre los/las profesionales en torno al concepto “deporte” se debe a que en la propia literatura especializada se suele utilizar de dos formas muy diferentes. La lectura dominante lo presenta como sinónimo de actividad lúdico-competitiva. Esta perspectiva está estrechamente relacionada con la noción de deporte que domina el discurso de los medios de comunicación y el sentido común. Según esta primera lectura, cualquier actividad física -como una patada a un balón, por ejemplo- es entendida como “deporte”. Una segunda perspectiva acota más el concepto y afirmaría que: “el deporte es una institución en la que la actividad física, dotada de significados y requisitos muy particulares, tiene un peso relativo” (Barbero, 2011). Según esta visión, no toda actividad lúdico-competitiva sería deporte, sino sólo aquellas relacionadas con el rendimiento, es decir, con una maximización del esfuerzo orientado a la consecución de cada vez mejores resultados y/o marcas. En esta segunda lectura, el “deporte” se identifica con un tipo muy concreto de prácticas corporales. La esencia del deporte pasa a ser los tiempos, las victorias y las mejores marcas.

Quizás debamos utilizar la palabra “actividad física” para el primero de esos significados y reservar “deporte” para la actividad tan particular, orientada por el rendimiento, a la que se refería la segunda de esas lecturas. Este ejemplo de problematización de un término –en este caso, uno de los centrales en nuestra disciplina– ilustra bien la importancia de reflexionar sobre los conceptos que utilizará en el desarrollo de su trabajo de investigación. Si dicha reflexión teórica no se produce, estará dedicándose a reproducir ideas del sentido común en un trabajo que, precisamente, debe alejarse del mismo por seguir una forma de producir conocimiento muy particular, el método científico.

Todo ello, en definitiva, significa que el/la investigador/a necesita entender las bases mínimas para el debate académico en el campo de conocimiento al que se dedica, en este caso las CCAFyD. Asimismo, todo lo que se plantee en el siguiente paso de desarrollo del trabajo, referente a los aspectos metodológicos de investigación, solo tendrán sentido cuando el/la autor/a del trabajo entienda qué

perspectiva del deporte se pretende explorar en su investigación. A partir de este punto será posible reflexionar sobre un método y sus instrumentos.

### **III. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS, PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EMPEZAR LA INVESTIGACIÓN**

Cuando pensamos en investigación es importante partir de la base de que no solo existe un método para investigar en ciencia, aunque habitualmente se utilice de manera reiterada el método cuantitativo en detrimento del cualitativo.

Según García y Martínez (1996) los trabajos cuantitativos se centran más en el estudio de relaciones entre variables cuantificadas (convertidas en números). Su origen proviene de una perspectiva muy concreta de pensar la *realidad humana* a partir de una filosofía mecanicista y positivista, bajo el amparo de las matemáticas y de la cuantificación. Dentro del método cuantitativo pueden englobarse diversas técnicas de investigación, como los modelos experimentales, la investigación por encuesta, los cuestionarios estandarizados, técnicas estadísticas de registros y análisis de datos y otros. Por su parte, los estudios cualitativos evitan la cuantificación y, en su lugar, buscan entender contextos estructurales y situacionales. En las técnicas cualitativas, podemos encontrar la observación participante, las entrevistas abiertas semidirectivas o herramientas de tipo participativo como los grupos focales y los grupos de discusión.

En el ámbito de las CCAFD el método cuantitativo es ampliamente utilizado. Ahora bien, la parte de la *realidad humana* que tratamos de explicar -las diversas manifestaciones motrices- puede ser estudiada a través del método cuantitativo, el cualitativo o incluso a través de diseños de investigación que combinen ambos métodos de estudio. A la hora de elegir un método no debemos preguntarnos cuál es el que más nos gusta o cuál es el mejor (en abstracto), sino cuál es el más adecuado para verificar científicamente nuestro objetivo de investigación. La adecuación del método al objetivo es una tarea que depende de la preparación del/a investigador/a habilitado/a, el/la que busca en las posibles metodologías de investigación la más adecuada a las necesidades de su estudio.

### **IV. MÉTODOS CUANTITATIVOS DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE**

A continuación, en la tabla se pondrán algunas de las principales diferencias de los métodos cualitativo y cuantitativo, exponiendo las ventajas y desventajas de puede tener al hacer uso de ellas.

**Tabla 1**

*Ventajas y desventajas de los métodos cuantitativos, cualitativo y mixtos*

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Métodos cuantitativos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Objetividad y Precisión:</b> Los datos cuantitativos son numéricos, lo que permite un análisis estadístico preciso y objetivo.</li> <li><b>Generalización:</b> Permiten generalizar los resultados a una población más amplia si la muestra es representativa.</li> <li><b>Repetibilidad:</b> Las investigaciones cuantitativas pueden ser replicadas y verificadas por otros investigadores.</li> <li><b>Eficiencia:</b> Recolección y análisis de datos puede ser más rápido y menos costoso en estudios grandes.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Superficialidad:</b> Pueden no captar la profundidad y el contexto de los fenómenos estudiados.</li> <li><b>Rigidez:</b> Los métodos y herramientas utilizados son rígidos, dejando poco margen para adaptarse a nuevas preguntas que surjan durante el estudio.</li> <li><b>Deshumanización:</b> Pueden ignorar las experiencias y emociones humanas, centrando la atención únicamente en cifras y estadísticas.</li> </ol>
<b>Métodos cualitativos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Profundidad y Contexto:</b> Permiten explorar fenómenos en profundidad, capturando la riqueza del contexto y las experiencias humanas.</li> <li><b>Flexibilidad:</b> Los métodos cualitativos son más flexibles y pueden adaptarse según evoluciona la investigación.</li> <li><b>Perspectivas Diversas:</b> Facilitan la recolección de diferentes perspectivas y experiencias individuales.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Subjetividad:</b> Los resultados pueden estar influenciados por las interpretaciones subjetivas del investigador.</li> <li><b>Generalización Limitada:</b> Es difícil generalizar los hallazgos a una población más amplia debido al tamaño pequeño y no representativo de la muestra.</li> <li><b>Tiempo y Costo:</b> La recolección y análisis de datos cualitativos puede ser más laboriosa y costosa.</li> </ol>

	Ventajas	Desventajas
Métodos mixtos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Integralidad:</b> Combina lo mejor de ambos enfoques, proporcionando un análisis más completo y robusto.</li> <li>2. <b>Validación Cruzada:</b> Permite la triangulación de datos, validando los resultados a través de múltiples métodos.</li> <li>3. <b>Flexibilidad:</b> Ofrecen flexibilidad para abordar diferentes tipos de preguntas de investigación y adaptarse a cambios en el diseño del estudio.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Complejidad:</b> Los estudios mixtos pueden ser complejos de diseñar y ejecutar, requiriendo habilidades en ambos tipos de métodos.</li> <li>2. <b>Tiempo y Recursos:</b> Pueden requerir más tiempo y recursos, ya que implican la realización de dos tipos de análisis.</li> <li>3. <b>Desafíos de Integración:</b> Integrar y analizar datos cualitativos y cuantitativos de manera coherente puede ser un desafío.</li> </ol>

A continuación, vamos a citar algunos ejemplos de investigación cuantitativa, en CCAFYD.

Un ejemplo de trabajo cuantitativo es Suárez-Iglesias et al. (2024), donde analizaron el desarrollo físico y la programación de la aptitud física del arbitraje en baloncesto. La muestra fueron 628 (531 hombres, 97 mujeres) árbitros de 18 organizaciones regionales de árbitros en España proporcionaron respuestas individuales para recopilar información sobre detalles demográficos y nivel de participación. Los datos se describieron mediante estadística, que calcularon las asociaciones de las variables evaluadas, que dio lugar a las conclusiones.

En cuanto al uso de los métodos cualitativos se destaca el trabajo Medina-Rebollo et al. (2023), cuyo objetivo fue conocer y analizar la realidad actual de las actividades náuticas en los centros educativos. En ella se realizó entrevistas a dos expertos de deportes náuticas, a dos instructores de actividades náuticas, y a seis docentes, siendo estos últimos de diferentes nacionalidades. Las entrevistas se transcribieron y se codificaron mediante el programa MaxQda, que permitió identificar y describir las opiniones de estos expertos distribuyéndola en distintas categorías. Los resultados se dan en forma de coincidencia o similitudes de ideas y pensamientos, por las que se generaron unas conclusiones

Un artículo mixto, de Sáenz-López, et al. (2009), donde se estudiaron las competencias a través de un cuestionario aplicado al principio y al final del Máster al alumnado y profesorado. Además, se realizaron cuatro entrevistas para que el alumnado analice en profundidad las competencias que el Máster les ha aportado a su formación. Se triangularon los datos obtenidos en el cuestionario y en las entrevistas para llegar a unas conclusiones.

## V. REFERENCIAS

- Barbero González J. I. (2011). "Sobre los 'orígenes' de la educación física en España". En P. Scharagrodsky (Ed.), *La invención del "homo gymnasticus". Fragmentos históricos sobre la educación de los cuerpos en movimiento en occidente* (pp.165-187). Prometeo Libros.
- Bryman, A. (1988). *Quantity and Quality in social research*, Unwin Hyman, London.
- García J.C. y Martínez M. R. (1996). "El debate investigación cualitativa frente a investigación cuantitativa". *Enfermería Clínica*, 6(5), 212-217.
- Medina-Rebollo, D.; Fernández-Ozcorta, E.J.; Sáenz-López Buñuel, P.; Fernández-Gavira, J. (2023). Analysis of the Practice of Nautical Activities in Schools. *Education Science*. 13, 1202. <https://doi.org/10.3390/educsci13121202>
- Taylor, S. J. y Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Paidós.
- Sáenz-López, P., Carmona, J., Coronel, J. M., Giménez, F. J., Sierra, Á., & Castillo, E. (2009). La percepción de la evolución en las competencias en el alumnado de Máster en Educación Físico-Deportiva. *E-balonmano. com: Revista de Ciencias del Deporte*, 5(3), 123-135.
- Suárez-Iglesias D, González-Devesa D, Ayán C, Sánchez-Sixto A, Vaquera A. (2024). ¿Do you even exercise, ref? Exploring habits of Spanish basketball referees during practice and matches. *PeerJ*. 12. 16742. <https://doi.org/10.7717/peerj.16742>
- Zapparoli, M. (2003). Concepciones teóricas metodológicas sobre investigación. *Girasol: Revista de la escuela de estudios generales*, 5, 191-198.

## CAPÍTULO II

---

# Bases de datos

José Antonio Ortiz Sánchez<sup>1</sup>

*Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU Andalucía<sup>1</sup>*

[jaortiz@ceu.es](mailto:jaortiz@ceu.es)

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. CONSIDERACIONES ACADÉMICAS Y CIENTÍFICAS DE USO DE LAS BASES DE DATOS

Explicado de forma sencilla, una base de datos bibliográfica es un sistema donde se almacenan referencias de artículos científicos, libros, conferencias, tesis y otros documentos. En la actualidad, las bases de datos son un recurso muy importante ya que atesoran los avances científicos más importantes en una amplia variedad de campos de conocimiento, facilitando así el acceso a la información a los investigadores. Además, esto permite el desarrollo de nuevas hipótesis, nuevas investigaciones, así como servir de apoyo en la toma de decisiones y desarrollo de aplicaciones prácticas.

## II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE PUBMED

PubMed es una base de datos en línea, gestionada por la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos. Está especializada en artículos de revistas revisadas por pares, PubMed indexa estudios de investigación, revisiones sistemáticas, ensayos clínicos y otros documentos relevantes en el ámbito de las ciencias biomédicas y de la salud (Jin, Leaman, & Lu, 2024). Esta plataforma proporciona acceso gratuito a más de 30 millones de citas y resúmenes de artículos de revistas científicas, que abarcan diversas disciplinas como medicina, enfermería, odontología, veterinaria, sistemas de salud y ciencias preclínicas. PubMed incluye referencias de la base de datos MEDLINE, así como citas de libros y revistas científicas adicionales que no están indexadas en MEDLINE (White, 2020).

Una característica destacada de PubMed es su capacidad para ofrecer información actualizada y relevante gracias a su inclusión de artículos en proceso de publicación y aquellos disponibles a través de acceso abierto. Los investigadores pueden realizar búsquedas avanzadas utilizando una variedad de filtros y operadores booleanos, lo que facilita la localización de estudios específicos y relevantes. Además, PubMed proporciona enlaces a textos completos cuando están disponibles a través de PubMed Central o de otros proveedores de contenido, promoviendo así el acceso libre a la información científica (White, 2020).

### III. PROCEDIMIENTOS DE BÚSQUEDA

A continuación, se facilita un enlace web a un video ubicado en la plataforma YouTube, donde se explica el procedimiento a seguir para una adecuada búsqueda en la base de datos PubMed. Este video está publicado por la misma base de datos ([https://www.youtube.com/watch?v=v6VE\\_SPAU6g&t=117s](https://www.youtube.com/watch?v=v6VE_SPAU6g&t=117s)).

#### 1. BÚSQUEDA BÁSICA

En primer lugar, desde el buscador habitual del pc se debe introducir el término PubMed. Tras esto aparecerá un enlace web el cual nos dirigirá hacia la interfaz principal. En esta primera pantalla se encuentra la barra de búsqueda, que será donde se incluyan los descriptores o términos de búsqueda preferiblemente en inglés.

¿Qué son los descriptores o términos de búsqueda?

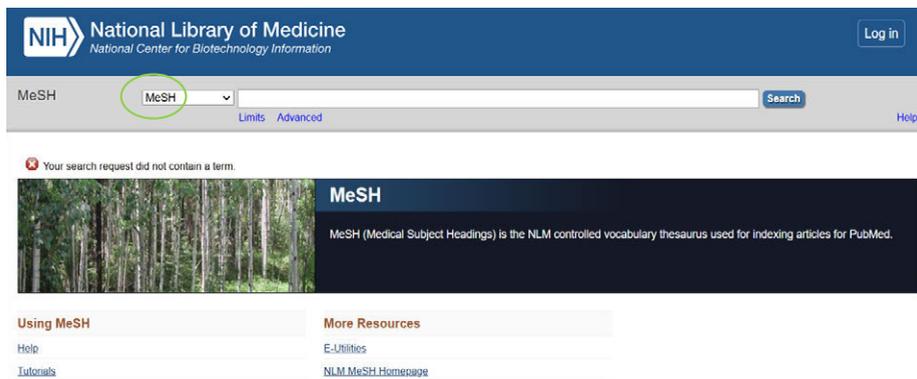
Básicamente son las palabras usadas para realizar las búsquedas. Estos descriptores o términos de búsqueda se dividen en dos: los *controlados* y los *no controlados*. A continuación, se identifican y se ejemplifican cada uno de ellos.

#### **Controlados.**

Son los términos usados por las bases de datos para la indexación de las publicaciones. Estos términos controlados pueden variar según la base de datos que se use. En este sentido, PubMed los llaman términos MeSH.

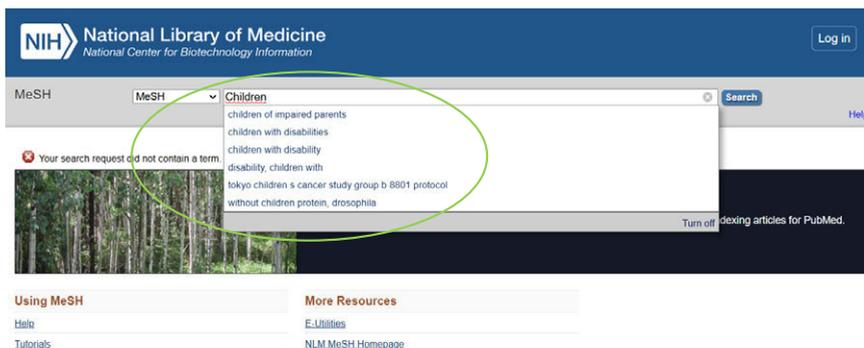
#### Figura 1

Términos MeSH

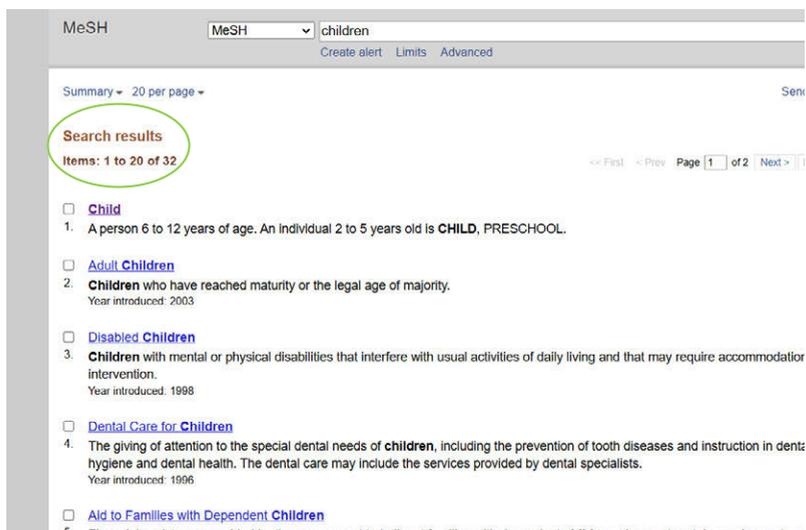


A modo de ejemplo, un si incluimos el término *Children* como descriptor controlado, PubMed va a devolver toda aquella información que posee en la base de datos que esté relacionado con este término.

**Figura 2**  
*Búsqueda de términos MeSH*



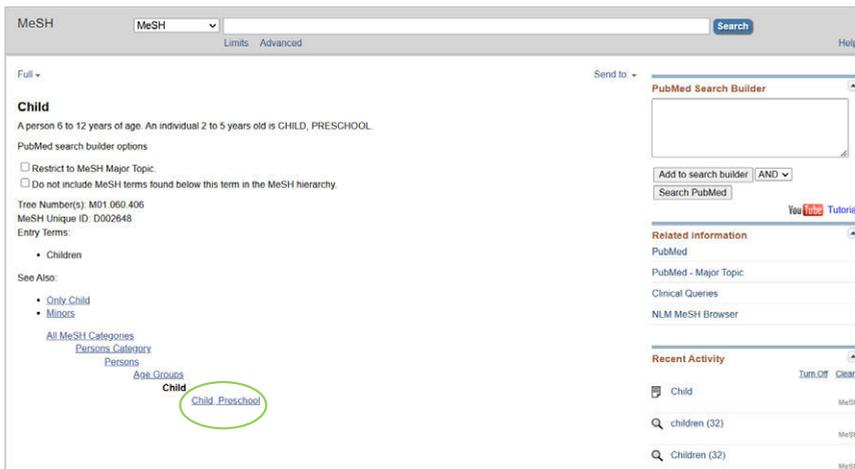
**Figura 3**  
*Resultados de una búsqueda de términos MeSH*



Al realizar esta búsqueda de términos MeSH nos ofrece los resultados que se observan en la Ilustración 3. Si clicamos en la primera opción que aparece nos redirecciona a una nueva interfaz donde aparece una definición del término, así como otros términos controlados con los que se relaciona o se ubica.

Asimismo, cuando se realice una búsqueda con este término controlado, van a aparecer los términos relacionados con el nivel inferior que aparece en este listado, es decir, aparecerían publicaciones relacionadas con los términos *Child*, *Preschool*.

**Figura 4**  
Definición del término introducido y su relación con otros términos parecidos



**No controlados.**

Términos que aparecen dentro de las publicaciones, que han sido escritos o desarrollados por los mismos autores de las publicaciones.

Elegir bien los descriptores o términos de búsqueda, se considera fundamental ya que pueden mejorar considerablemente los resultados y la calidad de estos, obteniendo información más relevante, útil y facilitando el análisis.

En este sentido, también podemos usar los truncadores.

Los truncadores son caracteres que utilizamos con el objetivo de modificar la búsqueda de los descriptores o términos. Estos truncadores varían de una base de datos a otra.

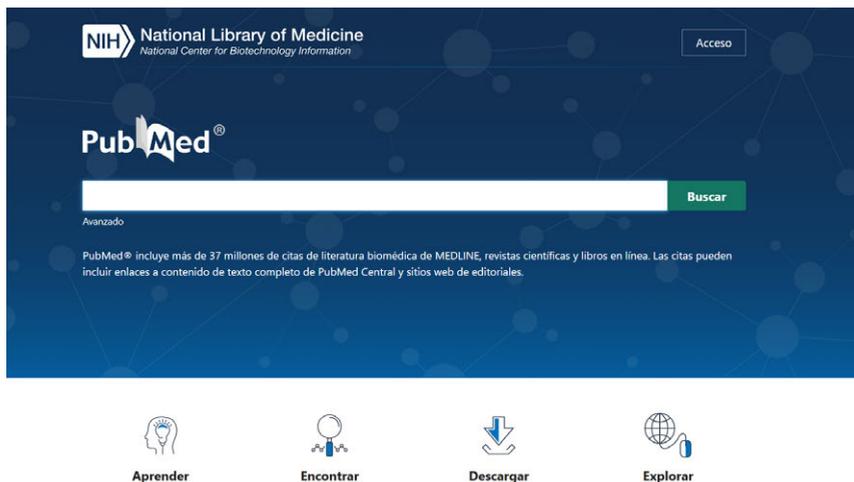
Los principales truncadores en PubMed son dos:

**Tabla 1**  
*Truncadores en PubMed*

Asterisco *	Su función es utilizar una palabra, así como las posibles terminaciones de esta. Por ejemplo. Chil*: Child, Children, Childhood...
Comillas ""	La función principal que tienen las comillas es realizar una búsqueda del conjunto entero de los términos utilizados o asimismo una frase completa.
Combinación de ambos truncadores	Es posible realizar una búsqueda utilizando ambos truncadores. Por ejemplo. "Chil* strength*": Child, Children, Childhood + strenght, strenghts, strenghtit...

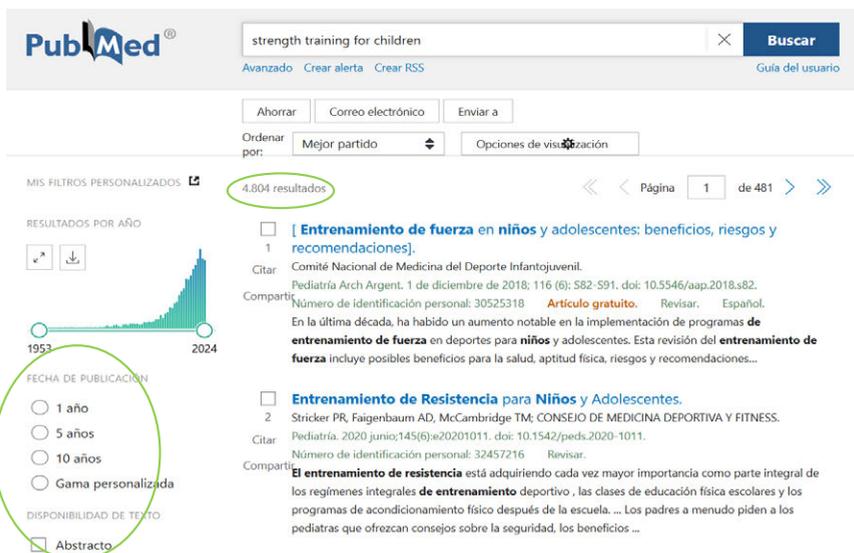
La Ilustración 5 nos muestra la interfaz principal de PubMed. Desde la cual se realizarán las búsquedas básicas.

**Figura 5**  
*Interfaz básica o pantalla principal de PubMed*



A modo de ejemplo, se realiza una búsqueda básica, incluyendo aquellos términos que se acerquen a la temática a investigar. En este caso se incluyen los términos *Strength Training for Children*.

**Figura 6**  
*Resultados de una búsqueda básica en PubMed*



Como se puede observar en la Ilustración 6, esta búsqueda ha ofrecido un total de 4804 resultados.

Estos resultados pueden ser ordenados por fecha, relevancia e impacto, primer autor, si se trata de un libro o un artículo entre otros.

En la parte izquierda de la interfaz se pueden seleccionar todos aquellos filtros que se deseen para hacer una búsqueda más depurada.

**Figura 7**  
*Resultados de búsqueda utilizando filtro de 5 años*



En este caso se ha establecido como filtro de búsqueda que aparezcan todas aquellas publicaciones que hayan sido publicadas desde hace 5 años hasta la actualidad. Lo cual ha ofrecido una cantidad de 1925 resultados.

**Tabla 2**  
*Pasos a seguir para realizar una búsqueda básica*

1. Acceso a PubMed a través de su portal Web <a href="https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/">https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/</a>
2. En la barra del buscador incluir término o descriptor relacionado con la temática a trabajar.
3. Seleccionar y clicar en los filtros que se estimen oportunos que aparecen en el margen izquierdo para acotar los resultados

**2. PROCEDIMIENTOS DE BÚSQUEDA AVANZADA**

Volviendo a la interfaz mostrada en la Figura 1, se observa como justo por debajo de la barra de búsqueda aparece la opción de búsqueda avanzada.

Si se realiza clic en la misma, cambiará a una interfaz secundaria desde la que se podrá realiza dicha búsqueda de forma avanzada.

En primer lugar, aparecen los campos de búsqueda. Entre los cuales se pueden seleccionar; fecha, autor, título, resumen entre otros.

Una vez seleccionado el campo de búsqueda que se desee se comienzan a introducir los términos que se asemejen a nuestra temática.

En este caso se ha seleccionado el campo de búsqueda Título/Resumen. Esto quiere decir que todos aquellos términos que se incluyan en la búsqueda deben aparecer en el título y en el resumen de los resultados obtenidos.

### Figura 8

#### *Campo de búsqueda avanzado*



Para esta ejemplificación se utiliza como campo de búsqueda el título y el resumen. Una vez escrito el primer término que se quiera trabajar se le da a la pestaña agregar y posteriormente a la pestaña buscar, ambas situadas a la derecha. Esto nos realizará una primera búsqueda en la que aparecerán todos los títulos y resúmenes que contengan la palabra que hemos introducido. Sin embargo, esto nos dará como resultado un amplio número de estudios, por lo cual se debe refinar la búsqueda.

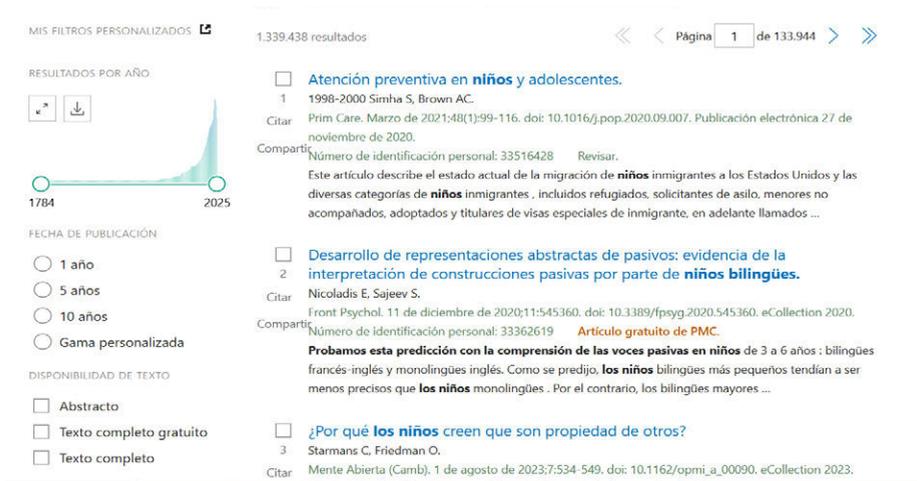
### Figura 9

#### *Ejemplo de los botones que hay que clicar para realizar la búsqueda*



**Figura 10**

*Resultados obtenidos al realizar una primera búsqueda desde la búsqueda avanzada*



Para redefinir un poco más la búsqueda anterior se han introducido términos como Children, training y strength. Todos ellos unidos con el operador booleano AND.

**Operadores booleanos**

Los operadores booleanos son las formas que tenemos de unir los términos que hayamos seleccionado para la búsqueda. Estos operadores permiten la construcción de puentes entre los términos, arrojando así unos resultados más fiables y con un mayor cribado.

Los principales operadores booleanos de las bases de datos son:

**Tabla 3**

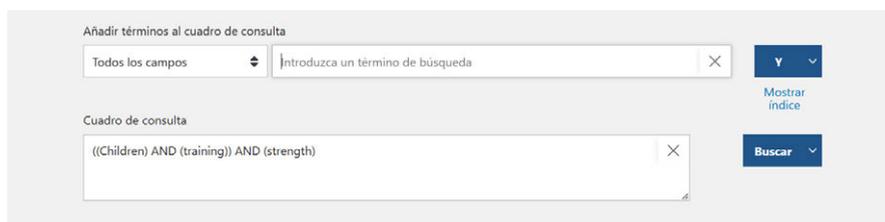
*Operadores Booleanos*

<b>And</b>	Su función es acotar y especificar la búsqueda.	<b>Children AND Training.</b> La búsqueda se basa en aquellas publicaciones que contengan de forma unificada los términos que se estén buscando. En este caso, la base de datos solo ofrecería aquellas publicaciones que contengan Children y Training.
<b>Or</b>	Su función es ampliar la búsqueda.	<b>Children OR Training.</b> La búsqueda se basaría en todo aquello que incluya Children o Training. Es decir, la base de datos va a facilitar todo aquello que contenga uno de estos dos términos.

<b>Not</b>	Es el menos usado. Esta función se basa en incluir un término a la vez que excluye otro.	<b>Children NOT Training.</b> La búsqueda se basaría en el término children, mientras que se excluiría el término Training. De esta forma la base de datos ofrecería aquellas publicaciones que tuviesen el término Children y no el término Training.
------------	--	---

Continuando con la ejemplificación de la búsqueda avanzada, se observa que al introducir los nuevos descriptores con los operadores booleanos el número de publicaciones resultantes es un número bastante inferior a primero que se realizó. Aun así, esta búsqueda se puede refinar más introduciendo nuevos términos que acoten la temática que deseamos investigar.

**Figura 11**  
*Introducción del operador Booleano AND*



**Figura 12**  
*Resultados obtenidos después de realizar la búsqueda avanzada*

MIS FILTROS PERSONALIZADOS 1.229 resultados « < Página 1 de 123 > »

RESULTADOS POR AÑO

FECHA DE PUBLICACIÓN

1 año

5 años

10 años

Gama personalizada

DISPONIBILIDAD DE TEXTO

Abstracto

1 **[Entrenamiento de fuerza en niños y adolescentes: beneficios, riesgos y recomendaciones].**

Citar Comité Nacional de Medicina del Deporte Infantojuvenil. *Pediatría Arch Argent.* 1 de diciembre de 2018; 116 (6): S82-S91. doi: 10.5546/aap.2018.s82. Número de identificación personal: 30525318 [Artículo gratuito](#). Revisar. Español.

Compartir En la última década, ha habido un aumento notable en la implementación de programas de **entrenamiento de fuerza** en deportes para **niños** y adolescentes. Esta revisión del **entrenamiento de fuerza** incluye posibles beneficios para la salud, aptitud física, riesgos y recomendaciones...

2 **Efecto del entrenamiento de fuerza muscular en niños y adolescentes con parálisis cerebral espástica: una revisión sistemática y metanálisis.**

Citar Merino-Andrés J, García de Mateos-López A, Damiano DL, Sánchez-Sierra A. *Clin Rehabil.* Enero de 2022;36(1):4-14. doi: 10.1177/02692155211040199. Publicado electrónicamente el 18 de agosto de 2021.

Compartir Número de identificación personal: 34407619 [Artículo gratuito de PMC](#).

OBJETIVO: Esta revisión sistemática y metanálisis investiga los efectos del programa de **entrenamiento de fuerza en niños** y adolescentes con parálisis cerebral para mejorar la función, la actividad y la participación. ...CONCLUSIÓN: Un programa de **entrenamiento de fuerza** ...

**Tabla 4***Pasos a seguir para realizar una búsqueda básica*

1. Acceso a PubMed a través de su portal Web <a href="https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/">https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/</a>
2. En la barra del buscador, justo debajo en el margen izquierdo, hacer click en avanzado
3. Seleccionar el campo de búsqueda
4. Introducir descriptors o términos
5. Selección de operador Booleano o truncadores
6. Seleccionar y clicar en los filtros que se estimen oportunos que aparecen en el margen izquierdo para acotar los resultados

## IV. ALTERNATIVAS

### **Google académico**

Google Académico, conocido en inglés como Google Scholar, es una plataforma de búsqueda especializada gratuita que facilita la localización de literatura académica y recursos científicos. Esta base de datos indexa una amplia variedad de formatos y disciplinas, incluyendo artículos de revistas revisadas por pares, tesis, libros, preprints, resúmenes y otros informes técnicos. Utiliza algoritmos avanzados de búsqueda para proporcionar a los investigadores resultados relevantes, facilitando el acceso a documentos en diversas disciplinas científicas, permitiendo a los usuarios realizar búsquedas por palabras clave, autor, título y fecha de publicación. Además, ofrece métricas de citación y otros indicadores bibliométricos que ayudan a evaluar la influencia y el impacto de las publicaciones académicas (Orduna-Malea, Martín-Martín, & Delgado López-Cózar, 2017). Esta plataforma también ofrece enlaces a versiones de acceso abierto de artículos, cuando están disponibles, lo que promueve el acceso gratuito a la información académica. Además, Google Académico permite a los usuarios crear perfiles de autor, donde pueden agregar sus publicaciones, verificar citas y obtener métricas personalizadas como el índice h.

### **WOS**

Web of Science es una plataforma integral y multidisciplinaria desarrollada por la empresa Clarivate Analytics, que ofrece acceso a una amplia colección de literatura científica de cualquier disciplina del conocimiento, ciencia, tecnología, ciencias sociales, artes y humanidades. Reconocida por su rigor en la indexación, incluye más de 34.000 revistas revisadas por pares, conferencias, patentes y otros documentos de alta calidad. Además, Web of Science proporciona herramientas avanzadas de análisis bibliométrico y citas, permitiendo a los investigadores rastrear el impacto y la influencia de publicaciones a través de sus citas. La base de

datos incluye índices de citación como el Science Citation Index Expanded (SCIE), el Social Sciences Citation Index (SSCI) y el Arts & Humanities Citation Index (AHCI), entre otros (Pranckutė, 2021). Asimismo, Web of Science ofrece herramientas para la visualización de colaboración, lo que permite a los investigadores identificar tendencias emergentes, colaboraciones potenciales y áreas de investigación de alto impacto.

### **Scopus**

Scopus es una extensa base de datos bibliográfica de resúmenes y citas de literatura académica, gestionada por Elsevier. Ofrece cobertura multidisciplinaria y abarca más de 24,000 títulos de revistas revisadas por pares, así como actas de conferencias, libros y patentes, abarcando diversas áreas del conocimiento como ciencias físicas, ingeniería, ciencias de la vida, salud, ciencias sociales y humanidades. La base de datos incluye una variedad de herramientas para visualizar tendencias de investigación, colaboraciones institucionales y redes de coautoría, lo cual es fundamental para la identificación de áreas emergentes y la evaluación de la productividad científica (Pranckutė, 2021). La plataforma también integra herramientas de gestión de referencias y generación de perfiles de autor, que permiten a los investigadores consolidar su producción académica y monitorizar su impacto a nivel global, así como su capacidad para proporcionar análisis bibliométricos detallados, permitiendo a los investigadores rastrear el impacto y la influencia de publicaciones científicas a través de métricas de citación.

### **Openalex**

OpenAlex es una base de datos bibliográfica de acceso abierto gratuito que proporciona un índice exhaustivo de obras académicas, autores, instituciones y conceptos. Desarrollada por OurResearch como sucesora del Microsoft Academic Graph (MAG). La plataforma alberga más de 240 millones de trabajos académicos. Esta colección abarca artículos de revistas, libros, tesis y conjuntos de datos, entre otros tipos de documentos académicos (Priem, Piwowar, & Orr, 2022). Una de las características más destacadas de OpenAlex es su capacidad para trazar conexiones entre las obras mediante citas, autores, afiliaciones institucionales y conceptos, esto permite realizar análisis bibliométricos avanzados y facilita la exploración de tendencias de investigación globales (Culbert et al., 2024).

### **Consensus**

Consensus es una base de datos académica impulsada por inteligencia artificial, diseñada para mejorar la eficiencia y precisión en la búsqueda de literatura científica. Utiliza técnicas avanzadas de procesamiento de lenguaje natural y modelos de búsqueda para analizar y extraer información clave de más de 200 millones de artículos de investigación. Esta plataforma permite a los usuarios realizar consultas en lenguaje natural y obtener resúmenes concisos y referencias directas a los artículos relevantes, facilitando así el proceso de revisión de la literatura. Una característica distintiva de Consensus es que proporciona una visión rápida del consenso científico sobre un tema específico, basándose en los

resultados de múltiples estudios. Además, la plataforma incluye una herramienta que puede generar contenido, crear listas y sintetizar información temática basada en las consultas de los usuarios.

## V. REFERENCIAS

- Culbert, J., Hobert, A., Jahn, N., Haupka, N., Schmidt, M., Donner, P., & Mayr, P. (2024). Reference coverage analysis of openalex compared to web of science and Scopus. *arXiv preprint arXiv:2401.16359*.
- Jin, Q., Leaman, R., & Lu, Z. (2024). PubMed and beyond: biomedical literature search in the age of artificial intelligence. *eBioMedicine*, 100. doi: 10.1016/j.ebiom.2024.104988
- Orduna-Malea, E., Martín-Martín, A., & Delgado López-Cózar, E. (2017). Google Scholar como una fuente de evaluación científica: una revisión bibliográfica sobre errores de la base de datos. *Revista Española de Documentación Científica*, 40(4), e185. doi: 10.3989/redc.2017.4.1500
- Pranckutė, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. *Publications*, 9(1), 12.
- Priem, J., Piwowar, H., & Orr, R. (2022). OpenAlex: A fully-open index of scholarly works, authors, venues, institutions, and concepts. *arXiv preprint arXiv:2205.01833*.
- White, J. (2020). PubMed 2.0. *Medical Reference Services Quarterly*, 39(4), 382-387. doi: 10.1080/02763869.2020.1826228

## CAPÍTULO III

---

# Gestor de citas y referencias

**Jesús Salado Tarodo<sup>1,2,3</sup>**  
**José Antonio Ortiz Sánchez<sup>2</sup>**

*Facultad de Humanidades, Educación y Deporte. Universidad CEU Fernando III, CEU Universities<sup>1</sup>*

*Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU Andalucía<sup>2</sup>*

*Grupo de investigación HUM-1059: Critical Approach on Sport (CASport), Universidad de Sevilla<sup>3</sup>*

[jsalado@ceu.es](mailto:jsalado@ceu.es)

[jaortiz@ceu.es](mailto:jaortiz@ceu.es)

## I. INTRODUCCIÓN

Los gestores de referencias son programas que facilitan la organización y el control de las referencias bibliográficas y permiten la inserción automática de citas en diferentes formatos bibliográficos para generar Bibliografías (Boretto, 2012). Actualmente, a parte de las funciones tradicionales de los gestores de referencia también ofrecen la capacidad de interactuar y colaborar con otros usuarios (López Carreño, 2014). En esta línea, Varón Castañeda (2017) indica que los beneficios del uso de los gestores de referencias son: búsqueda de información, gestión de fuentes y visibilidad del conocimiento.

En este manual se ha seleccionado Zotero, que es una aplicación, desarrollada por el Center for History and New Media de la Universidad George Mason. Destaca que es gratuita, de código abierto, que nos permite recopilar, organizar, anotar, citar y compartir investigaciones.

Este tipo de herramientas son muy útiles y necesarias a la hora de realizar nuestros informes de investigación ya que nos permite, y facilita, gestionar la bibliografía, citas en el texto y sus referencias. Entre sus funciones más destacables se encuentra:

- a) Gestiona y organiza las referencias bibliográficas.
- b) Permite compartir las bibliotecas.
- c) Almacena archivos adjuntos.
- d) Generación automática de citar y referencias.
- e) Se integra en procesadores de texto.
- f) Bibliografía en distintos estilos.
- g) Se pueden realizar anotaciones o etiquetas en los archivos almacenados.

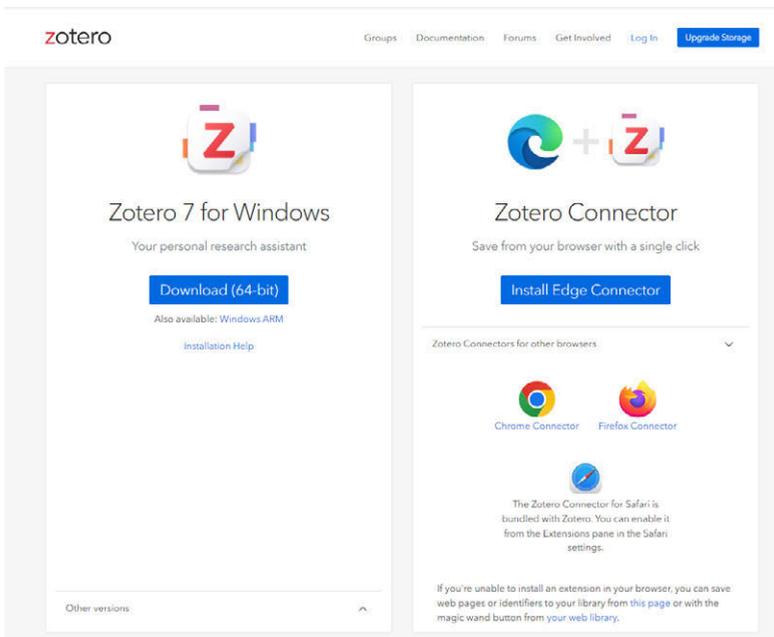
- h) Tiene versiones en los siguientes sistemas operativos: Mac, Windows, Linux, e iOS.

## II. INSTALACIÓN Y REGISTRO

En primer lugar, se accederá a la página web de Zotero (<https://www.zotero.org/>) y se procederá a la descarga del instalador correspondiente al sistema operativo que corresponda.

### Figura 1

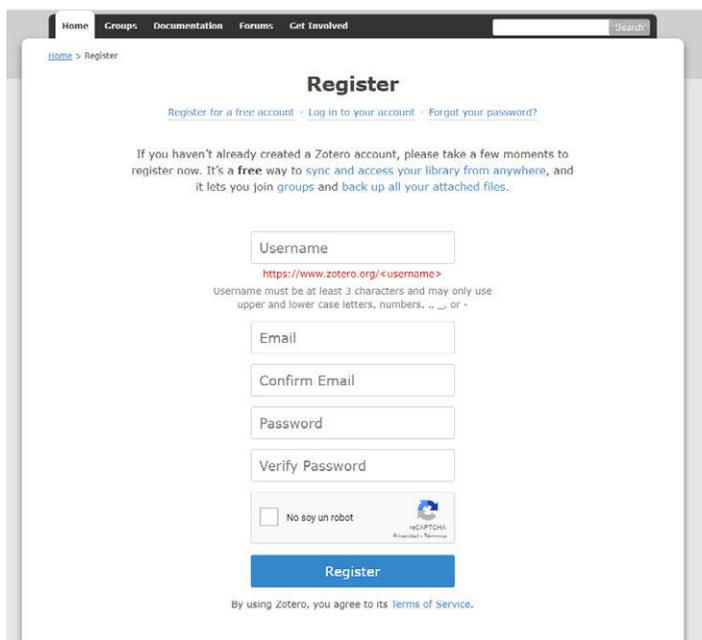
*Pantalla de descarga del instalador Zotero para Windows*



Es recomendable realizar la instalación con el conector al navegador web, ya que nos facilitará la inclusión de bibliografía en nuestra librería.

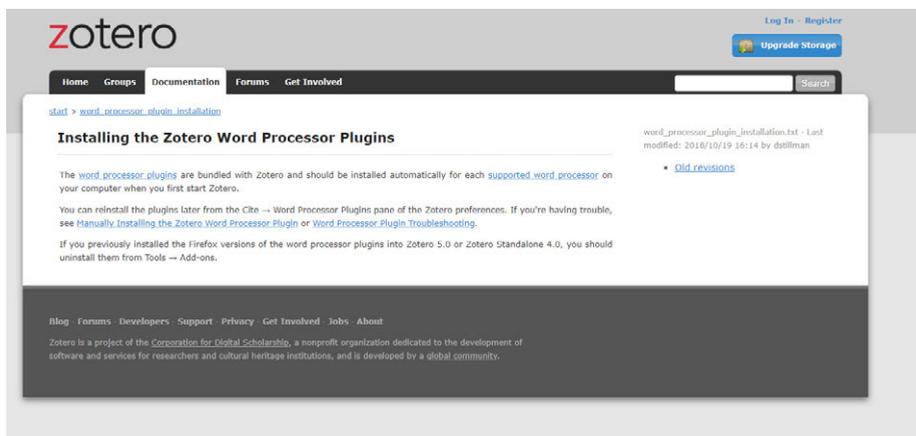
Una vez descargado y siguiendo las instrucciones finalizaremos el proceso de instalación. Una vez instalado y como segundo paso, nos registraremos en la página web de Zotero antes mencionada.

**Figura 2**  
*Pantalla de registro de Zotero*



Y como último paso de la instalación, se recomienda descargar el “plug in” que corresponda al procesador de texto que utilizemos ([https://www.zotero.org/support/word\\_processor\\_plugin\\_manual\\_installation](https://www.zotero.org/support/word_processor_plugin_manual_installation)).

**Figura 3**  
*Pantalla de tutorial de instalación de plugin*

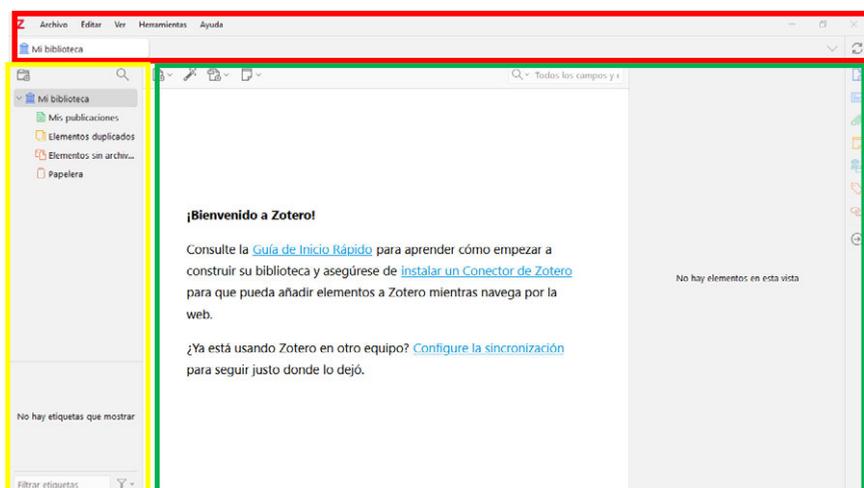


### III. INTERFAZ

La interfaz de Zotero se puede dividir en 3 partes: barra de gestión (arriba y señalado en rojo en la Figura 4), biblioteca (a la izquierda señalado en amarillo en la Figura 4) y colección de registro (en el centro-derecha, señalado en verde en la Figura 4).

**Figura 4**

*Interfaz de Zotero*

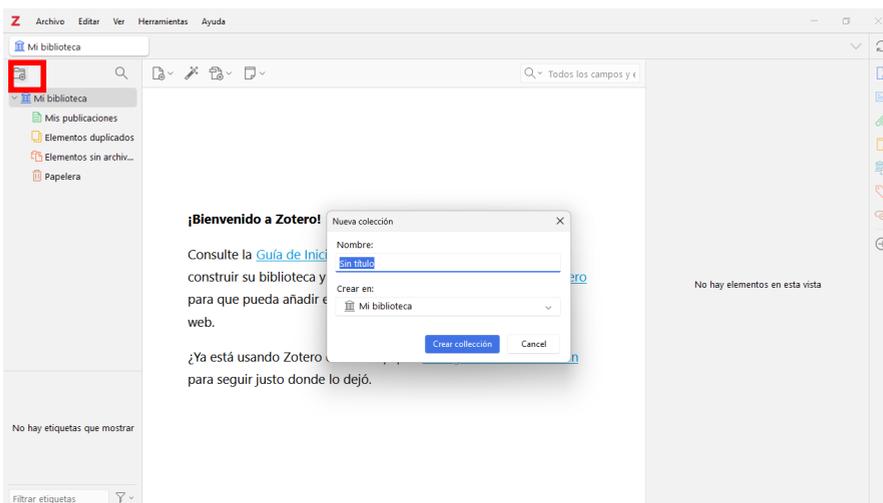


Atendiendo a la barra de gestión, se encuentran los elementos de administración del programa. Entre estos elementos se encuentran opciones para añadir nuevos elementos, crear nuevas bibliotecas, crear nuevas colecciones, instalar conectores o extensiones, etc.

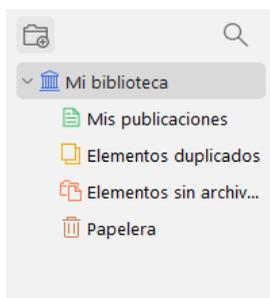
Con respecto a la Biblioteca, es la sección donde aparecerán las carpetas y subcarpetas donde se encuentran los recursos bibliográficos. Dentro de esta sección se encuentra un buscador/filtro de búsqueda, identificado con la imagen de una lupa, y un icono para crear nuevas bibliotecas (Figura 5).

Además de las nuevas colecciones que se pueden añadir, en el programa, por defecto, aparecen cuatro: una para mis publicaciones (diseñada para que se añadan las publicaciones realizadas por el titular de la cuenta), otra de elementos duplicados, otra de elementos sin archivo y por último una papelera.

**Figura 5**  
*Crear nueva biblioteca*

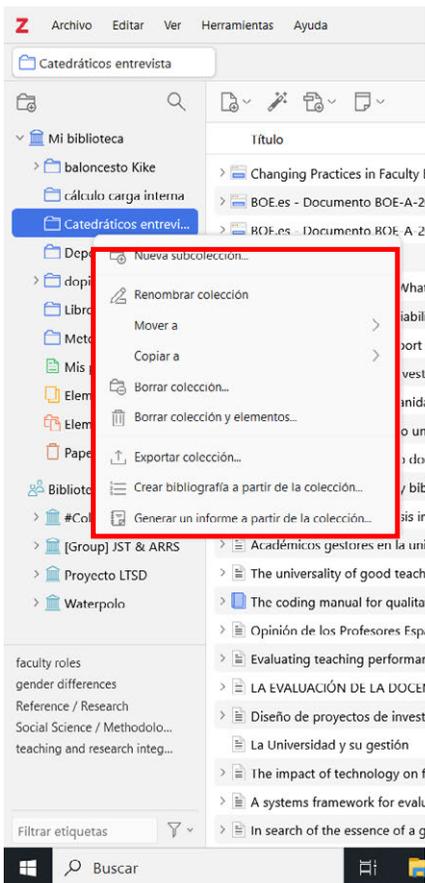


**Figura 6**  
*Colecciones iniciales*



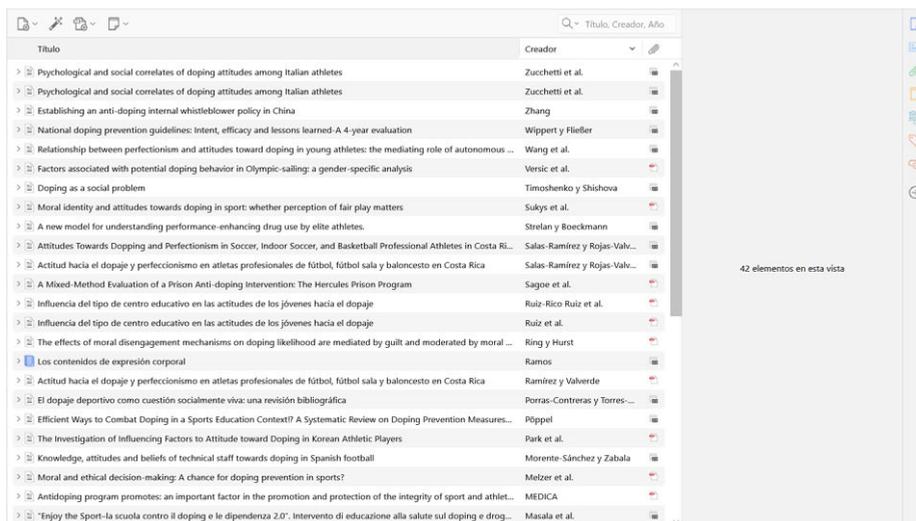
Una vez creada una nueva colección y si se pulsa el botón izquierdo del ratón sobre ella, nos aparece un desplegable que nos permite: crear una subcolección, renombrar la carpeta, moverla, borrarla, exportarla y crear bibliografía a partir de los elementos que componen esa colección.

**Figura 7**  
*Opciones para las colecciones*



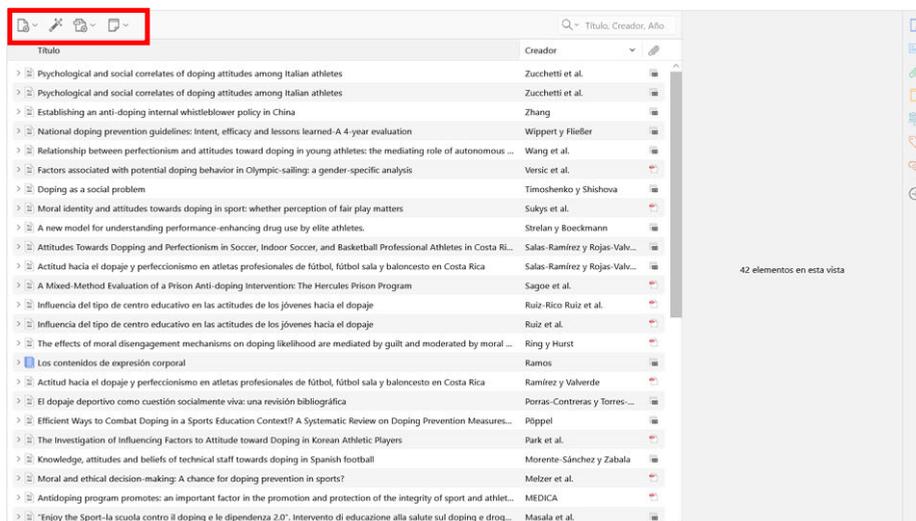
Por último, el apartado de la colección de registro. Es la parte central de la interfaz y es donde aparecen los registros bibliográficos que se han añadido, bien manualmente o bien usando el plug-in instalado en el navegador web (ver apartado IV).

**Figura 8**  
*Colección de registro*



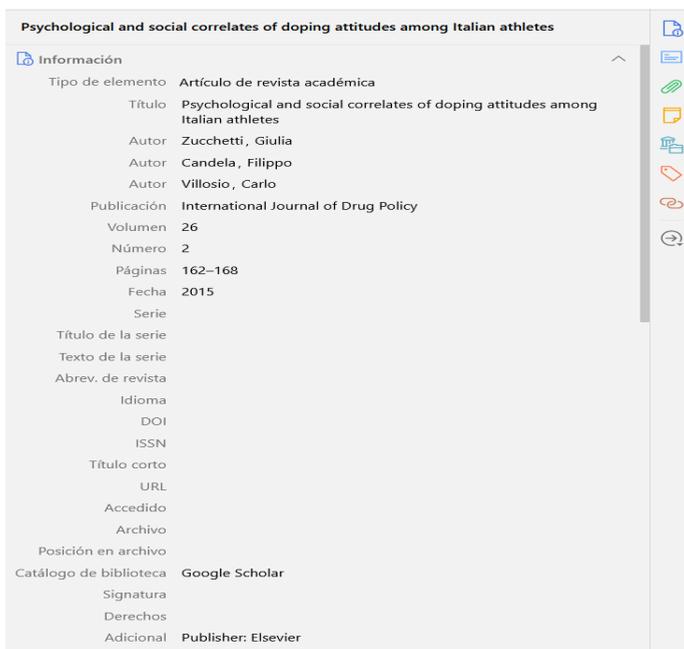
De este apartado, hay que destacar que nos permite ordenar los registros tanto por título como por autor o por si tiene documento adjunto. Por otro lado, en la parte superior izquierda se encuentran los iconos para añadir manualmente un nuevo elemento, añadir elemento con el identificador, añadir adjunto o añadir notas (ver Figura 9).

**Figura 9**  
*Iconos colección de registro*



Como último aspecto destacable de la colección de registro se atenderá a la información que nos proporciona de cada uno de los registros (Figura 10). Esta información aparece a la derecha de la interfaz, siendo editable y permitiendo corregir o añadir datos.

**Figura 10**  
*Información de los registros*



## IV. PROCESO DE INCORPORACIÓN DE REGISTROS

La incorporación de registros a Zotero se puede realizar de dos formas, manualmente o a través de una aplicación que se integra en el navegador web. A continuación, se detallan cada una de ellas.

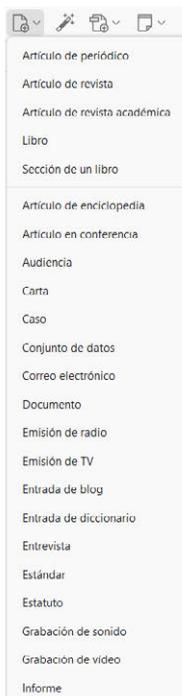
### 1. INTRODUCCIÓN MANUAL

La introducción manual se realizará pulsando el icono  que se encuentra en la parte superior izquierda de la colección de registro. A continuación, se seleccionará el tipo de documento a introducir.

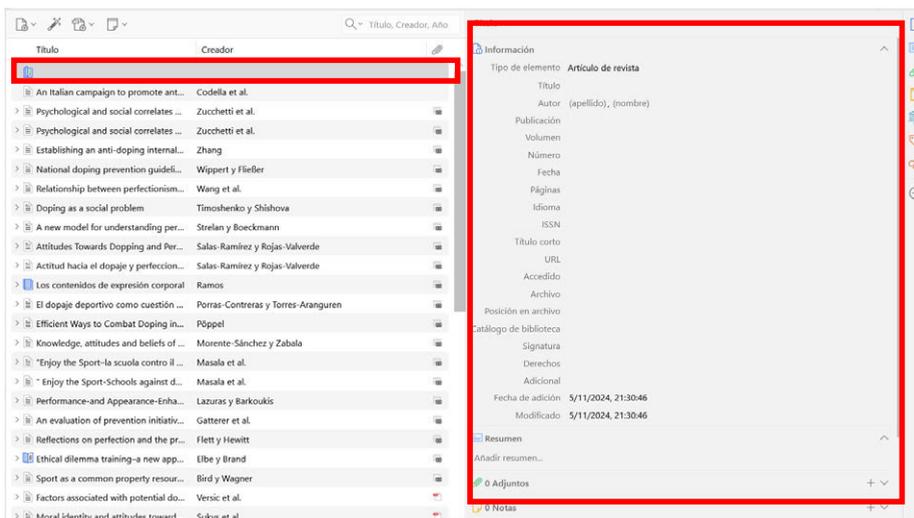
En este manual se pondrá de ejemplo un artículo de revista, ya que, junto a los libros y capítulos, son los materiales que más se usan. Para los demás tipos de documentos el procedimiento sería el mismo cambiando la información que se introduce.

Una vez seleccionado el tipo de documento, se añade en la lista de registros un nuevo registro en blanco.

**Figura 11**  
*Tipos de documentos*



**Figura 12**  
*Información para introducir en un nuevo registro*



Y para completar el proceso, en la parte derecha de la pantalla se encuentran los apartados a rellenar con la información de nuestro documento. En el caso de los artículos de investigación se introducirán el título, autores, publicación, volumen, número, fecha, páginas, idioma, ISSN, etc. También permite adjuntar el documento en formato PDF.

## 2. INTRODUCCIÓN A TRAVÉS DEL PLUG-IN DEL NAVEGADOR WEB

Para introducir registros a través del navegador web hay que tener instalada la extensión (ver apartado II). Una vez instalada la extensión tenemos la opción de introducir los documentos individualmente o introducir un grupo de documento a la vez.

En la primera opción, de introducir individualmente los documentos, accedemos a la página web del documento y pulsamos el icono de la extensión (ver figura 13).

**Figura 13**

*Introducción de documento a través de la extensión del navegador web*



Una vez pulsado el icono, aparece una ventana para la elección de la colección en la que se va a guardar el registro.

**Figura 14**

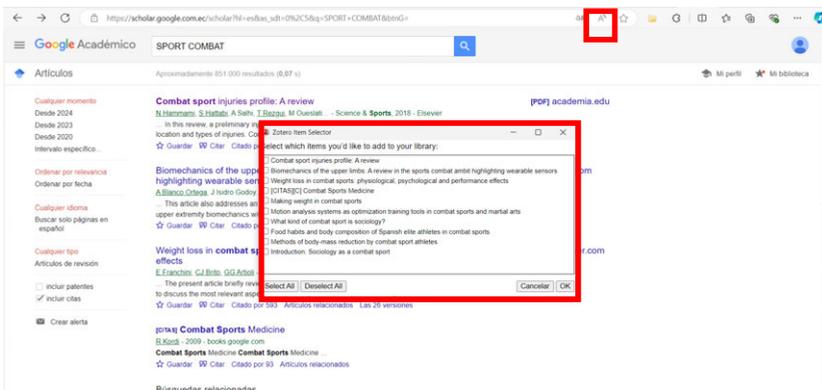
*Selección de colección para guardar el registro*



Para introducir un grupo de registros a la vez, realizamos una búsqueda en una base de datos (en este Manual se ha elegido Google Académico). Una vez realizada la búsqueda se vuelve a pulsar el icono de la extensión de Zotero en el navegador web y nos aparece una ventana con las opciones que se pueden añadir como registro. Una vez se seleccionen se pulsa “OK” y se añaden a la colección seleccionada al igual que en el caso anterior.

**Figura 15**

*Ventana de selección de documentos para añadir como registro*

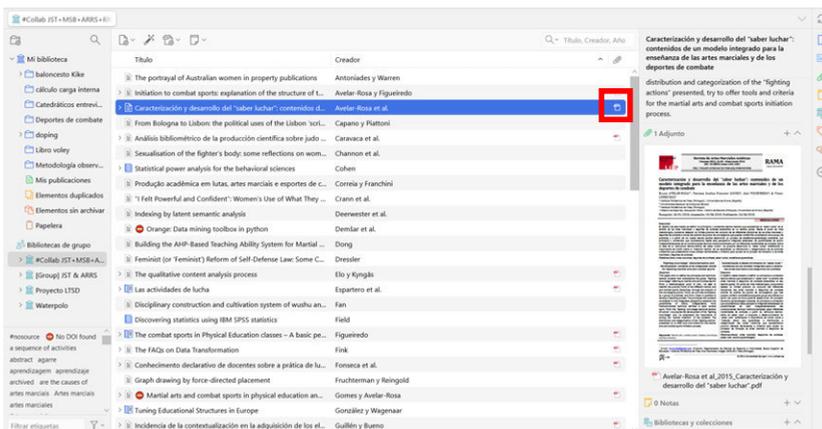


## V. LECTOR PDF Y EDITOR DE NOTAS

El lector de PDFs de Zotero es una de las características que lo hacen destacar sobre otros gestores de referencias. Su funcionamiento es sencillo. En primer lugar, hay que comprobar si el registro tiene archivo adjunto (en la interfaz de los registros a la derecha hay un icono que representa si tiene archivo adjunto y qué tipo de adjunto es (ver figura 16).

**Figura 16**

*Icono de archivo adjunto*



Una vez comprobado que tiene archivo adjunto, se realiza un doble clic y se abre el lector (Figura 17). El lector tiene una barra de iconos (señalados en la Figura 17) que son las acciones que nos permite el programa: resaltar texto, subrayar, crear nota, añadir texto, seleccionar área y dibujar.

**Figura 17**  
*Lector de PDFs*



## VI. INTEGRACIÓN EN PROCESADORES DE TEXTO

Una de las características que hacen de Zotero un gestor de referencias a tener en cuenta es su integración en los procesadores de texto. En el caso de Microsoft Word, Zotero se integra como una pestaña más de opciones (Ver Figura 18).

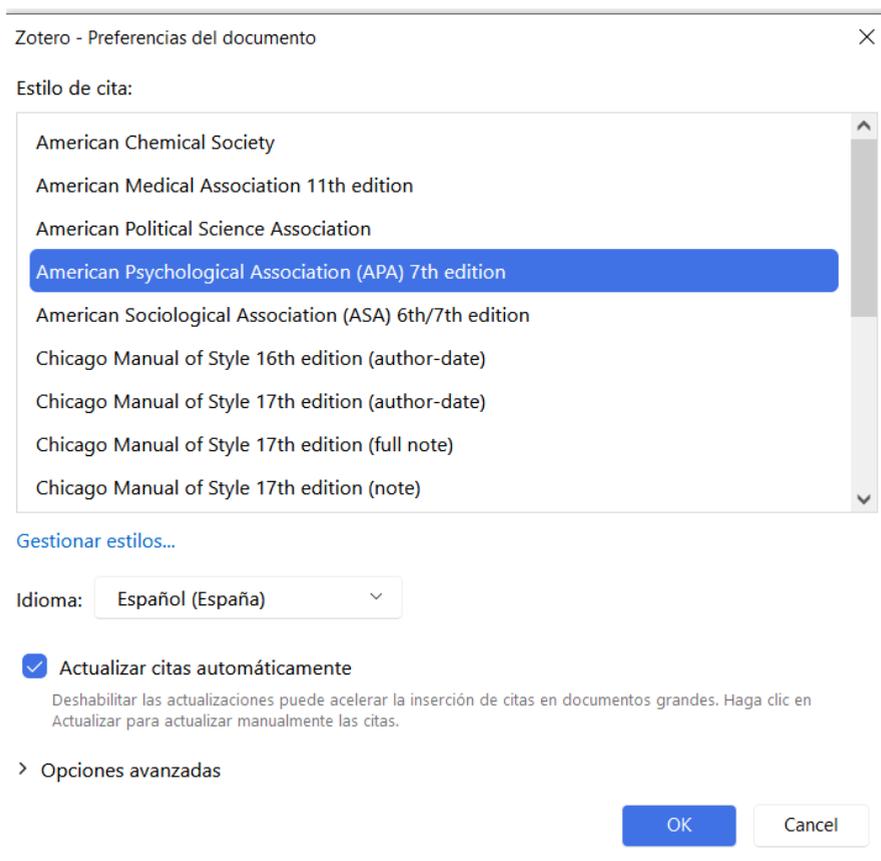
**Figura 18**  
*Opciones de Zotero en el procesador de texto Microsoft Word*



Esta pestaña nos permite añadir cita, añadir notas, añadir bibliografía, cambiar las preferencias del documento, actualizar y desconectar de Zotero.

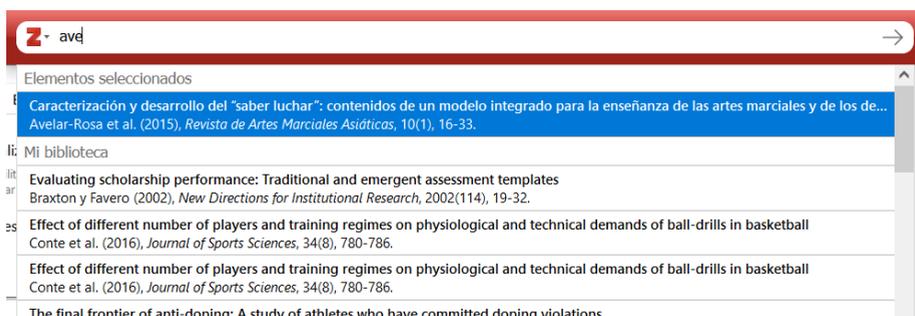
Al hacer clic por primera vez en el documento se nos abre una ventana para la elección de las normas de citación (Ver figura 19).

**Figura 19**  
*Elección de las normas de citación*



Una vez seleccionado el estilo de citación, para añadir citas, se selecciona añadir cita y nos aparece una ventana de búsqueda en la que se buscará, ya sea por autores o por título, el registro que se necesite citar.

**Figura 20**  
*Barra de búsqueda de registro para citar en el texto*



Una vez seleccionado el trabajo a citar se pulsa “enter” y se añade la cita al texto. Una vez añadidas todas las citas del documento, si pulsamos en añadir bibliografía, Zotero añade las referencias de todas citas anteriormente añadidas.

## VII. ALTERNATIVAS

Existen multitud de Gestores de referencia. A continuación, se presenta una comparación de las características de los más usados.

**Figura 21**

*Comparativa de Gestores de referencias (extraído de Cordón-García et al., 2009)*

<b>Gestor</b>	<b>Puntos fuertes</b>	<b>Aspectos mejorables</b>
<i>Endnote</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versión local y web</li> <li>- Muy bueno para estudios bibliométricos (listas, tablas por frecuencia)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso relativamente complejo</li> <li>- Búsqueda compleja y poco eficaz</li> </ul>
<i>Endnote web</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versión local y web</li> <li>- Buena organización interna (pestañas, colores)</li> <li>- Visualizar de dónde fue exportado cada registro</li> <li>- Importar bibliografías de Word</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitaciones en el número de registros</li> <li>- Limitaciones en los usuarios a compartir (100)</li> <li>- Limitaciones a 25 favoritos</li> <li>- Compatibilidad por limitaciones comerciales</li> <li>- Posibilidad de crear formatos propios de entrada y salida</li> </ul>
<i>RefWorks</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sindicación de contenidos</li> <li>- Formato ISO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No dispone de versión local</li> <li>- Compatibilidad por limitaciones comerciales</li> <li>- Complejidad importación indirecta</li> <li>- Posibilidad de crear formatos propios de entrada y salida</li> </ul>
<i>Zotero</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sin limitaciones comerciales</li> <li>- Poder sugerir sitios</li> <li>- Integra recursos comerciales</li> <li>- Hacer instantáneas</li> <li>- Usabilidad</li> <li>- Posibilidad de introducir sugerencias</li> <li>- Buen servicio soporte (tutoriales)</li> <li>- Facilidad de exportación (barra de direcciones)</li> <li>- Iconos tipo documento</li> <li>- Detección automática metadatos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de autoridades</li> <li>- Recursos aún no compatibles con Zotero</li> <li>- Sólo compatible FireFox</li> <li>- Posibilidad de crear formatos propios de entrada y salida</li> <li>- Mejorar el sistema de búsqueda</li> </ul>

## VIII. REFERENCIAS

- Boretto, J. G. (2012). Gestores de referencias bibliográficas. *Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología*, 77(3), 170-170.
- Cordón-García, J.-A., Martín-Rodero, H., & Alonso-Arévalo, J. (2009). Gestores de referencias de última generación: Análisis comparativo de RefWorks, EndNote Web y Zotero. *Profesional de la información*, 18(4), Article 4. <https://doi.org/10.3145/epi.2009.jul.14>
- López Carreño, M. (2014). Análisis comparativo de los gestores bibliográficos sociales Zotero, Docear y Mendeley: Características y prestaciones. *Cuadernos de Gestión de Información*, 4, 51-79.
- Varón Castañeda, C. M. (2017). *Gestores bibliográficos: Recomendaciones para su aprovechamiento en la academia* (Primera). Journals & Authors. <https://doi.org/10.25012/isbn.9789585623309>

## CAPÍTULO IV

---

# Análisis de contenido

**Augusto Rembrandt Rodríguez Sánchez<sup>1,4</sup>**

**Jesús Salado Tarodo<sup>2,3,4</sup>**

*Departamento de Educación Física y Deporte (Universidad de Sevilla)<sup>1</sup>*

*Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU  
Andalucía<sup>2</sup>*

*Facultad de Humanidades, Educación y Deporte. Universidad CEU Fernando III, CEU  
Universities<sup>3</sup>*

*Grupo de investigación HUM-1059: Critical Approach on Sport (CASport), Universidad de  
Sevilla<sup>4</sup>*

rembrandt@us.es

jsalado@ceu.es

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. CONSIDERACIONES ACADÉMICAS Y CIENTÍFICAS DEL USO DE LA APLICACIÓN CATMA PARA EL ANÁLISIS DE CONTENIDO

La técnica de análisis de contenido puede, y así se recomienda, llevarse a cabo con la ayuda de programas que permitan trabajar con sus datos, conocidos como CAQDAS en inglés, cuyas siglas significan *Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software*.

Aunque la tradición en el trabajo con este tipo de técnicas y enfoques ha sido eminentemente analógica, la aparición de software especializado no solo ha mejorado el procedimiento de análisis, sino que también permite realizar interpretaciones más eficaces. Davidson y Di Gregorio (2011) afirman que el software para el análisis de datos cualitativos ha evolucionado y ganado en prestaciones en los últimos años, señalando las siguientes consideraciones al respecto:

- Constituye un espacio digital donde organizar todos los materiales relacionados con el estudio.
- Es una plataforma con herramientas disponibles para aplicar a dichos materiales, donde, además de almacenarlos, es posible extraer fragmentos, yuxtaponer, interpretar y recomponerlos.
- Facilita la movilidad y el fácil transporte de los datos.
- Permite mejorar la transparencia en el procedimiento al facilitar la compartición de los resultados y procedimientos de análisis de dichos materiales.

Además, dentro de las posibilidades de este tipo de software, existe la opción de efectuar búsquedas de palabras (Gibson y Brown, 2009; Miles y Huberman, 1994), lo que permite realizar análisis de corte cuantitativo, como la lexicometría (recuento de palabras). De esta forma, es posible realizar pruebas complementarias a las estrictamente cualitativas, con la ayuda de este tipo de programas.

Entre ellos se encuentra CATMA, o *Computer Assisted Text Markup and Analysis* (<https://catma.de>), un software gratuito y de código abierto para el análisis cualitativo y cuantitativo de textos (Gius et al., 2024). Su aplicación en el ámbito académico se sustenta en varios aspectos importantes, tales como:

1. La capacidad de la aplicación para facilitar tanto el etiquetado sistemático de datos textuales como la visualización y cuantificación de patrones, aspectos fundamentales en el análisis de contenido cuantitativo, cualitativo y mixto.
2. Por otro lado, el cumplimiento de consideraciones importantes que deben atenderse al realizar un trabajo científico, que se detallan a continuación:
  - a. Validez y confiabilidad en el análisis de contenido: La estructura de CATMA permite una codificación precisa y coherente de los datos, reduciendo posibles sesgos de los investigadores y aumentando la precisión del análisis. Además, facilita una codificación a lo largo del tiempo y realizada por diferentes investigadores, cumpliendo con las recomendaciones de autores como Krippendorff (2004).
  - b. Replicabilidad y reproductibilidad: La estructura de etiquetas y la codificación sistematizada que aporta CATMA permiten que otros investigadores puedan replicar el análisis o reproducirlo en textos similares.
  - c. Integración de métodos cualitativos y cuantitativos: Una de las principales ventajas de esta aplicación es que permite combinar enfoques cualitativos y cuantitativos en el análisis de contenido. No solo facilita el etiquetado y análisis de textos de manera cualitativa, sino que también cuantifica la frecuencia de términos, frases o categorías, generando estadísticas.
3. Aplicación gratuita y de código abierto.
4. Colaboración en tiempo real.

## **2. MEDIDAS O DATOS QUE EXTRAER EL ANÁLISIS DE CONTENIDO**

Para llevar a cabo el análisis de contenido, los datos pueden consistir en transcripciones de entrevistas, notas de campo de observación, diarios, documentos, dibujos, artefactos, fotografías, vídeos, sitios de Internet, correspondencia electrónica y bibliografía, entre otros (Saldaña, 2009).

Una vez seleccionados los datos y procediendo al análisis de contenido, se pueden distinguir dos tipos de enfoques y medidas que se derivan de los mismos: el análisis cuantitativo y el análisis cualitativo.

En cuanto al primero de los dos, el objetivo de cualquier análisis cuantitativo es producir recuentos de categorías clave y mediciones de las cantidades de otras variables (Fink, 2009), es decir, resumir numéricamente un conjunto de mensajes.

Por otro lado, en el análisis cualitativo, el objetivo es explicar los datos a través de un sistema de códigos que permiten realizar generalizaciones y obtener conclusiones.

Un código es un constructo generado por el investigador que simboliza y, por lo tanto, atribuye un significado interpretado a cada dato individual con fines posteriores de detección de patrones, categorización, construcción de teorías y otros procesos analíticos (Saldaña, 2009). Estos códigos se diseñan mediante un proceso denominado *codificación*, el cual se entiende como la transición entre la recogida de datos y un análisis más exhaustivo de los mismos (Saldaña, 2009).

### 3. INVESTIGACIONES QUE USAN APLICACIONES SIMILARES

---

Wallace, L., Wilson, J., y Miloch, K. (2011). Sporting Facebook: A Content Analysis of NCAA Organizational Sport Pages and Big 12 Conference Athletic Department Pages. *International Journal of Sport Communication*, 4(4), 422–444.  
<https://doi.org/10.1123/ijsc.4.4.422>

---

**Objetivo:** Examinar el uso de las redes sociales como herramienta de gestión de marca en el deporte universitario

**Método:** El proceso de recogida de datos consistió en hacer una captura de pantalla de los elementos de contenido de las páginas respectivas, imprimirlos y asignarles un número de artículo. A continuación, se ordenaron aleatoriamente por nombre de equipo. Los ítems de contenido se revisaron en busca de categorías y temas emergentes. El registro de códigos y las definiciones se elaboraron a partir de las categorías emergentes y teóricamente respaldadas. Los temas principales fueron herramientas de comunicación, deporte, atributos de marca, asociaciones de marca, estrategia de marketing cobertura informativa y tipo de interacciones con los aficionados. Las categorías que no ofrecían suficientes casos para desarrollar categorías mutuamente excluyentes se denominaron “otros”, y cuando apareció una “combinación” de elementos exclusivos se etiquetó como combinación. Antes del proceso de codificación de los datos, el investigador llevó a cabo sesiones de formación para asegurarse de que los dos codificadores estaban familiarizados con los procedimientos de codificación y las medidas.

**Resultados:** Los datos revelaron diferencias estadísticamente significativas en los contenidos publicados según la temporada, el tipo de herramientas de comunicación y la interacción con los aficionados.

**Conclusión:** Las técnicas de comunicación y los contenidos que se publican en estos sitios pueden aumentar la exposición de la marca y, en consecuencia, facilitar la interacción bidireccional.

---

Winand, M., Belot, M., Merten, S., y Kolyperas, D. (2019). International Sport Federations' Social Media Communication: A Content Analysis of FIFA's Twitter Account. *International Journal of Sport Communication*, 12(2), 209–233.  
<https://doi.org/10.1123/ijsc.2018-0173>

---

**Objetivo:** Analizar cómo utilizan Twitter las federaciones deportivas internacionales (FDI) para interactuar y relacionarse con sus seguidores.

**Método:** La fase preliminar de este estudio consistió en recopilar todos los tuits que fueron publicados por @FIFacom y @FIFamedia entre el 21 de agosto de 2014 y el 21 de enero de 2015. Se eligió este periodo de tiempo para que comenzara después de la Copa Mundial Masculina de la FIFA 2014, que atrae la mayor parte de los medios sociales. El periodo también coincidió con la Copa Mundial Femenina Sub-20 de la FIFA (Canadá, 5-24 de agosto) y la Copa Mundial de la FIFA (Marruecos, 10-20 de diciembre). Se optó deliberadamente por centrarse en la comunicación que tuvo lugar después de la Copa Mundial de la FIFA, para poder analizar la comunicación de la FIFA sobre sus actividades, y no sobre los resultados de los partidos de fútbol. Se recopilaron un total de 5.389 tuits publicados en ambas cuentas a través de NCapture y se importaron en el software de análisis de datos cualitativos QSR NVivo 10 para observar cómo el organismo rector del fútbol internacional utilizaba la plataforma de Twitter para interactuar, relacionarse y compartir información. Se realizó un análisis de contenido temático con el programa QSR NVivo10. Cada tuit se codificó manualmente dentro de uno o varios temas, con la ayuda del software.

**Resultados:** Los resultados sugieren que la FIFA Twitter no aprovecha todo su potencial, ya que comparte sobre todo información unidireccional en lugar de comprometerse más con sus seguidores. La investigación subraya la importancia de utilizar Twitter con eficacia como herramienta de comunicación para las federaciones.

**Conclusión:** La comunicación sobre el desarrollo social y la participación de los seguidores, incluidas sus asociaciones deportivas nacionales afiliadas, podrían aumentar la reputación de las federaciones y generar confianza entre los seguidores y las partes interesadas.

---

Chodzko-Zajko, W. J., Schwingel, A., y Romo-Pérez, V. (2012). Un análisis crítico sobre las recomendaciones de actividad física en España. *Gaceta Sanitaria*, 26(6), 525–533. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2011.10.019>

---

**Objetivo:** Identificar los documentos oficiales de las comunidades autónomas en España que contengan recomendaciones sobre actividad física, para evaluar el grado de conformidad con las recomendaciones sobre actividad física para la salud de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

**Método:** Se realizó un análisis de contenido sobre 55 documentos de las consejerías de sanidad de los distintos gobiernos autonómicos que contienen recomendaciones sobre actividad física.

**Resultados:** El 84% de las comunidades autónomas en España hacen algún tipo de recomendación sobre actividad física aeróbica y el 37% sobre fortalecimiento muscular. Sin embargo, las que tienen documentos en consonancia con los criterios de la OMS son: actividad física aeróbica ( $n = 11$ , 58%), personas adultas ( $n = 10$ , 53%), personas mayores ( $n = 5$ , 26%), infancia/adolescentes ( $n = 1$ , 5%); fortalecimiento muscular, personas adultas ( $n = 6$ , 32%), personas mayores ( $n = 3$ , 16%), infancia/adolescentes ( $n = 1$ , 5%); equilibrio ( $n = 5$ , 26%); al menos 10 minutos continuados de actividad física ( $n = 6$ , 32%); recomiendan hasta 300 minutos semanales ( $n = 10$ , 53%); intensidad de la actividad física ( $n = 2$ , 11%).

**Conclusión:** Las recomendaciones hacen referencia a la actividad física aeróbica y apenas tienen en cuenta el fortalecimiento muscular. Una comunidad autónoma se ajusta a las recomendaciones de la OMS. Las comunidades con mayores índices de envejecimiento y mayor porcentaje de infancia/adolescentes casi no hacen recomendaciones sobre actividad física de acuerdo con las directrices de la OMS

#### 4. POSIBLES LIMITACIONES DEL USO DEL ANÁLISIS DE CONTENIDO

Con respecto a las limitaciones del uso del análisis de contenido y utilizando la propuesta de Kondracki et al. (2002), podemos observar la Tabla 1:

**Tabla 1**  
*Limitaciones y estrategias para evitarlas del análisis de contenido*

<b>Limitación</b>	<b>¿Qué significa?</b>	<b>Ejemplo</b>	<b>Consejo</b>
<b>Generalización limitada de los resultados</b>	Las conclusiones obtenidas son aplicables específicamente al material estudiado y pueden no representar un universo más amplio.	Analizar opiniones en los comentarios de un solo blog (estudio de caso) no permite asumir que dichas opiniones reflejan las de toda la población.	Selecciona cuidadosamente tu muestra y sé cauteloso/a al generalizar tus hallazgos más allá del material analizado.
<b>Incapacidad para establecer causalidad</b>	El análisis de contenido identifica patrones y frecuencias, pero no determina si un factor causa otro.	Detectar que un tema aparece frecuentemente en noticias no implica que ese tema cause cambios en la opinión pública.	Complementa el análisis con otros métodos que permitan explorar relaciones causales, como experimentos o estudios longitudinales.
<b>Subjetividad en la interpretación</b>	La interpretación puede variar entre investigadores/as debido a sesgos personales o diferentes entendimientos del contenido.	Dos investigadores/as pueden clasificar el mismo mensaje de forma diferente si no existen criterios claros.	Establece categorías y códigos bien definidos y considera realizar pruebas de confiabilidad entre codificadores para asegurar la consistencia.
<b>Desafíos en la codificación de significados implícitos</b>	Puede pasar por alto el contexto o significados ocultos como sarcasmo, ironía o simbolismo.	Un texto con humor sarcástico puede ser malinterpretado si se analizan solo las palabras literales.	Presta atención al contexto y combina el análisis con métodos cualitativos que exploren significados más profundos.

<b>Limitación</b>	<b>¿Qué significa?</b>	<b>Ejemplo</b>	<b>Consejo</b>
<b>Naturaleza laboriosa y consumo de tiempo</b>	Analizar grandes cantidades de contenido puede ser extremadamente laborioso y consumir mucho tiempo, especialmente si se hace manualmente.	Revisar y codificar cientos de horas de grabaciones de entrevistas manualmente.	Utiliza software de análisis de contenido para gestionar grandes volúmenes de datos.
<b>Cuestiones éticas y de confidencialidad</b>	Analizar contenido con información personal o sensible requiere proteger la identidad y privacidad de las personas involucradas.	Publicar extractos de mensajes privados sin consentimiento puede ser éticamente incorrecto y legalmente problemático.	Obtén los permisos necesarios y anonimiza la información personal. Familiarízate con las normativas éticas y legales aplicables.
<b>Evolución del lenguaje y contexto cultural</b>	El significado de palabras y expresiones puede cambiar con el tiempo o variar entre culturas, afectando la interpretación.	Un término común hace décadas puede tener un significado diferente en la actualidad.	Considera el contexto temporal y cultural del material. Actualiza tus conocimientos sobre el lenguaje y consulta fuentes especializadas si es necesario.

## II. MANEJO DE LA APLICACIÓN

### 1. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN

La aplicación CATMA es una herramienta que permite realizar tareas avanzadas de codificación, anotación y visualización de datos textuales, facilitando así la exploración y comprensión profunda de los textos. Sus características principales son las siguientes:

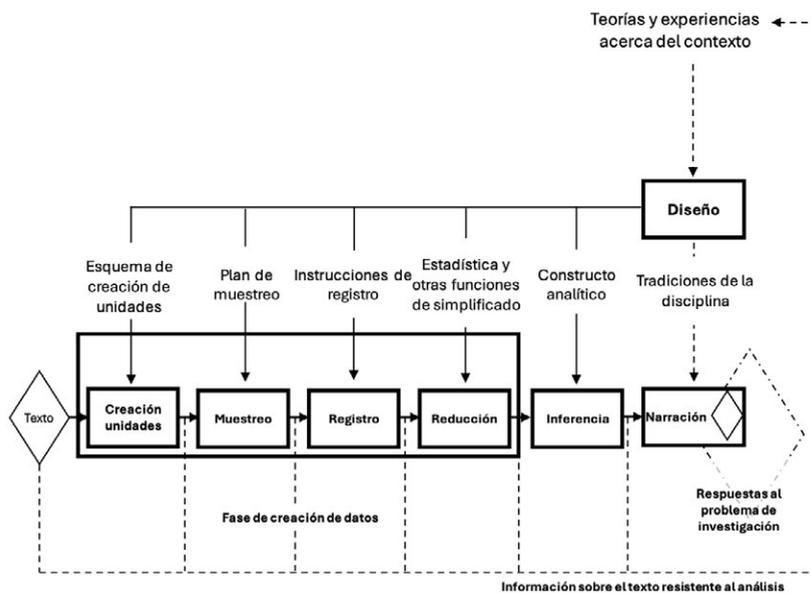
1. Etiquetado personalizado y Jerárquico: Permite la creación de etiquetas personalizadas para la clasificación y organización de los datos.
2. Codificación multinivel: La herramienta tiene la capacidad de aplicar múltiples etiquetas a un mismo fragmento de texto.
3. Visualización y análisis cuantitativo: Incluye herramientas de análisis cuantitativo, como gráficos de frecuencia.
4. Interfaz colaborativa: Facilita el trabajo colaborativo en tiempo real.
5. Exportación de datos: Permite exportar los textos y resultados en diversos formatos.

### 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

En cuanto al procedimiento de la técnica de análisis de contenido, Krippendorff (2004) detalla en la Figura 1 la metodología para llevar a cabo el procesamiento de los datos, independientemente de su naturaleza.

**Figura 1**

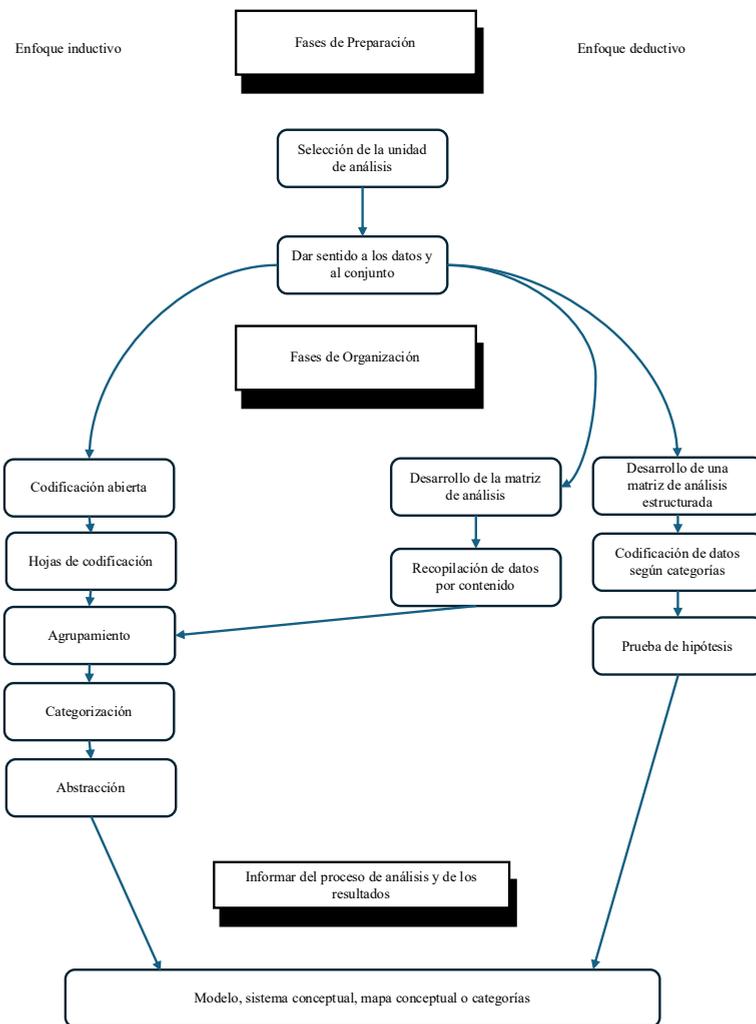
*Componentes del análisis de contenido Krippendorff (2004, p. 86)*



El proceso para llevar a cabo el análisis de contenido puede abordarse desde dos enfoques diferenciados: inductivo y deductivo (Elo y Kyngäs, 2008). A continuación, se detallarán los aspectos comunes del proceso y, posteriormente, cada uno de los enfoques.

Como se muestra en la Figura 2, el procedimiento del análisis de contenido se divide en tres fases principales: preparación, organización y elaboración de informes (Elo y Kyngäs, 2008).

**Figura 2**  
*Fases del procedimiento de análisis de contenido*  
 (traducido de Elo y Kyngäs, 2008, p. 110)



1. **Fase de preparación:** Comienza con la selección de la unidad de análisis. Decidir qué analizar con qué detalle y considerar el muestreo son factores cruciales antes de seleccionar la unidad de análisis (Krippendorff, 2004).
2. **Fase de organización:** En esta fase, se aplicarán los dos enfoques previamente mencionados:
  - a. El enfoque inductivo en el análisis de contenido se fundamenta en un proceso de razonamiento que va de lo particular a lo general. Los investigadores adoptan este enfoque cuando no existe un marco teórico preestablecido o cuando desean que los temas y patrones emerjan directamente de los datos. Es especialmente útil en estudios exploratorios o cuando el conocimiento previo sobre el fenómeno es limitado. El procedimiento inductivo, según Thomas (2006), consiste en los siguientes elementos:
    1. Preparación de archivos de datos brutos.
    2. Lectura detallada del texto: Se realiza una inmersión profunda en los datos para comprender el contenido y el contexto.
    3. Codificación abierta: Los datos se segmentan en unidades pequeñas (frases o párrafos) y se crean códigos sin una estructura predeterminada. Los códigos emergen directamente de lo que el texto sugiere.
    4. Superposición de codificación y texto no codificado: los códigos similares o relacionados se agrupan para formar categorías más amplias.
    5. Revisión y refinamiento continuos del sistema de categorías: las categorías pueden combinarse o vincularse bajo una categoría superordinada cuando los significados son similares.
  - b. El enfoque deductivo, por el contrario, sigue un proceso de razonamiento que va de lo general a lo particular. Es decir, el investigador inicia con un marco teórico, hipótesis o categorías predeterminadas y busca en los datos evidencia para confirmar o refutar dichas ideas. Este enfoque es particularmente útil cuando existe un conocimiento sustancial previo sobre el tema y cuando el investigador desea probar teorías existentes o verificar categorías establecidas. El procedimiento para realizar el enfoque deductivo, según lo establecido por Elo y Kyngäs (2008), consiste en:
    1. Definición de un marco teórico o categorías: Antes de analizar los datos, es necesario definir un conjunto de categorías o temas basados en la literatura existente.
    2. Codificación basada en las categorías predeterminadas: Los datos se codifican de acuerdo con las categorías preestablecidas, guiando así el análisis mediante este marco.
    3. Revisión de categorías y datos: Los datos que no encajan en las categorías predeterminadas pueden ser recategorizados

adicionalmente o ignorados si no son relevantes para las hipótesis.

4. Interpretación y verificación: Los resultados del análisis permiten verificar si los datos apoyan o refutan las hipótesis o teorías originales.

3. **Fase de elaboración de informes:** El proceso de análisis y sus resultados deben describirse detalladamente para que los lectores puedan identificar claramente cómo se llevó a cabo el análisis.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CODIFICACIÓN EN EL ANÁLISIS DE CONTENIDO

Dentro del procedimiento previamente descrito, Saldaña (2009) ofrece una guía detallada del proceso de codificación, el cual se divide en dos ciclos:

1. Primer ciclo de codificación: Esta etapa corresponde al análisis inicial, donde los datos se exploran de manera más detallada y minuciosa. En este ciclo, los investigadores asignan códigos a segmentos de datos sin intentar reducir excesivamente el volumen de información ni crear categorías abstractas de inmediato. Es un proceso exploratorio y de descubrimiento que permite un primer acercamiento a los datos. En este ciclo, los tipos de codificación que emergen son:
  - Codificación Descriptiva: Asigna etiquetas que describen lo que ocurre en los datos, generalmente resumiendo el contenido literal de una frase o un pasaje.
  - Codificación In Vivo: En este caso, los códigos se extraen directamente de las palabras o frases utilizadas por los participantes, para mantener la autenticidad del lenguaje original.
  - Codificación Temática: La codificación se orienta hacia la identificación de temas amplios dentro de los datos. En lugar de codificar cada pequeña unidad de texto, se buscan ideas más grandes que puedan estar distribuidas a lo largo de los datos.
  - Codificación de Procesos: Esta codificación se centra en las acciones o procesos dinámicos que se mencionan en los datos. Los códigos tienden a ser verbos o frases que describen el comportamiento o las acciones.
  - Codificación Emocional: Se codifican las emociones expresadas por los participantes o inferidas a partir del contenido. Esta codificación es particularmente útil en investigaciones sobre experiencias humanas complejas o sensibles.
2. Segundo ciclo de codificación: Este ciclo se realiza tras la codificación inicial de los datos. En esta etapa, el investigador busca agrupar y refinar los códigos obtenidos en el primer ciclo. El objetivo es organizar los datos en categorías más abstractas y conceptuales, permitiendo así avanzar hacia un

análisis interpretativo más profundo y hacia la teorización. En este ciclo, los tipos de codificación que emergen son:

- Codificación Axial: Se enfoca en reorganizar los códigos generados en el primer ciclo, agrupándolos en torno a categorías centrales y buscando relaciones entre los códigos. Es un paso esencial en la construcción de teorías a partir de los datos cualitativos.
- Codificación Focalizada o Selectiva: Aquí se seleccionan los códigos más relevantes o frecuentes obtenidos en el primer ciclo y se refinan para obtener categorías más generales. Este tipo de codificación permite reducir la complejidad de los datos y centrar el análisis en los elementos clave.
- Codificación Teórica: Este tipo de codificación busca desarrollar teorías a partir de los códigos y categorías generadas. Aquí, el investigador ya no se enfoca en codificar más datos, sino en cómo los datos codificados se relacionan entre sí y con el marco teórico general.

#### **4. CRITERIOS DE RIGOR EN LA MEDIDA**

Dado que el enfoque constructivista tiene como objetivo conocer y comprender las diversas realidades en las que el personal investigador se encuentra inmerso al analizar un fenómeno, es pertinente abordar en este punto los desafíos que pueden representar los prejuicios personales en la realización de dicho estudio. Por ello, es necesaria la adopción de medidas que garanticen la neutralidad, contrastabilidad y refutabilidad de las interpretaciones sobre el fenómeno estudiado.

Christians (2011) establece que, en primer lugar, el diseño de investigación debe ser claro y libre de ambigüedades interpretativas, y que los resultados deben ser exactos y exentos de omisiones y datos imprecisos.

En relación con los criterios de rigor en este tipo de estudios, la obra de Lincoln y Guba (1985, citada en Krefting, 1991) es la más representativa. En ella se propone una terminología sustentada en cuatro términos: credibilidad, transferibilidad, dependencia y confirmabilidad.

En la misma línea, Laura Krefting (1991) propone ejemplos de estrategias para el cumplimiento de dichos criterios. En la Tabla 2 se presentan las definiciones y algunas propuestas estratégicas para el rigor en investigaciones cualitativas.

**Tabla 2**

*Criterios de rigor científico y estrategias en investigación cualitativa*

<p><b>Credibilidad</b></p>	<p>Los datos de la investigación deben ser creíbles. Para lograr esto, es necesario que el investigador sea capaz de recoger de la manera más fidedigna posible las evidencias presentes en el contexto investigado.</p>	<p>Trabajo prolongado con los datos. Triangulación con diferentes fuentes de datos. Participación de otros investigadores. Autoridad del investigador:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Familiaridad con el fenómeno.</li> <li>• Fuerte interés en el objeto de estudio.</li> <li>• Habilidad para efectuar aproximaciones interdisciplinarias.</li> <li>• Pericia y experiencia en investigaciones similares.</li> </ul>
<p><b>Transferibilidad</b></p>	<p>La transferibilidad se refiere a la capacidad que tiene el consumidor (y no el autor) de la investigación para generalizar los resultados presentados (Thomas y Nelson, 2007). El usuario, entendiendo como lector y consumidor de la información, evalúa los resultados expuestos y valora su utilidad.</p>	<p>Descripción detallada del diseño de investigación.</p>
<p><b>Dependencia</b></p>	<p>La dependencia se refiere a la consistencia de los resultados y a la capacidad de replicarlos siempre que el contexto y los participantes sean los mismos. Abarca la estabilidad y rastreabilidad, considerando variaciones producto de factores como cambios en la realidad, instrumentos o errores.</p>	<p>Tiempo de descanso entre primer y segundo ciclo de codificación.</p>
<p><b>Confirmabilidad</b></p>	<p>La confirmabilidad se refiere a la capacidad del investigador para mantenerse objetivo como instrumento fundamental de medida en el tratamiento e interpretación de los datos. La objetividad no reside en el propio investigador, sino en la forma en que éste presenta los datos obtenidos que confirman los resultados.</p>	<p>Descripción exhaustiva de los códigos y categorías utilizados en la investigación. Datos de la muestra disponibles al público.</p>

### III. PROTOCOLO

#### 1. PREPARACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS. ELEMENTOS PARA GARANTIZAR QUE LAS MEDIDAS SEAN FIABLES Y VÁLIDAS.

La técnica de análisis de contenido se fundamenta en los postulados del paradigma constructivista. Según Lincoln, Lynham y Guba (2011), el carácter emergente de este paradigma, así como su enfoque holístico y la consideración contextual de los datos de la muestra, lo convierten en el enfoque más adecuado para llevar a cabo dicha técnica.

De esta manera, Thomas y Nelson (2007) señalan que, durante el procedimiento de investigaciones basadas en la descripción, comprensión e interpretación de la esencia de un fenómeno, los investigadores no manipulan variables en la fase del trabajo experimental. En su lugar, se dedican a observar la información generada, recopilando los datos de campo en el entorno natural donde estos se manifiestan.

Para ilustrar esta cuestión, Valles (1997) propone una clasificación de las decisiones que deben tomarse en el diseño de investigaciones bajo el paradigma constructivista, las cuales se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Decisiones de diseño desde el paradigma constructivista (Valles, 1997)*

Comienzo del estudio	Durante el estudio	Final del estudio
Formulación clara y precisa del problema de investigación.	Reajuste del cronograma de tareas según sea necesario.	Decisiones sobre el momento y la manera de abandonar el campo de estudio.
Selección adecuada de casos y contextos.	Adición o eliminación de observaciones y entrevistas según los hallazgos.	Decisiones finales de análisis.
Acceso efectivo al campo de estudio.	Modificación de protocolos de observación y guiones de entrevista.	Decisiones sobre la presentación y escritura del estudio.
Establecimiento de un marco temporal definido.	Generación y comprobación de hipótesis.	
Selección de las estrategias metodológicas pertinentes.		
Relación coherente con la teoría existente.		
Detección de sesgos e ideología del investigador.		
Consideración de aspectos éticos.		

Para la recolección de datos, la técnica de análisis de contenido se fundamenta en la revisión documental. Marshall y Rossman (2011) especifican que la revisión documental se aplica a cualquier fuente de texto, audio o vídeo, con el fin de su posterior análisis. Las ventajas de esta técnica permiten trabajar de forma iterativa con los materiales originales que constituyen la muestra, ya que, al tratarse de datos que no cambian con el tiempo, es posible realizar cambios en el enfoque del análisis sin que estos se vean afectados. Además, la naturaleza de estos datos permite, en aras de la fiabilidad, incorporar otras técnicas de análisis de naturaleza positivista, como la lexicometría, para triangular las interpretaciones realizadas.

En la constitución de la muestra, Goetz y Lecompte (citados en Thomas y Nelson, 2007) utilizan el término *muestreo basado en criterios* para referirse a la manera en que los investigadores establecen ciertos criterios antes de incluir un nuevo elemento dentro de la muestra. Ejemplos de estos criterios incluyen la naturaleza de las fuentes documentales (texto, desde libros editados hasta correspondencia personal; vídeo, como testimonios o entrevistas; audio, como entrevistas o declaraciones), la tipología de estas fuentes (si son originales o fuentes secundarias, recopiladas sobre el fenómeno estudiado) y otros elementos estructurales, como el idioma en el que se producen (si se analiza en el idioma nativo o mediante traducciones oficiales).

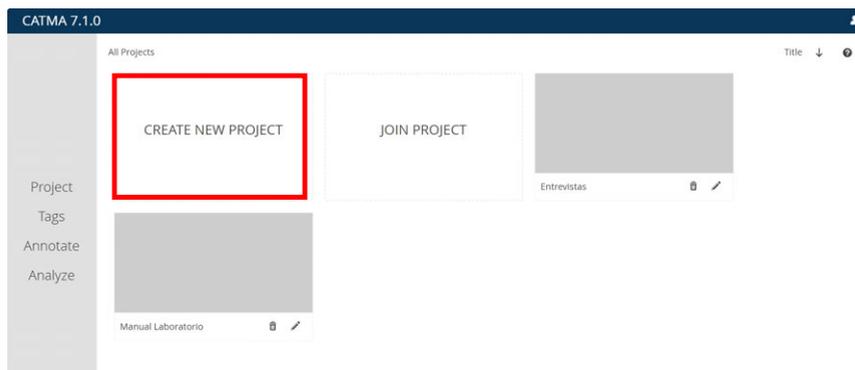
Esta cuestión, por tanto, determina la naturaleza singular de los datos que constituyen la muestra y los elementos que serán el sustrato principal del análisis. Es lo que Gibson y Brown (2009) denominan fuentes primarias. Estos autores señalan que, en el caso de los análisis documentales, el concepto de fuente primaria puede considerarse sinónimo de documentos primarios, ya que la unidad de análisis de la fuente es el documento. De la misma manera, se actúa si los datos o parte de ellos se encuentran recogidos en fuentes audiovisuales: se entiende como fuente primaria toda aquella grabación en vídeo o audio que aporta información original del fenómeno que se está estudiando. Por otro lado, todo elemento complementario que aporte información sobre el fenómeno estudiado, pero que no se pueda atribuir a él, se consideraría como fuente secundaria. El objetivo de la técnica de análisis de contenido es aplicarse a toda fuente de información relevante acerca del fenómeno estudiado, aunque siempre entendiendo que el núcleo de este análisis debe centrarse en las fuentes primarias.

## **2. PROTOCOLOS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS DATOS**

Para realizar el análisis de contenido utilizando la aplicación CATMA, se recomienda seguir los siguientes pasos una vez que la aplicación esté instalada en nuestro dispositivo.

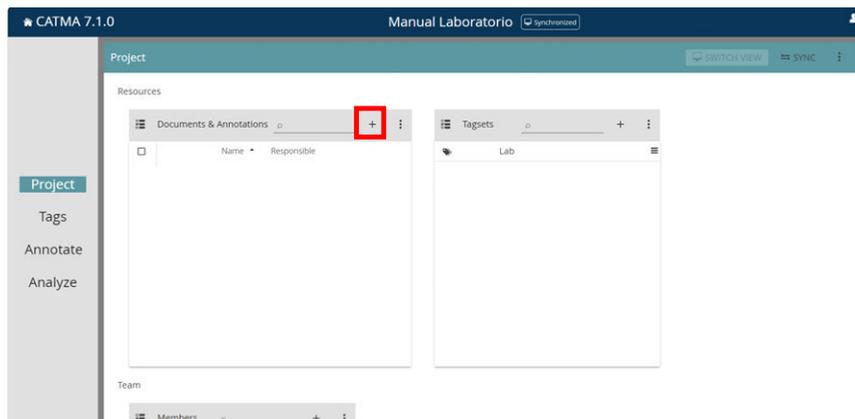
En primer lugar, es necesario crear un proyecto. Para ello, y como se puede observar en la Figura 3, en la pantalla inicial debemos hacer clic en “Create Project”. En caso de ser invitados a participar en un proyecto ya existente, debemos hacer clic en “Join Project”. Para ello, el creador del proyecto debe invitarnos a participar.

**Figura 3**  
*Pantalla inicial CATMA*



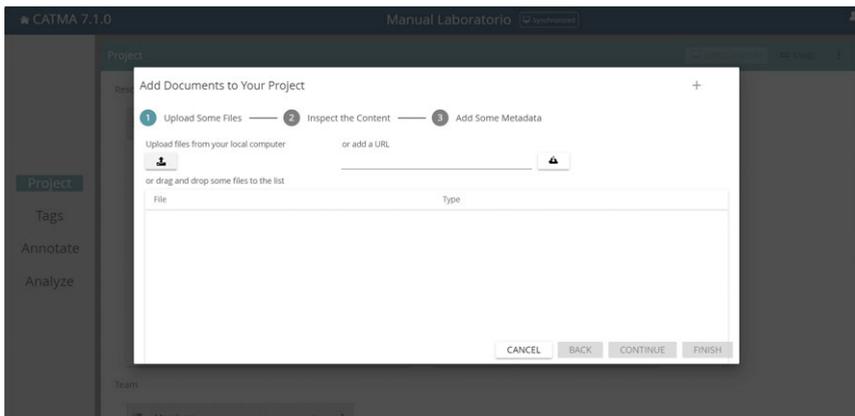
Una vez creado el proyecto, es necesario introducir los documentos seleccionados como muestra de nuestro trabajo. Para ello, en la ventana “Documents & Annotations”, debemos seleccionar el símbolo “+”, tal y como se indica en la Figura 4.

**Figura 4**  
*Introducción de documentos en la aplicación CATMA*



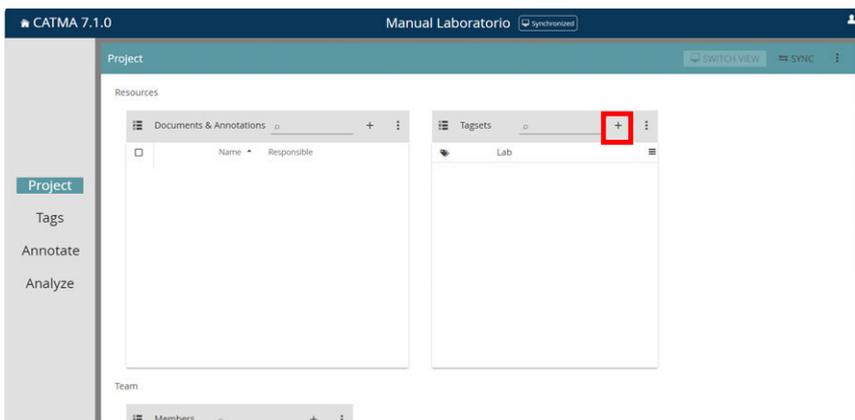
A continuación, se abrirá una ventana (Figura 5) que nos permite, por un lado, buscar los documentos en nuestro dispositivo o arrastrarlos directamente, y por otro, introducir la URL de las páginas web en caso de que el trabajo consista en analizar contenido web.

**Figura 5**  
*Ventana de introducción de documentos en la aplicación CATMA*



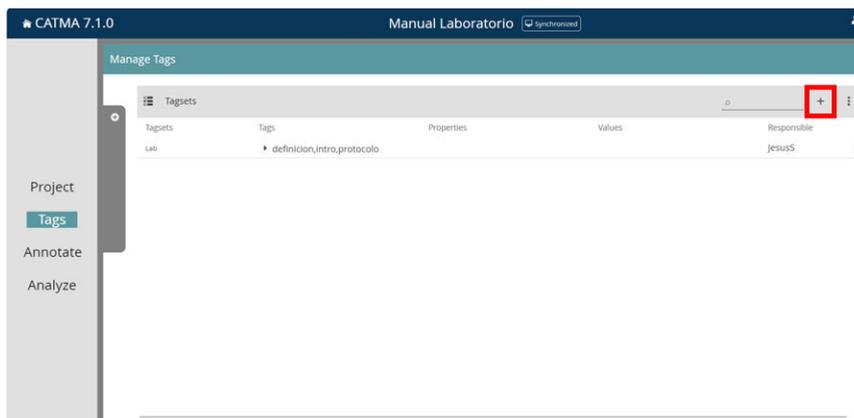
Una vez subidos los documentos a la aplicación es momento de introducir las categorías y códigos que usaremos en el análisis de los documentos. Para ello, tal y como se indica en la Figura 6, debemos seleccionar el símbolo “+” que se encuentra en la ventana “tagsets” e introducir un nombre para las categorías.

**Figura 6**  
*Introducción de Categorías en la aplicación CATMA*



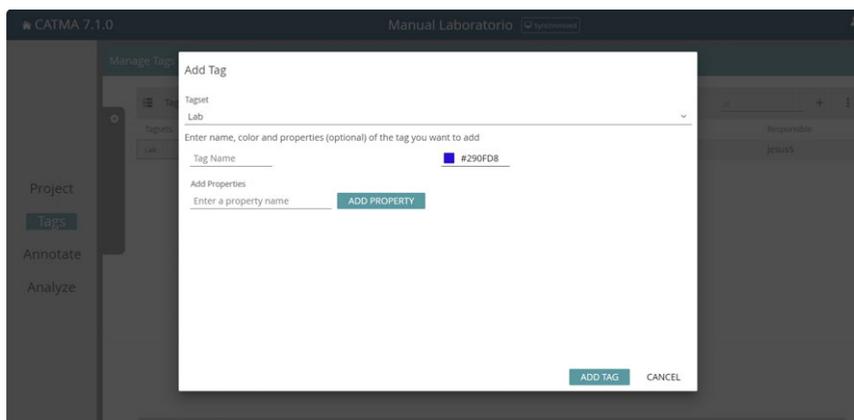
Para introducir los códigos seleccionaremos en la parte izquierda de la imagen la opción “Tags” (Figura 7).

**Figura 7**  
Introducción de códigos en la aplicación CATMA



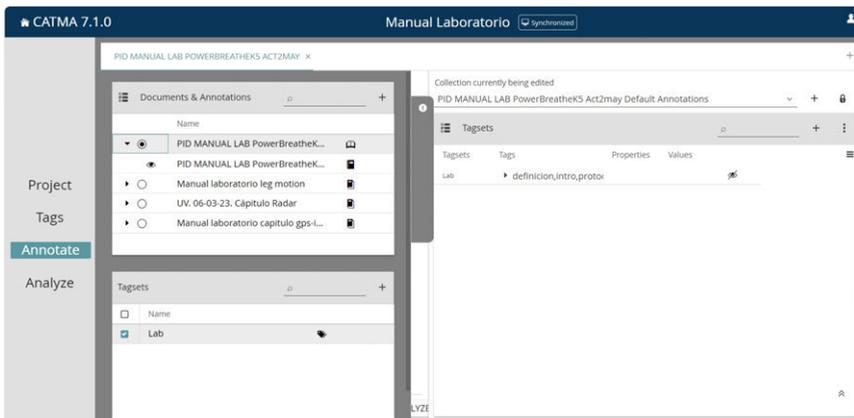
Para añadir los códigos, al seleccionar el símbolo “+”, se abrirá una ventana para crear cada uno de los códigos de nuestro sistema de categorías (Figura 8). En esta ventana, se puede introducir la categoría a la que pertenece, el nombre del código, el color con el que se va a identificar y las propiedades del código.

**Figura 8**  
Ventana definición de características de los códigos en la aplicación CATMA



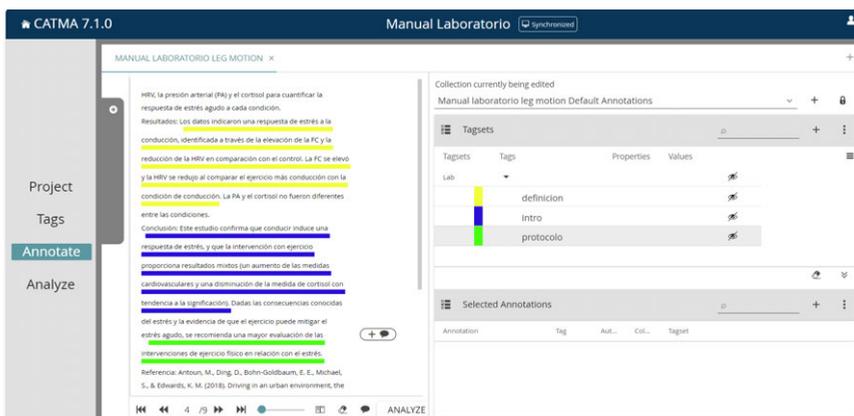
Una vez introducido el sistema de categorías y códigos, y para poder codificar los documentos, se seleccionará en la interfaz el apartado “Annotate” (Figura 9). En la ventana que se abre, se seleccionarán los documentos que previamente hemos subido a la plataforma, así como el sistema de categorías y códigos.

**Figura 9**  
 Ventana de codificación en la aplicación CATMA, selección de documentos a codificar



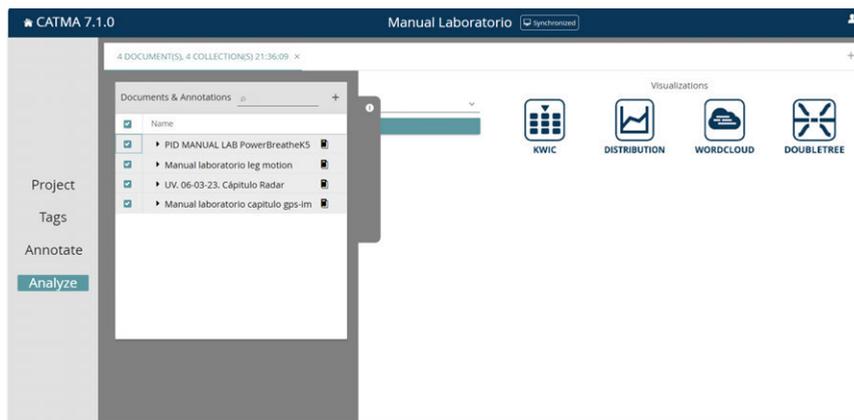
Una vez seleccionados tanto las categorías y códigos como los documentos, se procederá a la codificación. En este proceso, se asignarán los diferentes códigos a los fragmentos de texto tal y como se muestra en la Figura 10.

**Figura 10**  
 Proceso de codificación en la aplicación CATMA



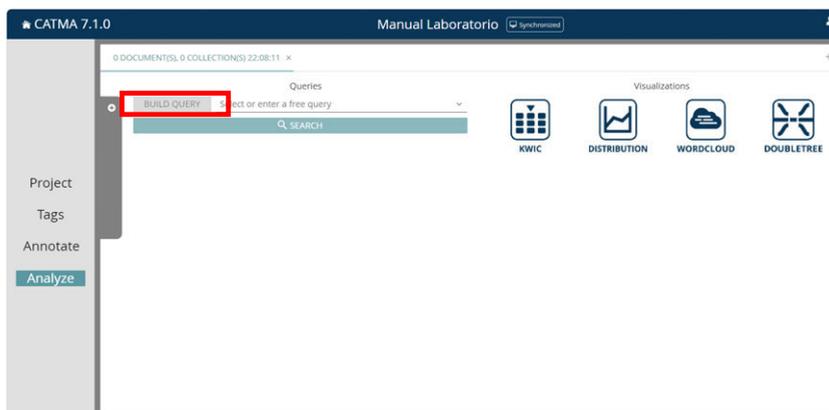
Una vez codificada toda la muestra, se pueden realizar dos tipos de análisis: por un lado, análisis cualitativos mediante consultas, y por otro, análisis cuantitativos. Para acceder a los diferentes tipos de análisis, se selecciona el apartado "Analyze" (Figura 11) y, una vez se ha accedido, se seleccionan los documentos que previamente hemos codificado.

**Figura 11**  
Ventana de análisis en la aplicación CATMA, selección de documentos a analizar

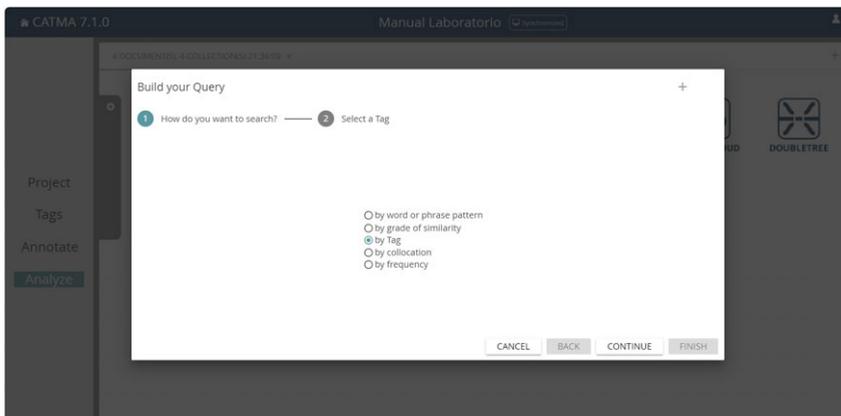


Para realizar el análisis, se realizarán “consultas” seleccionando los códigos, subcódigos o comentarios que nos interesen. Estas consultas nos permiten conocer todos los textos que han sido identificados con los códigos consultados y la frecuencia de estos (Figura 12, 13, 14 y 15).

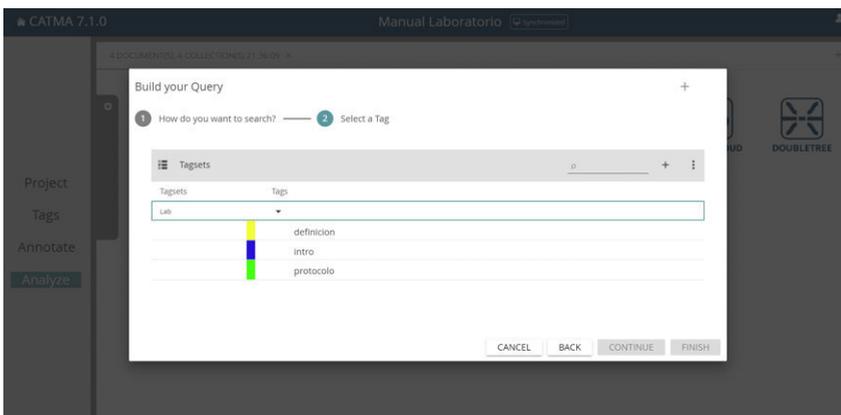
**Figura 12**  
Realización de “consultas” en la aplicación CATMA.



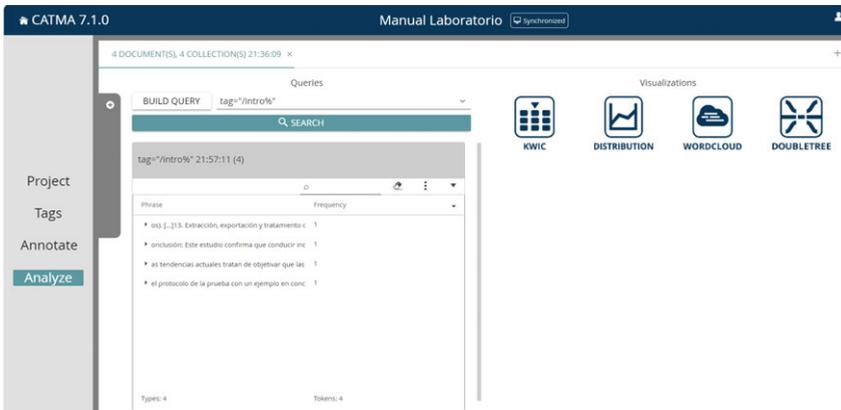
**Figura 13**  
Ventana de “consultas” en la aplicación CATMA



**Figura 14**  
Selección de códigos a consultar para su análisis en la aplicación CATMA

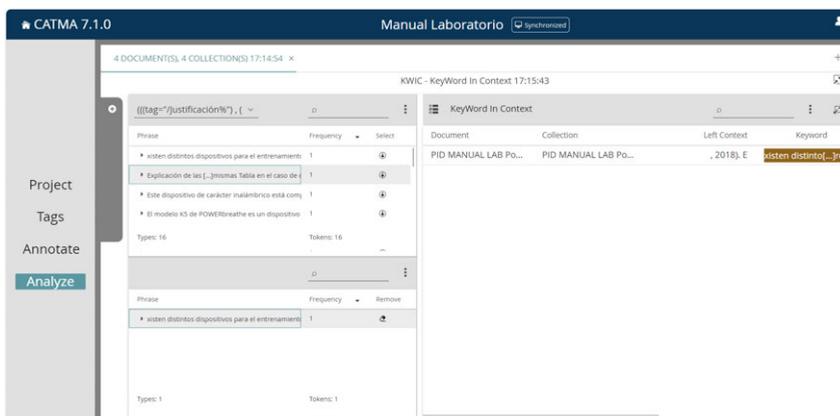


**Figura 15**  
Resultados en la aplicación CATMA

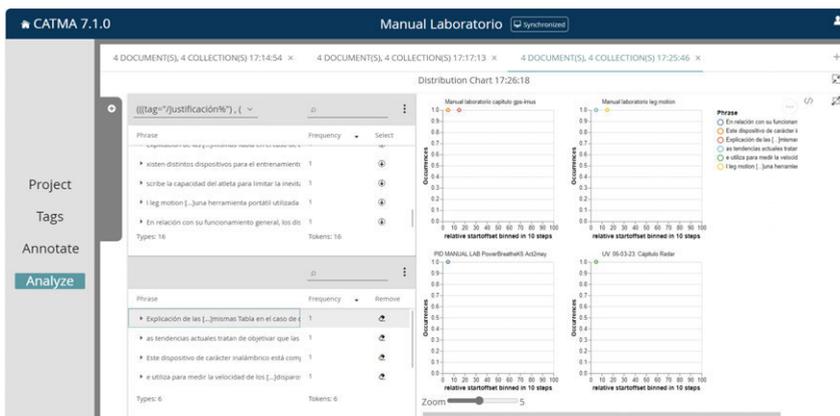


Con respecto a la presentación de los datos, la aplicación permite visualizarlos de cuatro formas diferentes: KWIC KeyWord In Context; Figura 16), el gráfico de distribución (Figura 17), la nube de palabras (Figura 18) y la visualización Doubletree.

**Figura 16**  
Resultados KWIC en la aplicación CATMA

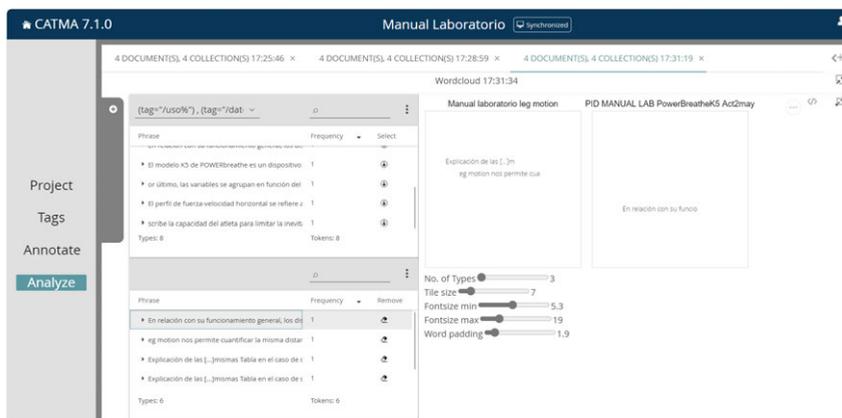


**Figura 17**  
Resultados: gráficos de distribución en la aplicación CATMA



**Figura 18**

*Resultados: nubes de palabras en la aplicación CATMA*



Una vez obtenidos estos resultados a través de la aplicación, se puede proceder a la interpretación y discusión de estos.

## IV. ALTERNATIVAS

### 1. DESCRIPCIÓN Y VALIDACIÓN DE SOFTWARE PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS CUALITATIVOS.

Atendiendo a estas cuestiones y como cierre de este capítulo, se presenta en la Tabla 4 una clasificación de software alternativo para la realización de análisis de contenido:

**Tabla 4**

*Propuesta de software de análisis de datos cualitativos*

Programa	Licencia	Sistema operativo
<b>Aquad</b> <a href="https://www.aquad.de">https://www.aquad.de</a>	Libre	Windows
<b>ATLAS.ti</b> <a href="https://atlasti.com">https://atlasti.com</a>	Propietaria	Windows, macOS, iOS, Android, Web
<b>BORIS</b> <a href="http://www.boris.unito.it">http://www.boris.unito.it</a>	Libre	Windows, macOS, Linux, Android
<b>Cassandre</b> <a href="https://github.com/Hypertopic/Cassandre">https://github.com/Hypertopic/Cassandre</a>	Libre	Windows, macOS, Linux
<b>CLAN</b> <a href="http://dali.talkbank.org/clan">http://dali.talkbank.org/clan</a>	Libre	Windows, macOS, Linux
<b>Markup</b> <a href="https://dovetailapp.com/products/markup">https://dovetailapp.com/products/markup</a>	Propietaria	Web

<b>Programa</b>	<b>Licencia</b>	<b>Sistema operativo</b>
<b>Dedoose</b> <a href="https://www.dedoose.com">https://www.dedoose.com</a>	Propietaria	Web
<b>ELAN</b> <a href="https://archive.mpi.nl/tla/elan">https://archive.mpi.nl/tla/elan</a>	Libre	Windows, macOS, Linux
<b>HyperRESEARCH</b> <a href="http://www.researchware.com/products/hyperresearch.html">http://www.researchware.com/products/hyperresearch.html</a>	Propietaria	Windows, macOS
<b>KH Coder</b> <a href="http://kncoder.net/en">http://kncoder.net/en</a>	Libre	Windows, macOS, Linux
<b>MAXQDA</b> <a href="https://www.maxqda.com">https://www.maxqda.com</a>	Propietaria	Windows, macOS
<b>NVivo</b> <a href="https://lumivero.com/products/nvivo">https://lumivero.com/products/nvivo</a>	Propietaria	Windows, macOS
<b>Qcoder</b> <a href="https://docs.ropensci.org/qcoder">https://docs.ropensci.org/qcoder</a>	Libre	Windows, macOS, Linux
<b>QDA Miner</b> <a href="https://provalisresearch.com/products/qualitative-data-analysis-software">https://provalisresearch.com/products/qualitative-data-analysis-software</a>	Propietaria	Windows
<b>QualCoder</b> <a href="https://github.com/ccbogel/QualCoder">https://github.com/ccbogel/QualCoder</a>	Libre	Windows, macOS, Linux
<b>Quantitative Discourse Analysis Package (qdap)</b> <a href="https://cran.r-project.org/web/packages/qdap/index.html">https://cran.r-project.org/web/packages/qdap/index.html</a>	Libre	Windows, macOS, Linux
<b>Quirkos</b> <a href="https://www.quirkos.com">https://www.quirkos.com</a>	Propietaria	Windows, macOS, Linux, Web
<b>Taguette</b> <a href="https://www.taguette.org">https://www.taguette.org</a>	Libre	Windows, macOS, Linux
<b>TAMS</b> <a href="https://tamsys.sourceforge.io">https://tamsys.sourceforge.io</a>	Libre	macOS
<b>Transana</b> <a href="https://www.transana.com">https://www.transana.com</a>	Propietaria	Windows, macOS
<b>V-Note</b> <a href="https://www.v-note.org/es">https://www.v-note.org/es</a>	Propietaria	Windows, macOS

*Nota. Tabla elaborada a la fecha de elaboración del presente manual.*

## V. REFERENCIAS

- Chodzko-Zajko, W. J., Schwingel, A., y Romo-Pérez, V. (2012). Un análisis crítico sobre las recomendaciones de actividad física en España. *Gaceta Sanitaria*, 26(6), 525–533. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2011.10.019>
- Christians, C. G. (2011). Ethics and politics in qualitative research. En N. K. Denzin y Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage handbook of qualitative research* (4.ª ed., pp. 61-80). SAGE.
- Davidson, Y. S., & di Gregorio, S. (2011). Qualitative research and technology: In the midst of a revolution. En N. K. Denzin y Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage handbook of qualitative research* (4.ª ed., pp. 627-643). SAGE.
- Elo, S. y Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing*, 62(1), 107-115. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x>
- Evelyn Gius, Jan Christoph Meister, Malte Meister, Marco Petris, Dominik Gerstorfer, & Mari Akazawa. (2024). CATMA (7.1.0). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12092195>
- Fink, E. L. (2009). The FAQs on Data Transformation. *Communication Monographs*, 76(4), 379-397. <https://doi.org/10.1080/03637750903310352>
- Gibson, W., & Brown, A. (2009). *Working with qualitative data*. SAGE
- Lincoln, Y. S., Lynham, S. A., & Guba, E. G. (2011). Paradigmatic Controversies, Contradictions, and Emerging Confluences, Revisited. En N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage handbook of qualitative research* (4.a ed., pp. 97-128). SAGE.
- Marshall, C., & Rossman, G. B. (2014). *Designing qualitative research*. Sage publications.
- Miles M.B. & Huberman M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2. ed.). London.
- Kondracki, N. L., Wellman, N. S., & Amundson, D. R. (2002). Content analysis: Review of methods and their applications in nutrition education. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 34(4), 224-230. [https://doi.org/10.1016/s1499-4046\(06\)60097-3](https://doi.org/10.1016/s1499-4046(06)60097-3)
- Krefting, L. (1991). Rigor in qualitative research: The assessment of trustworthiness. *The American journal of occupational therapy*, 45(3), 214-222.
- Krippendorff, K. (2004). *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*. SAGE.
- Saldaña, J. (2009). *The coding manual for qualitative researchers* (3.ª ed.). SAGE.
- Thomas, D. R. (2006). A General Inductive Approach for Analyzing Qualitative Evaluation Data. *American Journal of Evaluation*, 27(2). <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1098214005283748>
- Thomas, J. R., & Nelson, J. K. (2007). *Métodos de investigación en actividad física*. Paidotribo.
- Valles Martínez, M. S. (1997). *Técnicas cualitativas de investigación social: reflexión metodológica y práctica profesional*. Síntesis.

- Wallace, L., Wilson, J., y Miloch, K. (2011). Sporting Facebook: A Content Analysis of NCAA Organizational Sport Pages and Big 12 Conference Athletic Department Pages. *International Journal of Sport Communication*, 4(4), 422–444. <https://doi.org/10.1123/ijsc.4.4.4222>
- Winand, M., Belot, M., Merten, S., y Kolyperas, D. (2019). International Sport Federations' Social Media Communication: A Content Analysis of FIFA's Twitter Account. *International Journal of Sport Communication*, 12(2), 209–233. <https://doi.org/10.1123/ijsc.2018-0173>

# Valoración de la Estabilidad Funcional del Tobillo

Miguel Rodríguez-Rosal<sup>1,2</sup>

David Mancha-Triguero<sup>1,2,3</sup>

Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU Andalucía  
1

Facultad de Humanidades, Educación y Deporte. Universidad CEU Fernando III, CEU  
Universities<sup>2</sup>

Grupo de Optimización del Entrenamiento y Rendimiento Deportivo (Grupo GOERD).  
Universidad de Extremadura<sup>3</sup>

mrodriguez@ceu.es

dmancha@ceu.es

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. CONSIDERACIONES ACADÉMICAS Y CIENTÍFICAS DEL USO DEL DISPOSITIVO CONCRETO

Las tendencias actuales tratan de objetivar que las lesiones no se suelen producir por un único factor, sino por un conjunto de ellos y sus interrelaciones, considerándolo un origen multifactorial (Bittencourt et al., 2016) y son consideradas como necesaria la elaboración de planes de prevención para reducir los costes financieros, sociales y deportivos (Llurda-Almuzara et al., 2019).

La dorsiflexión de tobillo es una de las variables más estudiadas observándose relación directa con los déficits de rotación interna de cadera (Llurda-Almuzara et al., 2019), un aumento de la absorción de la carga por las uniones mio-tendinosas de los músculos flexores plantares (Whitting et al., 2011), una mayor probabilidad de sufrir una tendinopatía rotuliana (Backman et al., 2011) un aumento del valgo dinámico de rodilla (Lima et al., 2018) y este déficit es observable en las personas que han tenido una lesión de ligamento cruzado anterior o LCA (Wahlstedt et al., 2015).

La dorsiflexión de tobillo es cuantificada mediante diferentes metodologías (Koshino et al., 2024; Menadue et al., 2006) siendo *leg motion* una herramienta portátil utilizada en la evaluación y cuantificación de la dorsiflexión de la articulación de tobillo durante el weight-bearing lunge test (Calatayud et al., 2015), siendo considerado una herramienta válida, portátil y fácil (Calatayud et al., 2015).

## 2. MEDIDAS O DATOS QUE EXTRAER EL DISPOSITIVO

Leg Motion permite cuantificar la misma distancia durante la prueba de weight-bearing lunge del pie sin perder el contacto entre la rodilla, el palo metálico, durante tres segundos sin levantar el talón. cuantificando la distancia en centímetros.

## 3. INVESTIGACIONES QUE USAN DISPOSITIVOS SIMILARES

---

Título: **The validity and reliability of a new instrumented device for measuring ankle dorsiflexion range of motion.**

---

**Objetivo:** El propósito de este estudio fue examinar la validez y confiabilidad del sistema Leg Motion para medir el ROM de dorsiflexión del tobillo.

**Método:** Se reclutó a veintiséis estudiantes universitarios varones sanos para probar la confiabilidad del sistema Leg Motion, que es una herramienta portátil utilizada para evaluar la dorsiflexión del tobillo durante la prueba de estocada con carga de peso. Los participantes fueron evaluados dos veces separadas por dos semanas y las mediciones las realizó el mismo evaluador a la misma hora del día. Para probar la validez del sistema Leg Motion, se midieron otras evaluaciones del ROM máximo de dorsiflexión del tobillo (goniómetro, inclinómetro y cinta métrica) en una sola sesión (es decir, la primera sesión de prueba) durante la posición de estocada con carga de peso utilizando un goniómetro estándar. un inclinómetro digital y una cinta métrica con capacidad de medir al 0,1 cm más cercano.

**Resultados:** Las pruebas t pareadas mostraron la ausencia de diferencias significativas entre las mediciones de dorsiflexión de la extremidad derecha e izquierda en todas las pruebas. Los valores medios  $\pm$  desviaciones estándar fueron los siguientes: prueba de movimiento de la pierna (izquierda 11,6 cm  $\pm$  3,9; derecha 11,9 cm  $\pm$  4,0), cinta métrica (izquierda 11,6 cm  $\pm$  4,0; derecha 11,8 cm  $\pm$  4,2), goniómetro (izquierda 40,6°  $\pm$  5,2; izquierda 11,6 cm  $\pm$  4,0; derecha 11,8 cm  $\pm$  4,0; izquierda 11,6 cm  $\pm$  4,0; derecha 11,8 cm  $\pm$  4,2); derecha 40,6° $\pm$ 5,2), e inclinómetro digital (izquierda 40,0° $\pm$ 5,8; derecha 39,9° $\pm$ 5,6). Los valores compuestos de Leg Motion (es decir, el promedio de las dos piernas) mostraron una correlación positiva significativa ( $p < 0,05$ ) con la cinta métrica ( $r = 0,99$ ), con el goniómetro ( $r = 0,66$ ) y con el inclinómetro digital ( $r = 0,72$ ).

**Conclusión:** Los resultados del presente estudio proporcionan evidencia que respalda el uso del sistema Leg Motion como una alternativa válida, portátil y fácil de usar a la prueba de estocada con carga de peso para evaluar el ROM de dorsiflexión del tobillo en participantes sanos.

**Referencia:** Calatayud, J., Martín, F., Gargallo, P., García-Redondo, J., Colado, J. C., & Marín, P. J. (2015). The validity and reliability of a new instrumented device for measuring ankle dorsiflexion range of motion. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(2), 197.

---

Título: **The concurrent validity and reliability of the Leg Motion system for measuring ankle dorsiflexion range of motion in older adults.**

---

**Objetivo:** El objetivo del estudio fue evaluar la validez y confiabilidad del dispositivo Leg Motion para medir el ROM de dorsiflexión del tobillo en adultos mayores.

**Método:** Se diseñó un estudio descriptivo de medidas repetidas para probar la confiabilidad de Leg Motion en treinta y tres pacientes ancianos sanos mayores de 65 años. Los sujetos debían cumplir con los siguientes criterios de inclusión y exclusión en su expediente médico: mayor de 65 años; sin lesiones en las extremidades inferiores durante al menos un año antes de la evaluación (meniscopatía o fracturas) ni lesiones crónicas (p. ej., osteoartritis); sin cirugía previa de cadera, rodilla o tobillo; sin alteraciones neuropáticas ni condiciones cognitivas (p. ej., enfermedad de Alzheimer o demencia). Los participantes fueron reclutados a través del responsable del área de fisioterapeuta de un centro de enfermería. Los sujetos fueron evaluados en dos sesiones diferentes a la misma hora del día, con un descanso de dos semanas entre sesiones. Para probar la validez del sistema Leg Motion, se midió a los participantes en posición de estocada con carga de peso utilizando un goniómetro clásico con incrementos de 1°, un teléfono inteligente con una aplicación estándar de inclinómetro (iPhone 5S®) con incrementos de 1° y una cinta métrica que podría medir 0,1 cm. Todas las pruebas se realizaron mientras los pacientes estaban descalzos. La investigadora contaba con diez años de experiencia como fisioterapeuta utilizando dispositivos goniómetros, cintas métricas e inclinómetros.

**Resultados:** Los valores medios y las desviaciones estándar fueron los siguientes: movimiento de la pierna (derecha  $5,15 \pm 3,08$ ; izquierda  $5,19 \pm 2,98$ ), cinta métrica (derecha  $5,12 \pm 3,08$ ; izquierda  $5,12 \pm 2,80$ ), goniómetro (derecha  $45,87^\circ \pm 4,98$ ; izquierda  $44,50^\circ \pm 5,54$ ). ) y aplicación de inclinómetro (derecha  $46,53^\circ \pm 4,79$ ; izquierda  $45,27^\circ \pm 5,19$ ). La prueba t pareada no mostró diferencias significativas entre las extremidades o entre los valores de la prueba y la reprobación. Los resultados de confiabilidad de la prueba repetida para Leg Motion fueron los siguientes: el error estándar de la medición osciló entre 0,29 y 0,43 cm, la diferencia mínima detectable osciló entre 0,79 y 1,19 cm y los valores de los coeficientes de correlación intraclass (CCI) oscilaron entre 0,97 a 0,98.

**Conclusión:** Los resultados del presente estudio indicaron que el dispositivo Leg Motion es una herramienta válida, confiable, accesible y portátil como alternativa a la clásica prueba de estocada con carga de peso para medir el ROM de dorsiflexión del tobillo en adultos mayores.

**Referencia:** Morales, C. R., Lobo, C. C., Sanz, D. R., Corbalán, I. S., Ruiz, B. R., & López, D. L. (2017). The concurrent validity and reliability of the Leg Motion system for measuring ankle dorsiflexion range of motion in older adults. *PeerJ*, 5, e2820. <https://doi.org/10.7717/peerj.2820>

#### 4. POSIBLES CONTRAINDICACIONES DEL USO DE LOS INSTRUMENTOS

Uno de los riesgos conocidos es tener que mantenerse de pie sin descansar ya que pueda aparecer fatiga. Además, no es recomendable para cualquier patología que no permita al sujeto llegar al grado máximo de su rango de movilidad. Para estos casos puede considerarse una evaluación con datos no fiables.

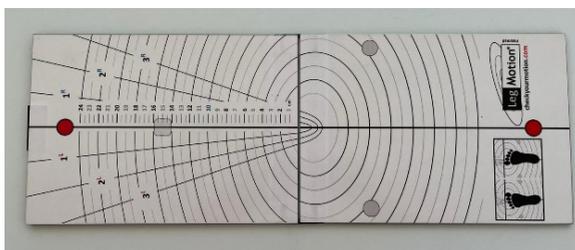
## II. MANEJO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

### 1. COMPONENTES Y DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO Y SOFTWARE

El instrumental de este capítulo no tiene ningún software asociado. Es un instrumento de cuantificación manual.

#### Figura 1

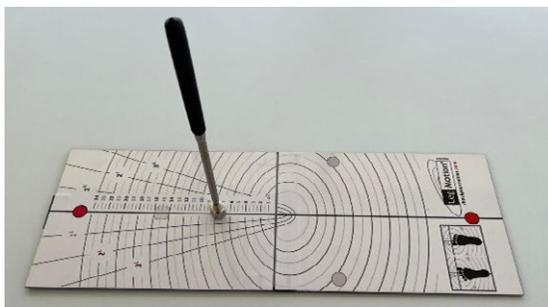
*Representación gráfica del instrumental*



*Nota. En la tabla de leg motion será colocada el pie en la posición indicada en la siguiente imagen y se le solicitará al sujeto que flexione el tobillo y la rodilla. El paciente debe tratar de flexionar hasta el máximo rango de movilidad sin despegar el talón de dicha tabla. Elaboración Propia.*

#### Figura 2

*Representación gráfica del instrumental con el testigo de metal*



*Nota. Cuando el paciente se disponga en la posición de lunge, colocar el soporte metálico en la línea de métrica en contacto con la rodilla.*

### 2. MONTAJE Y DESMONTAJE

Para su utilización se debe abrir la plataforma y colocar en una superficie plana. sacar de las bolsas el soporte metálico con especial cuidado en su extenderlo

fuera de la misma plataforma para que no pueda sufrir algún daño. la prueba debe hacerse con el pie descalzo y limpio.

### 3. CONDICIONES A TENER EN CUENTA PARA QUE LAS MEDIDAS SEAN FIABLES Y VÁLIDAS

La prueba debe ser realizada en 3 ocasiones para averiguar la media de estas y confirmar que el sujeto no está elevando el talón durante la medición para que sea válida la prueba.

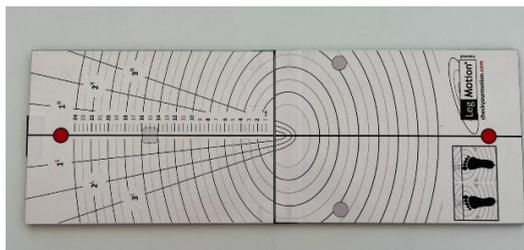
## III. PROTOCOLO

### 1. PRUEBA/PROTOCOLO/OBJETIVO DE LA TOMA DE DATOS A REALIZAR ABRIR LA PLATAFORMA

Es un sistema de cuantificación de cm de cuantificación de dorsiflexión. No hay tratamiento de datos. Sólo hay que ver son los valores de normalidad que suelen ser de 10 cm para ser considerados como normales.

#### Figura 3

*Representación gráfica del instrumental*



*Nota. Extender el sticker, colocar el segundo metacarpo en la continuación en la línea transversal y media del dispositivo. Marcar como límite el final de la falange distal del mismo dedo del pie y se le solicitará al sujeto que se coloque en posición de lunge flexionando la rodilla. Elaboración propia.*

#### Figura 4

*Representación gráfica del instrumental con el pie del sujeto a evaluar*



*Nota. Se debe flexionar la rodilla y el tobillo, asegurando que el pie está apoyado en su totalidad sin levantar el talón. Elaboración propia.*

Para ello, se coloca el dispositivo metálico en contacto con la rodilla en la continuación de la línea que se encuentra el segundo dedo del pie.

### Figura 5

Representación gráfica de la flexión de la rodilla



*Nota. Se seguirá repitiendo este proceso hasta la distancia en la que se levante el talón que será una repetición considerada como nula, tomando como valor definitivo la medición anterior. Elaboración propia.*

### Figura 6

Representación gráfica de la flexión y elevación de tobillo



*Nota. Elaboración propia.*

## 2. TIMELINE DEL PROCEDIMIENTO DE MONTAJE, PUESTA A PUNTO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS, TEST Y POSTERIOR EXTRACCIÓN DE DATOS

Para una correcta utilización y que los resultados obtenidos sean válidos, fiables y de calidad, se recomienda seguir el siguiente guion:

1. Abrir la plataforma.
2. Extender el stick y colocarlo sobre la plataforma.
3. Colocar el pie en línea con el segundo metatarso.
4. Solicitar flexión de rodilla y tobillo hasta tocar el stick con la rodilla.
5. Repetir el proceso separando el stick dejando 30 segundos de descanso entre repeticiones
6. Utilizar la elevación del talón como un indicativo de que la prueba ha llegado a su límite de rango de movilidad

### 3. EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

La prueba trata de cuantificar la distancia máxima que existe desde el stick hasta la rodilla, por lo que será cuantificada en centímetros. Siendo considerando como parámetros de normalidad en sujetos sanos de  $11.9 \pm 2.8$  cm en la pierna izquierda y  $12 \pm 2.8$  cm en la pierna derecha (Hoch, & McKeon, 2011) cuando se realiza la prueba de weight-bearing lunge test. Teniendo que analizarse cuando se producen modificaciones en los miembros de 1.5 cm por posibles asimetrías (Hoch, & McKeon, 2011).

## IV. ALTERNATIVAS

### 1. DISPOSITIVOS MÓVILES. DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE Y VALIDACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS SIMILARES.

En la actualidad existen aplicaciones que buscan cuantificar la angulación de la dorsiflexión de tobillo. Con el móvil puede ser usado el smartphone goniometer record (SGR) application. Colocando la pantalla orientada hacia la parte distal del eje longitudinal del peroneo. Debe confirmarse que el teléfono está de manera paralela al eje. El examinador debe confirmar el inicio de la medición con la pantalla táctil. Y se le solicita al sujeto que inicie activamente el movimiento para llegar a su máximo rango de dorsiflexión de tobillo. Posteriormente el evaluador colocará el teléfono paralelo al hueso del quinto metatarso del pie. Y vuelve a presionar el móvil para finalizar la medición. Demostrando que los goniómetros basados en teléfonos inteligentes (SGR) pueden ser utilizados para evaluar el ROM activo de la articulación del tobillo (dorsiflexión- flexión plantar) ya que pueden obtener un alto grado de confianza entre sujetos e inter evaluador (Alawna et al., 2019).

## V. REFERENCIAS

- Alawna, M. A., Unver, B. H. & Yuksel, E. O. (2019). La confiabilidad de una aplicación de goniómetro para teléfonos inteligentes en comparación con un goniómetro tradicional para medir el rango de movimiento de la articulación del tobillo. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 109 (1), 22-29.
- Backman, L. J., & Danielson, P. (2011). Low range of ankle dorsiflexion predisposes for patellar tendinopathy in junior elite basketball players: a 1-year prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(12), 2626-2633. <https://doi.org/10.1177/0363546511420552>
- Bittencourt, N. F., Meeuwisse, W. H., Mendonça, L. D., Nettel-Aguirre, A., Ocarino, J. M., & Fonseca, S. T. (2016). Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition—narrative review and new concept. *British Journal of Sports Medicine*, 50(21), 1309-1314. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096960>
- Calatayud, J., Martín, F., Gargallo, P., García-Redondo, J., Colado, J. C., & Marín, P. J. (2015). The validity and reliability of a new instrumented device for measuring ankle

- dorsiflexion range of motion. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(2), 197.
- Hoch, M. C., & McKeon, P. O. (2011). Normative range of weight-bearing lunge test performance asymmetry in healthy adults. *Manual Therapy*, 16(5), 516-519.
- Koshino Y, Takabayashi T, Akuzawa H, Mizota T, Numasawa S, Kobayashi T, Kudo S, Hikita Y, Akiyoshi N, Edama M. Differences and relationships between weightbearing and non-weightbearing dorsiflexion range of motion in foot and ankle injuries. *J Orthop Surg Res*. 2024 Feb 3;19(1):115. <https://doi.org/10.1186/s13018-024-04599-x>
- Lima, Y. L., Ferreira, V. M. L. M., de Paula Lima, P. O., Bezerra, M. A., de Oliveira, R. R., & Almeida, G. P. L. (2018). The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 29, 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2017.07.003>
- Llurda-Almuzara, L., Pérez-Bellmunt, A., López-de-Celis, C., Aiguadé Aiguadé, R., Casasayas, O., Navarro, R., Simon, M., Peillon, O., & Ortiz-Miguel, S. (2019). Clinical characteristics in U19 elite soccer players, implications on injury prevention. *Journal of Sports Science*, 7,6-15. <https://doi.org/10.17265/2332-7839/2019.01.002>
- Menadue, C., Raymond, J., Kilbreath, S. L., Refshauge, K. M., & Adams, R. (2006). Reliability of two goniometric methods of measuring active inversion and eversion range of motion at the ankle. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 7(1), 60. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-7-60>
- Melián-Ortiz, A., Varillas-Delgado, D., Laguarda-Val, S., Rodríguez-Aparicio, I., Senent-Sansegundo, N., Fernández-García, M., & Roger-de Oña, I. (2019). Fiabilidad y validez concurrente de la app Goniometer Pro vs goniómetro universal en la determinación de la flexión pasiva de rodilla. *Acta Ortopédica Mexicana*, 33(1), 18-23.
- Morales, C. R., Lobo, C. C., Sanz, D. R., Corbalán, I. S., Ruiz, B. R., & López, D. L. (2017). The concurrent validity and reliability of the Leg Motion system for measuring ankle dorsiflexion range of motion in older adults. *PeerJ*, 5, e2820. <https://doi.org/10.7717/peerj.2820>
- Wahlstedt, C., & Rasmussen-Barr, E. (2015). Anterior cruciate ligament injury and ankle dorsiflexion. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23, 3202-3207. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3123-1>.
- Whitting, J. W., Steele, J. R., McGhee, D. E., & Munro, B. J. (2011). Dorsiflexion capacity affects achilles tendon loading during drop landings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(4), 706-713. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181f474dd>.

## CAPÍTULO VI

---

# Dispositivo para el entrenamiento muscular inspiratorio y la valoración de la función respiratoria

Germán Monterrubio Fernández<sup>1,2,3</sup>

Aida Tórtola Navarro<sup>1,2,4</sup>

*Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU Andalucía<sup>1</sup>*

*Facultad de Humanidades, Educación y Deporte. Universidad CEU Fernando III, CEU Universities<sup>2</sup>*

*Biological and Functional Analysis of Exercise (Grupo BIOFANEX). Universidad de Sevilla<sup>3</sup>*

*Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Internacional Isabel I de Castilla, Burgos<sup>4</sup>*

[gmonterrubio@ceu.es](mailto:gmonterrubio@ceu.es)

[aida.tortolanavarro@ceu.es](mailto:aida.tortolanavarro@ceu.es)

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. CONSIDERACIONES ACADÉMICAS Y CIENTÍFICAS DEL USO DEL DISPOSITIVO

El entrenamiento de la musculatura respiratoria y, específicamente, la implicada en la inspiración, ha sido objeto de investigación debido a sus efectos beneficiosos para el rendimiento deportivo, así como para población con distintas patologías (McConnell, 2013). Partiendo de la base de que el diafragma, músculo principal de la mecánica ventilatoria, presenta fibras estriadas en su estructura, su entrenamiento junto con el de la musculatura accesoria de la inspiración (esternocleidomastoideos, escalenos e intercostales externos) resulta especialmente interesante, dado que el aumento de la fuerza y resistencia de la musculatura inspiratoria resultan en una mayor tolerancia al ejercicio físico (Shei, 2018).

Existen distintos dispositivos para el entrenamiento inspiratorio (*inspiratory muscle training* o IMT), siendo los más frecuentes aquellos con funcionamiento por umbral de presión, los de carga resistiva y los dispositivos para hiperpnea isocápnica. Asimismo, el modo y la dosis de entrenamiento dependerán del dispositivo utilizado (Sheel, 2002; Shei, 2018) y la variable respiratoria tomada como referencia. En concreto, dentro de los dispositivos de umbral de presión encontramos los comercializados por la marca *POWERbreathe* (Biocorp Europa S.L.; Andoain, Guipúzcoa, España) que utilizan como referencia los valores de presión

inspiratoria máxima (PIM), expresada en  $\text{cmH}_2\text{O}$ , que refleja la fuerza de contracción de la musculatura inspiratoria.

En relación con su funcionamiento general, los dispositivos con umbral de presión disponen de una boquilla y de un muelle interno que permite el flujo del aire una vez se supera cierto valor de presión inspiratoria. Dicho valor, que representará la intensidad del entrenamiento, se calcula a partir de la presión inspiratoria máxima (PIM) del sujeto, ya sea esta obtenida de modo indirecto a través de las ecuaciones establecidas por Black y Hyatt (Black & Hyatt, 1969), con dispositivos específicos de medición, o con los modelos más actuales de *POWERbreathe*.

Una vez establecido el valor de PIM, el entrenamiento con los dispositivos de umbral de presión suele iniciarse con una resistencia mínima del 30% de la PIM del sujeto y un volumen de sesenta respiraciones diarias repartidas en dos sesiones. No obstante, la evolución en tecnología y versatilidad de estos dispositivos de IMT, permiten otros modos de entrenamiento, la realización de las mencionadas pruebas de valoración, y un seguimiento completo de la programación a través de *softwares*, como el caso del dispositivo descrito en este capítulo.

## II. MEDIDAS O DATOS QUE EXTRAER EL DISPOSITIVO

El modelo *K5* de *POWERbreathe* es un dispositivo de entrenamiento electrónico (ya no únicamente mecánico como modelos anteriores) que, además, puede asociarse a un *software* específico (*Breathe-Link*) desarrollado por la misma empresa. De ese modo, el uso de ambos elementos permite, no sólo la realización de entrenamiento sino también: la transmisión de datos y seguimiento de las sesiones, la creación de distintos perfiles de usuario y programas de entrenamiento o la realización de pruebas de valoración.

### 1. MEDIDAS DISPONIBLES DESDE EL DISPOSITIVO

**Tabla 1**

*Datos registrados por el dispositivo para el monitoreo del programa de entrenamiento*

Denominación (ENG)	Descripción. Ruta
<b>Carga (LOAD)</b> 	Medida de la resistencia aplicada a la inhalación o intensidad. Comparable al peso levantado. Se mide en $\text{cmH}_2\text{O}$ y representa la presión generada en los pulmones por la fuerza de la musculatura inspiratoria. El dispositivo muestra el valor más alto de carga obtenida durante el entrenamiento.  MENU / RESULTS / LOAD

Denominación (ENG)	Descripción. Ruta
<b>Potencia (POWER)</b> 	Mide el rendimiento muscular en relación con fuerza y velocidad del movimiento realizado. Se expresa en vatios, mostrándose el valor medio de la sesión. MENU / RESULTS / POWER
<b>Volumen (VOLUME)</b> 	Indica la cantidad media de aire inhalado por respiración durante el entrenamiento, expresándose en litros. Valores altos indicarán respiraciones más profundas y la movilización máxima de las estructuras. En caso de valores relativamente bajos, puede ser que se esté entrenando en un nivel demasiado exigente. MENU / RESULTS / VOLUME
<b>Esfuerzo (ENERGY)</b> 	Mide el esfuerzo o trabajo mecánico realizado durante el entrenamiento combinando los registros de fuerza aplicada y volumen de aire inspirado, y expresado en julios. A mayor valor, se habrá realizado un entrenamiento más duro. MENU / RESULTS / ENERGY

Nota. Extraído de <https://www.powerbreathe.com/wp-content/uploads/2023/07/4070-KH2-User-Manual-Spanish-V2.pdf>(consultado el 14 de mayo de 2024).

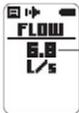
El dispositivo mostrará los registros de cada entrenamiento, siendo necesario realizar al menos uno por completo (30 respiraciones) para que queden grabados los datos y poder hacer el seguimiento del programa.

Dentro de los modos de entrenamiento con *POWERbreathe K5*, se incluye la opción de realizar una valoración de la musculatura respiratoria tras cuya realización obtendremos la siguiente información.

**Tabla 2**

*Datos registrados en el dispositivo tras la realización de un test*

Denominación (ENG)	Descripción
<b>Índice de fuerza (STRENGTH INDEX)</b> 	Es la medida que representa la fuerza de la musculatura inspiratoria, expresada en cmH <sub>2</sub> O y acompañada de una valoración (ratio de pobre a excelente) basada en los valores normales previstos para el sujeto según su edad, altura, peso y sexo.

Denominación (ENG)	Descripción
<p><b>Flujo (FLOW)</b></p> 	<p>Representa la velocidad máxima a la que el sujeto ha realizado las inspiraciones en base al caudal máximo medido durante la prueba en litros por segundo (L/s). Indica la velocidad de contracción de la musculatura implicada.</p>
<p><b>Volumen (VOLUME)</b></p> 	<p>Mide la cantidad de aire inhalada durante la prueba, expresándose en litros.</p>

*Nota. Extraído de <https://www.powerbreathe.com/wp-content/uploads/2023/07/4070-KH2-User-Manual-Spanish-V2.pdf> (consultado el 14 de mayo de 2024).*

## 2. INVESTIGACIONES QUE USAN DISPOSITIVOS SIMILARES PARA EL ENTRENAMIENTO MUSCULAR RESPIRATORIO

A continuación, se muestran algunas investigaciones realizadas con el dispositivo:

### Título: **Reliability of an Electronic Inspiratory Loading Device for Assessing Pulmonary Function in Post-Stroke Patients.**

**Objetivo:** Examinar la fiabilidad (intra e inter evaluadores) de un dispositivo de carga inspiratoria para evaluar las funciones pulmonares de presión inspiratoria máxima, flujo inspiratorio máximo y capacidad vital.

**Método:** Se reclutó a 50 pacientes que habían sufrido, seis meses antes, un ictus con hemiparesia unilateral, sin medicar, sin enfermedades pulmonares y sin histórico de asma, consumo de tabaco o consumo de alcohol. Se utilizó el *POWERbreathe K5* para evaluar la presión inspiratoria máxima, flujo inspiratorio máximo y capacidad vital. La valoración se realizó por dos examinadores: una vez cada uno el mismo día y una semana después.

**Resultados:** La fiabilidad de las mediciones intra-evaluador tuvo un rango de coeficientes de correlación intraclass (CCI) de 0.959-0.986; los CCI inter evaluadores fue de 0.933-0.985. Los resultados indican una buena fiabilidad para todas las variables pulmonares analizadas.

**Conclusión:** La fiabilidad intra e inter evaluadores en las pruebas de variables pulmonares realizadas a pacientes post ictus fue alta, lo que sugiere que el dispositivo podría ser útil para la evaluación clínica de rehabilitación de función pulmonar.

**Referencia:** Lee, K. B., Kim, M. K., Jeong, J. R., & Lee, W. H. (2016). Reliability of an Electronic Inspiratory Loading Device for Assessing Pulmonary Function in Post-Stroke Patients. *Medical Science Monitor : International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 22, 191. <https://doi.org/10.12659/MSM.895573>

---

**Título: The influence of inspiratory muscle training combined with the Pilates method on lung function in elderly women: A randomized controlled trial.**

---

**Objetivo:** Analizar los efectos de un programa de entrenamiento inspiratorio (IMT) combinado con la práctica de Pilates en la función pulmonar de mujeres ancianas.

**Método:** La muestra se compuso de mujeres activas, mayores de 60 años, sin fracturas previas ni necesidad de uso de bastón o andadores. Se distribuyeron aleatoriamente en tres grupos: uno de IMT y Pilates (n=11); otro de sólo Pilates (n=11) y un grupo control (n=9). Previo a la intervención se les realizó espirometría, test de caminata de 6 minutos y test de fuerza abdominal, y análisis de variables pulmonares (FVC, FEV1) y presiones máximas (inspiratoria y espiratoria) a través del *POWERbreathe K5*.

**Resultados:** Tras 20 sesiones de entrenamiento, se observaron mejoras en ambos grupos de intervención, siendo significativas tan sólo en el grupo de IMT y Pilates, que incrementó sus valores de presión inspiratoria máxima, presión espiratoria máxima, test de caminata de 6 minutos y test de fuerza abdominal.

**Conclusiones:** Se sugiere que complementar la práctica del método Pilates con el IMT favorece la función pulmonar y la condición física de pacientes ancianos.

**Referencia:** de Alvarenga, G. M., Charkovski, S. A., dos Santos, L. K., da Silva, M. A. B., Tomaz, G. O., & Gamba, H. R. (2018). The influence of inspiratory muscle training combined with the Pilates method on lung function in elderly women: A randomized controlled trial. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 73. <https://doi.org/10.6061/CLINICS/2018/E356>

---

**Título: Inspiratory Muscle Training with an Electronic Resistive Loading Device Improves Prolonged Weaning Outcomes in a Randomized Controlled Trial.**

---

**Objetivo:** Analizar si la realización de un programa de entrenamiento inspiratorio (IMT) se asociaba con mejoras en el nivel de fuerza de la musculatura respiratoria, desintubación y supervivencia en pacientes en UCI.

**Método:** Se seleccionaron pacientes con traqueotomías o con intubaciones prolongadas que se distribuyeron en grupo control (n=53) y grupo intervención (n=48). En el grupo intervención, los pacientes realizaron IMT con el dispositivo *POWERbreathe K5*.

**Resultados:** Los pacientes del grupo intervención mostraron ganancias de fuerza en la musculatura inspiratoria analizadas por valores de presión inspiratoria máxima (70.5 [51.0-82.5] vs -48.0 cmH<sub>2</sub>O [36.0-72.0 cmH<sub>2</sub>O]; p = 0.003) e índice de esfuerzo inspiratorio cronometrado (1,56 [1,25-2,08] vs 0,99 cmH<sub>2</sub>O/s [0,65-1,71 cmH<sub>2</sub>O/s]; p = 0,001). Tras 60 días en UCI, los resultados igualmente fueron mejores en el grupo intervención a nivel de supervivencia (71,1% frente a 48,9%; p = 0,030) y éxito de la desintubación (74,8% frente a 44,5%; p = 0,001).

**Conclusiones:** La realización de un programa de IMT con un dispositivo electrónico de carga resistiva se asoció a una mejora sustancial de la fuerza de la musculatura, así como a un impacto positivo en el ratio de supervivencia y éxito de la desintubación.

**Referencia:** Da Silva Guimarães, B., De Souza, L. C., Cordeiro, H. F., Regis, T. L., Leite, C. A., Puga, F. P., Alvim, S. H., & Lugon, J. R. (2021). Inspiratory Muscle Training With an Electronic Resistive Loading Device Improves Prolonged Weaning Outcomes in a Randomized Controlled Trial. *Critical care medicine*, 49(4), 589-597. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004787>

---

Título: **Effects on Respiratory Pressures, Spirometry Biomarkers, and Sports Performance after Inspiratory Muscle Training in a Physically Active Population by Powerbreath®: A Systematic Review and Meta-Analysis.**

---

**Objetivo:** Realizar una evaluación crítica de los efectos del entrenamiento inspiratorio (IMT) con dispositivos de la marca *POWERbreathe* sobre las presiones respiratorias, la mecánica de biomarcadores del sistema respiratorio y el rendimiento deportivo en adultos sanos y activos físicamente.

**Metodología:** A partir de la pregunta de investigación (PICO) y el método estándar para revisiones y metaanálisis (PRISMA) se realizó una búsqueda estructurada en diversas bases de datos. Analizados los resultados, finalmente se extrajeron 11 estudios para su revisión.

**Resultados:** De modo general, se sugiere que el IMT a través de dispositivos *POWERbreathe* suponen mejoras significativas en presión inspiratoria máxima y capacidad vital forzada. Así mismo, se encontraron mejora del rendimiento deportivo y otros biomarcadores espirométricos.

**Conclusión:** El uso de dispositivos *POWERbreathe* es seguro y efectivo para mejorar la presión inspiratoria máxima, la capacidad vital forzada y el rendimiento deportivo.

**Referencia:** Fernández-Lázaro, D., Corchete, L. A., García, J. F., Jerves Donoso, D., Lantarón-Caeiro, E., Cobreros Mielgo, R., Mielgo-Ayuso, J., Gallego-Gallego, D., & Seco-Calvo, J. (2022). Effects on Respiratory Pressures, Spirometry Biomarkers, and Sports Performance after Inspiratory Muscle Training in a Physically Active

Population by Powerbreath®: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biology*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/BIOLOGY12010056>

El siguiente artículo muestra una revisión de diferentes dispositivos utilizados para el entrenamiento de la musculatura respiratoria:

---

**Título: A Review on Respiratory Muscle Training Devices.**

---

**Objetivo:** Describir los mecanismos y características de todos los dispositivos de entrenamiento de los músculos respiratorios disponibles y discutir sus ventajas y limitaciones.

**Método:** Se realizaron búsquedas en bases de datos, libros, sitios web que venden productos relacionados con la rehabilitación y listas de referencias de los artículos recuperados.

**Resultados:** La revisión incluyó 14 dispositivos actualmente disponibles en el mercado y reportados en estudios publicados. Tres de ellos no pudieron describirse en detalle por falta de información. Entre los 11 dispositivos evaluados, todos mostraron aspectos positivos y limitaciones que deben ser considerados.

**Conclusión:** Aunque algunos dispositivos parecen ser más ventajosos que otros, no es posible elegir el mejor basándose únicamente en su información técnica y utilidad clínica. Para seleccionar el más apropiado, también es necesario considerar la condición de salud específica, la naturaleza de las deficiencias, el propósito de la capacitación y si se utilizará en contextos clínicos o de investigación.

**Referencia:** Menzes KKP, Nascimento LR, Avelino PR, Polese JC and Salmela LFT (2018). A Review on Respiratory Muscle Training Devices *Journal of Pulmonary Respiration Medicine* 8:2 <https://doi.org/10.4172/2161-105X.1000451>

### 3. POSIBLES CONTRAINDICACIONES DEL USO DEL DISPOSITIVO

En el caso concreto del *POWERbreathe K5*, el manual del usuario indica las siguientes precauciones para tener en cuenta:

**Tabla 3**

*Precauciones en el uso de POWERbreathe K5*

Contraindicaciones	Precaución
Histórico de neumotórax.	Reducir la velocidad de inspiración o parar el entrenamiento en caso de empezar a sentir mareo.
Colapso pulmonar por traumatismo no curado por completo.	No utilizar el dispositivo en caso de resfriado, sinusitis u otras infecciones del tracto respiratorio.
Tímpano reventado no curado por completo, u otras alteraciones del tímpano.	Consultar con el médico en caso de molestias en los oídos.

Contraindicaciones	Precaución
	No compartir el dispositivo (sin cambiar la boquilla y la válvula) con otras personas.
	Parar inmediatamente y consultar con el médico en caso de sentir dolor torácico durante el entrenamiento

*Nota. Extraído de <https://www.powerbreathe.com/wp-content/uploads/2023/07/4070-KH2-User-Manual-Spanish-V2.pdf> (consultado el 14 de mayo de 2024).*

Estas precauciones se basan en la respuesta fisiológica del IMT, que produce una presión negativa dentro del tórax, garganta, oídos y senos nasales, pero añadido a ellas, también se contraindica el IMT para sujetos con asma inestable o con percepción anómala de la disnea (McConnell, 2013). En relación con las posibles molestias en el tórax, es necesario recalcar en que una inspiración potente y profunda como la prescrita para el IMT, produce una movilización de la parrilla costal por encima de los rangos habituales del sujeto, por lo que en caso de pacientes con alteraciones músculo esqueléticas en dicha zona, será conveniente consultar con un especialista sanitario que valore riesgos *versus* beneficios de realizar IMT.

Fuera de esos casos, se considera que el IMT es seguro para sujetos de una amplia variedad de perfiles (edad, nivel de actividad, historia clínica, etc.).

## II. MANEJO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

### 1. COMPONENTES Y DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO SOFTWARE

De modo general, el *POWERbreathe K5* se compone de tres piezas principales: boquilla, cabeza de la válvula y el cuerpo, en el que se integran una pantalla LCD y los botones para su manejo (Figura 1). En relación con su funcionamiento, el *modelo K5* crea la resistencia a la inspiración a través de una válvula de respuesta rápida, que se controla de modo electrónico. De ese modo, el dispositivo se adapta a las mejoras que se van consiguiendo respecto a nivel de fuerza de la musculatura inspiratoria.

**Figura 1**

*Dispositivo POWERbreathe K5. Imagen modificada de (POWERbreathe, 2024)*



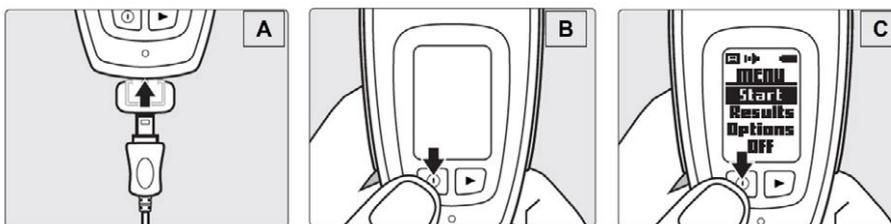
## 2. MONTAJE Y DESMONTAJE

### 2.1. USO DEL DISPOSITIVO EN MODO ENTRENAMIENTO

Antes de utilizarlo, es necesario cargar el dispositivo, al menos durante 16 horas o hasta que su indicador esté en color rojo (Figura 2A). Una vez esté cargado, deberemos encenderlo manteniendo presionado el botón de encendido (Figura 2B) hasta que aparezca el mensaje de “Menú”, en el que seleccionaremos la opción “Start”, presionando de nuevo el botón de encendido para poder empezar a entrenar (Figura 2C).

**Figura 2**

*Proceso de inicio del dispositivo en modo entrenamiento*



*Nota. Extraído de <https://www.powerbreathe.com/wp-content/uploads/2023/07/4070-KH2-User-Manual-Spanish-V2.pdf> (consultado el 14 de mayo de 2024).*

Se realizarán entonces las 30 inspiraciones indicadas, inhalando rápida y profundamente, pero con exhalaciones lentas hasta que los pulmones queden completamente vacíos o se escuche un pitido del dispositivo. Una vez se completen las inspiraciones, se abrirá automáticamente el menú de resultados y el usuario podrá comprobar el nivel de carga, la fuerza, volumen y energía registrados durante el entrenamiento. Finalmente, debe retirarse la parte superior del dispositivo para lavarla (ver punto 4, figura 3).

## 2.2. USO DEL DISPOSITIVO EN MODO TEST

Desde la pantalla de inicio y siguiendo la siguiente ruta: MENU / OPTIONS / MODES / TEST, podremos realizar la valoración de nuestra capacidad inspiratoria. Para ello, se recomienda que la persona realice primero una o dos respiraciones profundas y completas para después, colocarse la boquilla en la boca e inhalar tan fuerte, rápido y profundo como le sea posible hasta que los pulmones estén completamente llenos.

## 2.3. OTROS MODOS DE USO: CALENTAMIENTO, VUELTA A LA CALMA Y MODO PERSONALIZADO

El *POWERbreathe K5* permite otros modos de entrenamiento que se exponen brevemente a continuación.

- a) *Modo de calentamiento (MENU/OPTIONS/MODES/WARM-UP)*: se trata de una sesión de igualmente 30 respiraciones, pero a una carga reducida de la establecida para el usuario (aproximadamente al 80% de la intensidad de entrenamiento). Debe repetirse dos veces, con un descanso entre rondas de dos minutos, y realizarse entre cinco o diez minutos antes del entrenamiento (o la competición deportiva).
- b) *Modo de vuelta a la calma (MENU/OPTIONS/MODES/COOL-DOWN)*: teóricamente para favorecer el aclarado del lactato y su eliminación, el modo de vuelta a la calma consiste en en 60 respiraciones, que deben realizarse profundas, pero a un ritmo lento, a una intensidad baja.
- c) *Modo de entrenamiento personalizado (MENU/OPTIONS/MODES/CUSTOM)*: Este modo da acceso al modo de entrenamiento que se haya diseñado en el *software Breathe-Link*. En términos generales, estos programas incluirán un volumen de 3 a 60 respiraciones, con carga personalizada para el usuario en concreto. Para poder utilizarlo, es preciso preparar ese programa personalizado a través de *Breathe-Link*, así como cambiar la configuración del dispositivo.

## 3. CONDICIONES PARA TENER EN CUENTA QUE LAS MEDIDAS SEAN FIABLES Y VÁLIDAS

Conocer al usuario, instruirle hacia una buena posición y actitud postural, y cuidar que las inspiraciones se realicen de manera estable y fluida, garantizará validez y fiabilidad a las valoraciones, ya sean para investigación o para realizar un entrenamiento.

Especialmente cuando nos referimos al ámbito de investigación, se recomienda que los sujetos realicen un periodo de familiarización con el dispositivo y adaptación a la mecánica de las ventilaciones. A menudo, las primeras mejoras

no vienen dadas por adaptaciones fisiológicas, sino por aprendizaje de la técnica de inspiración correcta.

Es condición indispensable, por higiene, seguridad y salud, que se utilice el dispositivo con boquillas o filtros antivirales.

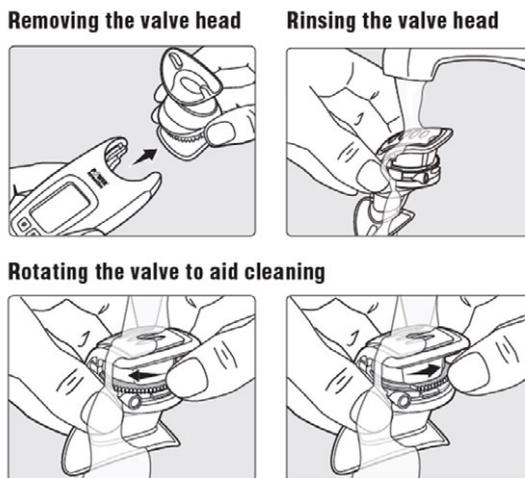
La posición básica es en bipedestación, aunque también puede realizarse sentado, con el tronco erguido y relajado, pero estable. Para estudios y entrenamientos más específicos, se puede adoptar una posición más deportiva, por ejemplo, acoplado al manillar de una bicicleta, tumbado u otras posiciones que se acerquen al gesto deportivo concreto.

#### 4. MANTENIMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS CON ELEMENTOS DEL HARDWARE

El mantenimiento del dispositivo será sencillo, siendo fundamental realizar la limpieza regular para eliminar los restos de saliva y mantenerlo en condiciones de higiene. Se recomienda que se realice tras cada sesión, extrayendo la parte superior del dispositivo (Figura 3) y enjuagándola con agua templada al menos 10 minutos. De modo complementario, se recomienda que una vez por semana se higienice y desinfecten la boquilla y la válvula del dispositivo. Para ello, los dispositivos *POWERbreathe* suelen incluir pastillas desinfectantes que se disuelven en agua, debiendo dejar las partes señaladas del dispositivo en remojo durante el tiempo indicado por el producto de desinfección, para realizar posteriormente un enjuague de nuevo sólo con agua (POWERbreathe International, 2011).

**Figura 3**

*Proceso de limpieza de la boquilla y válvula del dispositivo*



*De izquierda a derecha, y de arriba hacia abajo se muestra el proceso de limpieza del POWERbreathe K5 recomendado tras cada uso: retirar la parte superior (arriba izquierda); enjuague de la cabeza de la válvula (arriba derecha); e indicaciones para la movilización de la válvula para asegurar la efectividad del proceso (abajo). Extraído de <https://www.powerbreathe.com/wp-content/uploads/2023/07/4070-KH2-User-Manual-Spanish-V2.pdf> (consultado el 14 de mayo de 2024).*

### III. PROTOCOLO

#### 1. PRUEBA/PROTOCOLO/OBJETIVO DE LA TOMA DE DATOS A REALIZAR

Un test o entrenamiento con un dispositivo *POWERbreathe K5* permitirá observar y analizar parámetros ventilatorios relacionados con la fuerza y resistencia de los músculos inspiratorios.

Al entrenar con el dispositivo *POWERbreathe K-Series* se sentirá una resistencia a la inhalación, esta resistencia se introduce gradualmente durante los primeros cinco respiraciones de la sesión de entrenamiento, después de las cuales se alcanza la resistencia total.

La rutina de entrenamiento “universal” *POWERbreathe* consta de 30 respiraciones, dos veces al día (una por la mañana y otra por la tarde).

#### Figura 4

*Ejecución de test o entrenamiento*



#### Objetivos

Con la espirometría inspiratoria se pretende evaluar la función pulmonar del individuo en base a parámetros inspiratorios concretos. Los objetivos específicos de la prueba funcional son:

- Medir el volumen (L), flujo de aire o FIV1 (L/s), fuerza (cmH<sub>2</sub>O) y potencia (W) y otros parámetros derivados de que ayudan a evaluar la función pulmonar.
- Ayudar al diagnóstico de enfermedades respiratorias y evaluar la gravedad y progresión de determinadas enfermedades pulmonares, así como de otras limitaciones que afectan obstruyendo, limitando o

restringiendo la función respiratoria, cardio-respiratoria o incluso postural y locomotora.

- Ejecutar, controlar y valorar entrenamientos específicos de la musculatura respiratoria, aplicando protocolos universales evidenciados o alternativos en vías de ello.

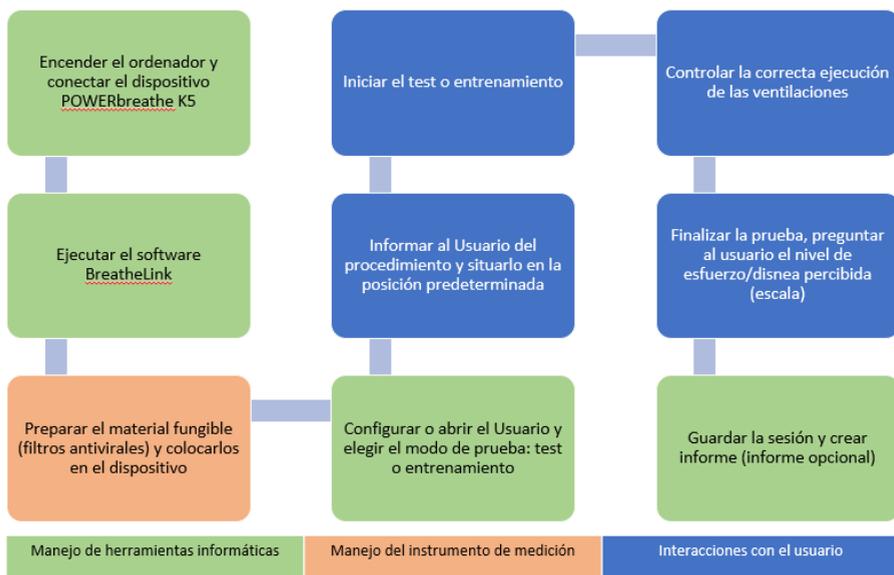
## 2. TIMELINE DEL PROCEDIMIENTO DE MONTAJE, PUESTA A PUNTO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS, TEST Y POSTERIOR EXTRACCIÓN DE DATOS

Relacionado con uno de los protocolos de la espirometría convencional, la evaluación con *POWERbreathe* K5 consiste en utilizar este dispositivo de entrenamiento respiratorio para evaluar y mejorar la fuerza y resistencia (en términos de capacidad y eficiencia) de los músculos involucrados en la respiración. La espirometría inspiratoria asiste a la espirometría convencional en el diagnóstico y monitoreo de diferentes condiciones respiratorias relacionadas con el rendimiento, pero también con la salud (asma, EPOC o fibrosis pulmonar, entre otras...)

Independientemente del tipo de prueba a realizar (valoración o entrenamiento), el procedimiento general requiere de: manejo de herramientas informáticas (hardware y software), manejo del instrumento de medición, y observación/control de las ejecuciones y el estado del sujeto a evaluar (figura 5).

**Figura 5**

*Protocolo para ejecutar una sesión de valoración o entrenamiento*



Durante la evaluación, la prueba de fuerza medirá fundamentalmente los parámetros S-Index y PIM, índice de fuerza y presión inspiratoria máxima

respectivamente, cuyos registros derivan en parámetros ventilatorios significativos para salud, calidad de vida y condición física en relación con el género y la edad. Es necesario que el individuo realice las inspiraciones configuradas a través de una boquilla (filtro antiviral) y que tome una posición, bien sentada, en bipedestación o en otra determinada por la persona que evalúa la prueba (Ej.: en acople al manillar de una bicicleta).

### **3. PREPARATIVOS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS**

#### *3.1. CONEXIÓN AL ORDENADOR E INSTALACIÓN DE SOFTWARE*

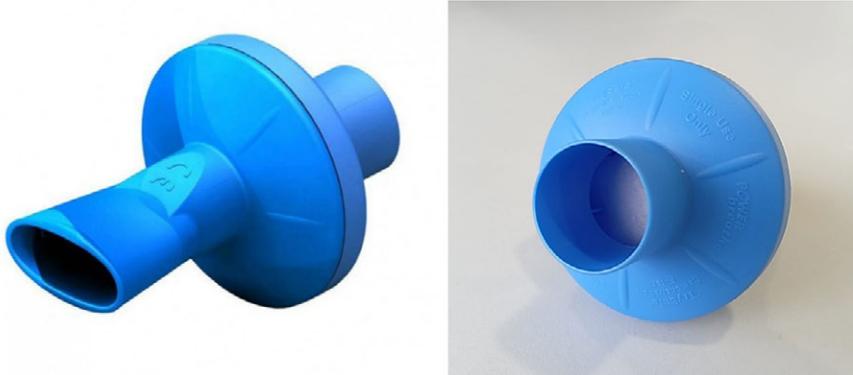
El software *Breathe-Link*, que permite visualizar datos de valoraciones y entrenamientos, personalizar las sesiones y controlar los progresos debe instalarse antes de conectar el *POWERbreathe K5*. Se deben seguir las siguientes instrucciones:

- Para los primeros modelos, introducir el disco de instalación del software *Breathe-Link* del *POWERbreathe* en la unidad de CD-ROM de su ordenador. Actualmente el proveedor del dispositivo le facilitará una licencia asociada a este.
- La configuración se iniciará automáticamente. Si no es así, pulsar en el icono para ejecutar el archivo de configuración de forma manual.
- Seguir las instrucciones de la pantalla para instalar el software.
- Una vez instalado el software, enchufar el conector grande del cable USB en un puerto USB de su ordenador.
- Enchufar el conector mini-USB (pequeño) en la unidad *POWERbreathe K5*.
- Tras una breve pausa, se ejecutará la aplicación *Breathe-Link* y la unidad *POWERbreathe K5* mostrará la pantalla de inicio. Si la aplicación *Breathe-Link* no se inicia automáticamente, pulsar en el icono del escritorio para ejecutarla de forma manual.

#### *3.2. PREPARACIÓN DEL MATERIAL FUNGIBLE*

El uso de filtros antibacterianos/antivirales (figura 6), desechables, facilita que un mismo dispositivo pueda ser utilizado por distintos usuarios, cada cual con su filtro desechable, ofreciendo la compañía *POWERbreathe* filtros específicos (*POWERbreathe TrySafe® Filter*), así como adaptadores de ajuste para sus distintos modelos de dispositivo.

**Figura 6**  
*Filtro POWERbreathe Trysafe®*



El uso de este tipo de filtros no supone cambios en la ejecución prevista para el usuario: sencillamente deberá realizar las respiraciones a través de éste en lugar de directamente en la boquilla.

### 3.3. LOCALIZACIÓN Y GESTIÓN DEL ARCHIVO DE DATOS DE USUARIO

#### **Crear un nuevo usuario**

Para registrar nuevos perfiles el usuario debe clicar “new user” en la ventana emergente de la interfaz del software. Para ello, el dispositivo debe estar previamente conectado al ordenador a través del cable USB y el software *Breathe-Link* en funcionamiento.

**Figura 7**  
*Ventana de gestión de usuarios*



**Figura 8**

Ventana para la creación de un perfil nuevo de usuario

Aquí se introducirán los datos solicitados: nombre y un apellido (user name), fecha de nacimiento (date of birth), peso (weight), altura (height), género (gender: male / female) y unidad de medida (profile units: imperial / metric). Una vez creado, se pulsará “OK” para proceder con el entrenamiento o prueba elegido.

Para acceder a usuarios ya registrados se pulsará en la flecha de despliegue que aparece en la ventana y se seleccionará aquel deseado. El programa posibilita también la edición del perfil de usuario.

**Acceder al perfil de un usuario ya creado.**

Los archivos de datos de usuario pueden existir en distintas ubicaciones:

**POSIBILIDAD 1**

Almacenados en la carpeta de *Archivos de programa* del disco duro

Por ejemplo

*C:\Archivo de Programa\BreatheLink\DatosDelUsuario*

*C:\Archivo de Programa (x86)\BreatheLink\UserData*

Para Windows 7 y superiores también comprobar la posibilidad 2 a continuación:

**POSIBILIDAD 2**

La carpeta *Userdata* también puede estar almacenada en su carpeta virtual.

Para acceder a ella, debe seguir los siguientes itinerarios:

- Paso 1: Desactivar los archivos y carpetas ocultos
  - a. Opciones de carpeta: Inicio / Panel de control / Apariencia y personalización / opciones de carpeta.
  - b. Pestaña “ver” / configuración avanzada / mostrar archivos / carpetas y unidades ocultas / aceptar
  - c. (opcional) Búsqueda adicional en la carpeta *UserData*

- Paso 2: En el disco duro

Ruta 1 C:\Usuario\NombreDeUsuario\AppData\Local\VirtualStore\ArchivoDe Programa(x86)\BreatheLink\UserData

Ruta 2 C:\Nombre de usuario\AppData\Local\VirtualStore\Archivo de programa\BreatheLink\UserData

### 3.4. PROTOCOLO DE LA PRUEBA

El modo de prueba del software *Breathe-Link* se puede utilizar para evaluar rápidamente el rendimiento de sus músculos respiratorios en tiempo real. Existen dos tipos de pruebas que se pueden realizar:

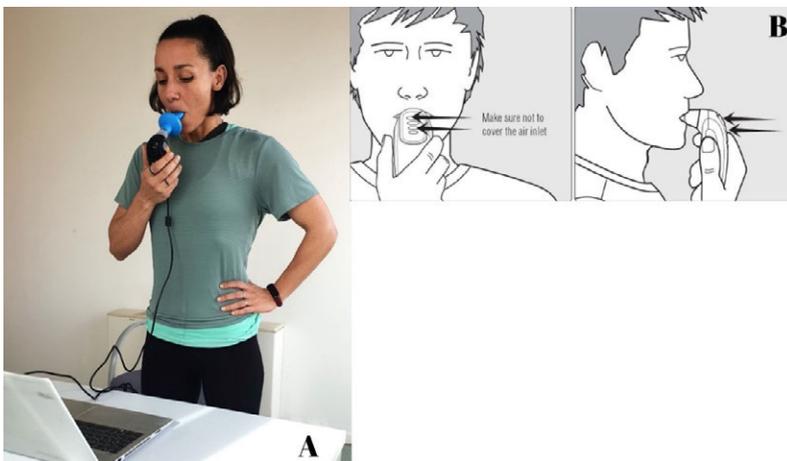
- **Prueba de fuerza S-Index:** O Presión Inspiratoria Máxima. Esta prueba mide la fuerza máxima de los músculos inspiratorios.
- **Prueba PIF:** O Pico de Flujo Inspiratorio. Esta prueba mide el flujo inspiratorio máximo para una sola respiración.

Para ambos modos de prueba, se recomienda relajarse y espirar lo más profundamente posible expulsando todo el aire de los pulmones, para luego inhalar lo más rápida y profundamente posible y maximizar así el resultado de la maniobra.

Colocado el usuario en la posición seleccionada, deberá sostener el dispositivo con la mano en forma de copa alrededor de la parte inferior trasera del mismo, con los dedos y el pulgar sobre las empuñaduras. La mano no debe cubrir la entrada de aire. Colocar el dispositivo en la boca para que los labios cubran el protector exterior para sellar la mordida de los topes superior e inferior (Figura 9).

#### Figura 9

*Posición básica para ejercitar los músculos respiratorios (A) y colocación del dispositivo en la boca (B)*



### ***Mecanismo ventilatorio***

Inhalar tan fuerte, tan rápido y tan profundamente como sea posible. Exhalar lo más posible y luego respirar de nuevo rápido y con fuerza a través de la boquilla.

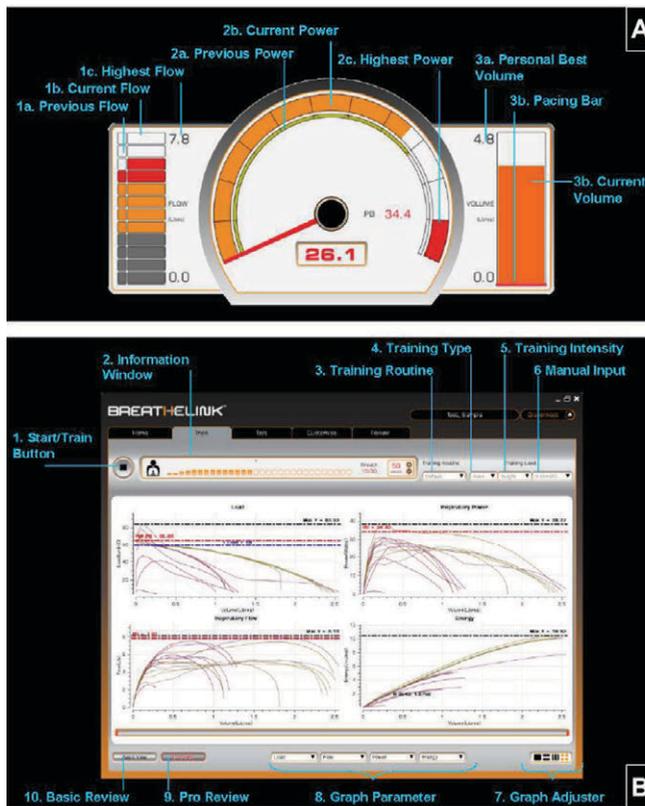
Las exhalaciones serán lenta y pasivas, a través de la boca hasta que los pulmones se sientan completamente vacíos, dejando que los músculos del pecho y los hombros se relajen. Pausar hasta que se vea la barra de ritmo en la parte inferior del volumen.

Repetir las veces que estén programadas.

El software, a través de la interfaz con el usuario, mostrará en tiempo real los siguientes datos (Figura 8):

- ZONA DE FLUJO. (Flujo) es una medida de la velocidad máxima a la que puede inhalar aire hacia los pulmones. La medida está basada en el caudal máximo medido durante la prueba respiratoria. Esta medida da una indicación de la velocidad a la que se pueden contraer los músculos inspiratorios.
- ZONA DE POTENCIA. La potencia es una medida del rendimiento muscular, que combina fuerza y velocidad de movimiento. Mientras más potentes sean los músculos, más resistentes a la fatiga en un determinado nivel de trabajo y, por tanto, la disnea se verá reducida. Los músculos más potentes también podrán generar un mayor flujo de aire y pueden aumentar la capacidad del cuerpo para neutralizar el ácido láctico durante el ejercicio intenso.
- ZONA DE VOLUMEN. La zona de volumen muestra la cantidad de aire que se ha inhalado. Un valor más alto de volumen indica que se está respirando profundamente y entrenando los músculos inspiratorios en todo su rango de movimiento. Se debe intentar inspirar lo más profundamente posible en cada respiración de la sesión de entrenamiento para maximizar el entrenamiento.

**Figura 10**  
Vista gráfica (A) y profesional (B) de la interfaz



El modo de prueba del software *Breathe-Link* se puede utilizar para evaluar rápidamente el rendimiento de sus músculos respiratorios en tiempo real. Existen dos tipos de pruebas que se pueden realizar:

- **Prueba de fuerza S-Index:** O Presión Inspiratoria Máxima. Esta prueba mide la fuerza máxima de los músculos inspiratorios.
- **Prueba PIF:** O Pico de Flujo Inspiratorio. Esta prueba mide el flujo inspiratorio máximo para una sola respiración.

Para ambos modos de prueba, se recomienda relajarse y espirar lo más profundamente posible expulsando todo el aire de los pulmones, para luego inhalar lo más rápida y profundamente posible y maximizar así el resultado de la maniobra.

### 3.5. EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

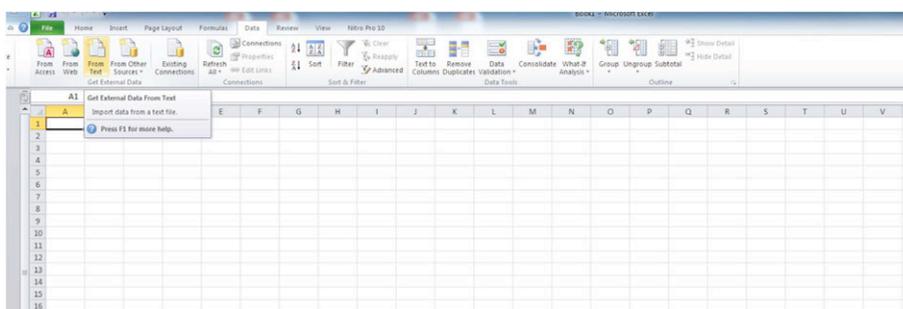
#### 3.5.1. CONVERSIÓN DE DATOS A FORMATO CSV

- a) Consultar "Breathe-Link how to locate UserData File.pdf" para localizar los datos de usuario que se desea abrir. Recordar la dirección, se necesitará para el siguiente paso.

- b) Abrir Excel y localizar la opción 'Datos' en el menú de la barra de herramientas y selecciona 'Desde Texto'.
- c) En la ventana emergente, ir a la ubicación donde están los datos de usuario y seleccionar una carpeta llamada 'NEUTRAL'. En Mi PC, la ubicación es C:\Archivos de Programa\NBreatheLink\UserData\ANBLA\NEUTRAL\TRAIN. Se visualizarán algunos archivos txt que representan las sesiones de entrenamiento guardadas. Seleccionar uno y se importará a Excel.
- d) Dentro de Excel seleccionar “Delimitado” y pulsar “siguiente”.
- e) A continuación, seleccionar “Tabulador” y “Coma” y “Finalizar”.

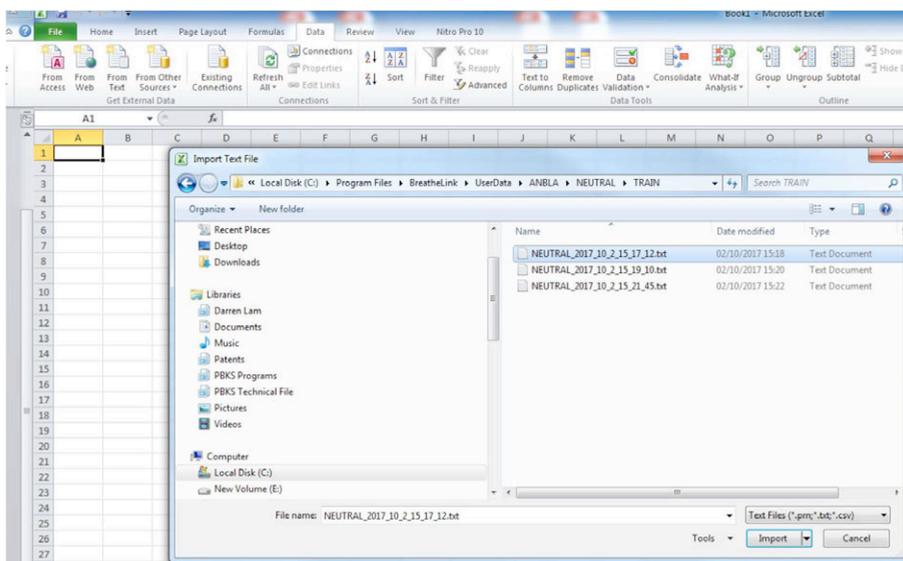
**Figura 11**

*Pasos para la conversión de datos a formato CSV*

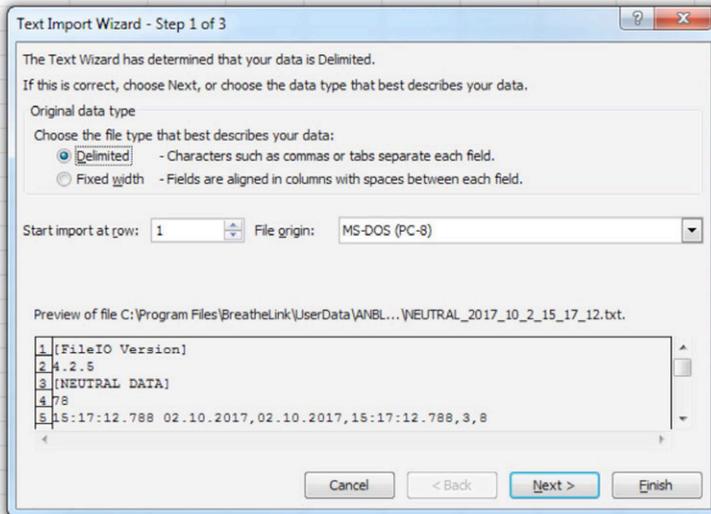


**Figura 12**

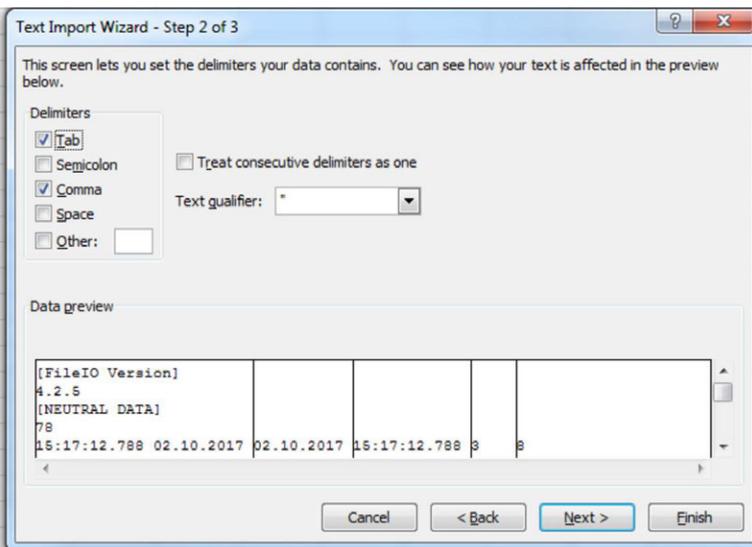
*Pasos para la conversión de datos a formato CSV*



**Figura 13**  
Pasos para la conversión de datos a formato CSV



**Figura 14**  
Pasos para la conversión de datos a formato CSV



### 3.6. PREGUNTAS FRECUENTES

El siguiente QR redirige las cuestiones más frecuentes planteadas por los usuarios del dispositivo. El documento se revisa y actualiza puntualmente.

**Figura 15**

*Código QR para consultar las preguntas frecuentes del fabricante*



## IV. ALTERNATIVAS

### ***Dispositivos móviles. Descripción de software y validación para la adquisición de datos similares.***

Como ventaja operativa, los dispositivos portátiles y aquellos con aplicaciones móviles permiten una logística de intervención que va más allá de la propia evaluación o entrenamiento. Estudios recientes (Feria et al., 2024) han usado estos dispositivos para controlar las cargas de entrenamiento, analizando los valores de espirometría inspiratoria y concluyendo que el S-INDEX y el PIF podrían servir como control de carga de los nadadores, permitiendo a los entrenadores tomar decisiones inmediatas.

Con el fin de describir los mecanismos y características de los dispositivos de entrenamiento de los músculos respiratorios disponibles en el mercado y discutir sus ventajas y limitaciones, se realizó una revisión que concluyó con que no es posible elegir el mejor de ellos basándose únicamente en su información técnica y utilidad clínica. Para seleccionar el más apropiado, también es necesario considerar la condición de salud específica, la naturaleza de las deficiencias, el propósito de la capacitación y si se utilizará en contextos clínicos o de investigación.

La siguiente figura muestra una comparativa de las características más importantes, algo que permitiría elegir el aparato más adecuado según el objeto de uso. En el estudio no aparece una nueva tecnología emergente, que acerca y facilita parte de esta ciencia al uso doméstico y profesional a través de una App móvil y una plataforma para la gestión de usuarios. Teniendo en cuenta que esta tecnología (<https://www.airofit.com/science/>) y las estudiadas en la revisión experimentarán avances en lo sucesivo, sirva el cuadro comparativo como referencia para valorar qué dispositivo elegir según el propósito:

**Figura 16**

*Tabla comparativa con las características de diferentes dispositivos para el entrenamiento muscular respiratorio*

Device	Adequate load range	Portability	Usability	Adequate mouthpiece sealing	Possibility of home-based training	Easy/fast adjustment	Allows inspiratory and expiratory training	Cost effectiveness (inexpensive)
Resistance-training devices								
Pflex®	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
TrainAir®	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No
POWERbreathe® K-Series	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
EMST 150	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
Orygen-Dual Valve®	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
POWERbreathe®	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
PowerLung ®	*	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Respifit-S	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	No	No
Threshold® IMT	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
Threshold™ PEP	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
Endurance-training device								
SpiroTiger®	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	No

**Table 1:** Characteristics of the evaluated respiratory muscle training devices.

En la primera columna, los dispositivos analizados y, de izquierda a derecha, sus características: rango de carga adecuado; portabilidad; usabilidad; sellado de boquilla adecuado; posibilidad de uso doméstico; ajuste rápido / fácil; permite entrenamiento inspiratorio y espiratorio; relación coste – eficacia (económico). Extraído de (Menzes, Nascimento, Avelino, Polese and Salmela, 2018).

## V. REFERENCIAS

- Black, L. F., & Hyatt, R. E. (1969). Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *American Review of Respiratory Disease*, 99, 696-702. <https://doi.org/10.1164/arrd.1969.99.5.696>
- Da Silva Guimarães, B., De Souza, L. C., Cordeiro, H. F., Regis, T. L., Leite, C. A., Puga, F. P., Alvim, S. H., & Lugon, J. R. (2021). Inspiratory Muscle Training With an Electronic Resistive Loading Device Improves Prolonged Weaning Outcomes in a Randomized Controlled Trial. *Critical care medicine*, 49(4), 589-597. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004787>
- de Alvarenga, G. M., Charkovski, S. A., dos Santos, L. K., da Silva, M. A. B., Tomaz, G. O., & Gamba, H. R. (2018). The influence of inspiratory muscle training combined with the Pilates method on lung function in elderly women: A randomized controlled trial. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 73. <https://doi.org/10.6061/CLINICS/2018/E356>
- Feria-Madueño, A.; Batalha, N.; Monterrubio-Fernández, G.; Parraca, J.A. Exploring Indicators for Training Load Control in Young Swimmers: The Role of Inspiratory Spirometry Outcomes. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 2024, 9, 53. <https://doi.org/10.3390/jfmk9010053>
- Fernández-Lázaro, D., Corchete, L. A., García, J. F., Jerves Donoso, D., Lantarón-Caeiro, E., Cobrerros Mielgo, R., Mielgo-Ayuso, J., Gallego-Gallego, D., & Seco-Calvo, J. (2022). Effects on Respiratory Pressures, Spirometry Biomarkers, and Sports Performance after Inspiratory Muscle Training in a Physically Active Population by Powerbreathe®: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biology*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/BIOLOGY12010056>
- Lee, K. B., Kim, M. K., Jeong, J. R., & Lee, W. H. (2016). Reliability of an Electronic Inspiratory Loading Device for Assessing Pulmonary Function in Post-Stroke Patients. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 22, 191. <https://doi.org/10.12659/MSM.895573>
- McConnell, A. K. (2013). *Respiratory Muscle Training Theory and Practice*. Elsevier Health Sciences UK.
- Menzes KKP, Nascimento LR, Avelino PR, Polese JC and Salmela LFT (2018). A Review on Respiratory Muscle Training Devices *Journal of Pulmonary Respiration Medicine* 8:2 <https://doi.org/10.4172/2161-105X.1000451>
- POWERbreathe. (2024). *POWERbreathe Serie K5*. <https://www.powerbreathe.es/powerbreathe-serie-k5/>
- POWERbreathe International. (2011). *POWERbreathe K5 User Manual*. <https://www.powerbreathe.es/descargas/>

- Sheel, A. W. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 32(9), 567-581. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232090-00003>
- Shei, R.-J. (2018). Recent advancements in our understanding of the ergogenic effect of respiratory muscle training in healthy humans: A systematic review. *Journal of strength and conditioning research*, 32(9), 2665-2676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002730>

# Análisis y evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca

**Luis A. Berlanga de la Pascua**

*Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola.*

*Fundación San Pablo - CEU Andalucía*

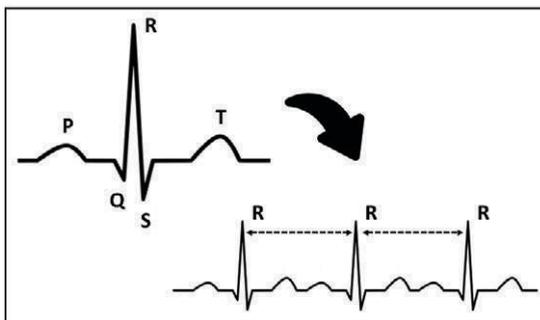
*lberlanga@ceu.es*

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. CONSIDERACIONES ACADÉMICAS Y CIENTÍFICAS DEL USO DE DISPOSITIVOS QUE REGISTREN LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV, del inglés *Heart Rate Variability*) es un parámetro fisiológico que ha ganado importancia en las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte durante las últimas décadas. Desde que en los años 60 se encontraran cambios en los intervalos RR del latido de fetos bajo condiciones estresantes, sin percibir modificaciones en la frecuencia cardíaca (FC), son muchas las investigaciones que comenzaron a analizar esta variable y a relacionar sus valores con afecciones como neuropatías autonómicas y/o con aspectos como el riesgo de muerte tras haber sufrido un infarto agudo de miocardio (Malik et al., 1996).

A diferencia de la FC, que es un parámetro que registra el número de latidos por minuto (lpm), la HRV se encarga de analizar las diferencias existentes entre latidos. Para ello, se basa en el análisis de la diferencia entre cada intervalo RR de la señal registrada entre dos latidos (Figura 1), estando dicha diferencia determinada por la actividad tanto simpática como parasimpática del sistema nervioso autónomo.

**Figura 1***Intervalos RR entre latidos cardíacos**Nota. Elaboración propia.*

Hoy en día, el uso de la HRV se ha extendido para analizar diferentes aspectos, tanto en las Ciencias de la Salud como en las Ciencias del Deporte. Por ejemplo, en pacientes diabéticos el registro de la HRV sirve para detectar posibles neuropatías o disfunciones autonómicas, probablemente provocadas por alteraciones en la función endotelial, disfunciones en los barorreceptores o una reducción de la reactividad vascular (Cygankiewicz & Zareba, 2013). Por otro lado, en el ámbito deportivo el análisis de la HRV puede usarse para prescribir la intensidad diaria de cada entrenamiento o para evaluar el grado de recuperación de los/as deportistas (Lundstrom et al., 2023), así como para cuantificar la carga interna de un ejercicio (Orellana et al., 2019) o, incluso, para estimar el gasto energético producido por una sesión de entrenamiento (Achten & Jeukendrup, 2003).

En cualquier caso, para que el registro de la HRV y de todos los parámetros calculados a partir del mismo sea fiable y válido para analizar aquello que nos interesa, debemos tener en cuenta una serie de consideraciones específicas que abordaremos a lo largo del presente capítulo.

## **2. MEDIDAS Y DATOS QUE EXTRAEN LOS DISPOSITIVOS DE REGISTRO DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA**

Si bien el registro original de la HRV se considera lineal, ya que mide la distancia temporal entre las ondas R de cada latido del corazón, existen numerosos parámetros que se derivan de su análisis y que sirven para conocer más en profundidad la función del sistema nervioso autónomo y su implicación en aspectos como los efectos de una patología o el nivel de adaptación a un programa de entrenamiento.

Por tanto, veremos a continuación los parámetros principales derivados del estudio de la HRV divididos en dos dominios lineales: tiempo y frecuencia.

**Tabla 1***Principales parámetros en el dominio tiempo derivados de la HRV*

<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>
SDNN	ms	Desviación estándar de todos los intervalos RR
SDANN	ms	Desviación estándar de las medias de los intervalos RR registrados durante periodos de 5 min durante un registro completo
RMSSD	ms	Raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias entre intervalos RR adyacentes
NN50	Número entero	Número de pares de intervalos RR adyacentes que difieren en más de 50 ms en un registro completo
pNN50	%	Relación porcentual entre NN50 y el número de intervalos RR total

*Nota. NN, sinónimo de RR; ms, milisegundos.*

**Tabla 2***Principales parámetros en el dominio frecuencia derivados de la HRV*

<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>
VLF	ms <sup>2</sup>	Banda de frecuencia muy baja (< 0.04 Hz aprox.)
LF	ms <sup>2</sup>	Banda de frecuencia baja (entre 0.04 Hz y 0.15 Hz)
HF	ms <sup>2</sup>	Banda de frecuencia alta (entre 0.15 Hz y 0.4 Hz)
LF/HF		Ratio entre LF (ms <sup>2</sup> ) dividido por HF (ms <sup>2</sup> )

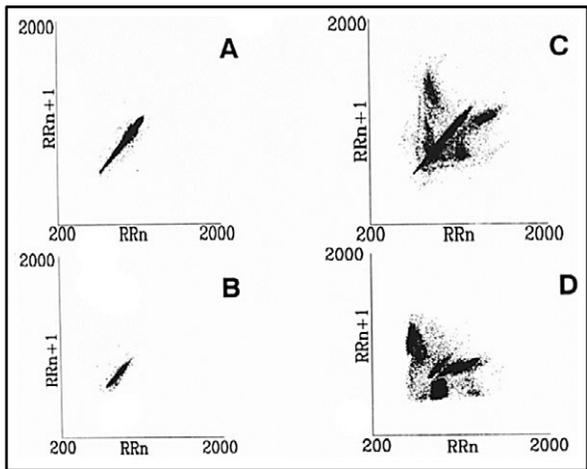
*Nota. ms<sup>2</sup>, milisegundos al cuadrado; Hz, hercios.*

Asimismo, también existen medidas no lineales que nos ofrecen datos de relevancia derivados de la HRV. En este caso, atendiendo al comportamiento no lineal que existe en la interacción entre los diferentes sistemas fisiológicos y la HRV, las variables obtenidas en este dominio tienen un carácter cualitativo, midiendo la complejidad o el comportamiento caótico de la HRV (entropía).

Un método de análisis no lineal de la HRV muy utilizado es el gráfico de Poincaré, que fue investigado por varios autores en la década de los 90 como una medida de la función del sistema nervioso autónomo simpático (Woo et al., 1994), siendo una representación gráfica de la correlación donde cada punto representa la correlación entre un intervalo RR y el inmediatamente anterior (RR<sub>n</sub> en el eje horizontal y RR<sub>n+1</sub> en el eje vertical) (Figura 2). Además, otro parámetro no lineal de la HRV que se utiliza con bastante frecuencia es el análisis de fluctuación detrendente (DFA, del inglés *Detrended Fluctuation Analysis*), que mide el comportamiento fractal de la HRV y sirve para analizar la autosimilaridad de una señal (Berthelot et al., 2021).

**Figura 2**

*Principales parámetros en el dominio frecuencia derivados de la HRV*



*Nota. Ejemplos del gráfico de Poincaré en cuatro pacientes con insuficiencia cardíaca (Woo et al., 1994).*

### 3. INVESTIGACIONES QUE HAN USADO DISPOSITIVOS DE REGISTRO DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

A continuación, presentamos varias investigaciones que han utilizado dispositivos para el registro de la HRV en diferentes poblaciones y con diferentes objetivos.

---

**Título: El entrenamiento de fuerza mejora la variabilidad de la frecuencia cardíaca y el rendimiento muscular: un ensayo controlado aleatorizado en pacientes con enfermedad arterial coronaria.**

---

**Objetivo:** Investigar los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza de muchas repeticiones y baja carga (HR/LL-RT) sobre la HRV y la fuerza y resistencia muscular en pacientes con enfermedad arterial coronaria.

**Método:** 20 participantes completaron este estudio. Se midió la repetición máxima (1RM) en el ejercicio de prensa de piernas a 45° y la HRV en reposo antes y después de 8 semanas de HR/LL-RT. Se calcularon varios parámetros derivados de la HRV, como la RMSSD, el índice no lineal SD1 o el índice de aproximación a la entropía (ApEn). El programa HR/LL-RT consistió en un ejercicio para las extremidades inferiores utilizando una prensa de piernas de 45°, realizando 3 series de 20 repeticiones dos veces por semana. La carga inicial se fijó en el 30% de 1RM.

**Resultados:** Tras 8 semanas de HR/LL-RT se produjeron aumentos significativos de los índices RMSSD y SD1 sólo en el grupo de entrenamiento ( $p < 0.05$ ). Hubo una disminución significativa de la FC media después de HR/LL-RT en el grupo de

entrenamiento ( $p < 0.05$ ). Además, se observó un ApEn significativamente mayor después de la intervención en el grupo de entrenamiento ( $p < 0.05$ ).

**Conclusión:** Estos resultados muestran mejoras positivas en la HRV, así como en la fuerza y en la resistencia muscular en pacientes con enfermedad arterial coronaria que han seguido un programa de entrenamiento de fuerza de 8 semanas realizando muchas repeticiones con una carga baja.

**Referencia:** Caruso, F. R., Arena, R., Phillips, S. A., Bonjorno, J. C., Jr, Mendes, R. G., Arakelian, V. M., Bassi, D., Nogi, C., & Borghi-Silva, A. (2015). Resistance exercise training improves heart rate variability and muscle performance: a randomized controlled trial in coronary artery disease patients. *European Journal Of Physical And Rehabilitation Medicine*, 51(3), 281–289.

---

Título: **Entrenamiento de carrera de resistencia guiado individualmente por la variabilidad de la frecuencia cardiaca en mujeres no entrenadas.**

---

**Objetivo:** Analizar los efectos en mujeres no entrenadas del entrenamiento guiado por la HRV en comparación con una prescripción estandarizada sobre el tiempo en completar una carrera de 5 km (t5km), la velocidad máxima de carrera en cinta rodante (Vpico), el límite de tiempo a dicha velocidad máxima (tlim en Vpico), y sobre la modulación cardiaca autónoma (es decir, la actividad parasimpática y la recuperación).

**Método:** 36 mujeres no entrenadas se dividieron en un grupo de entrenamiento guiado por la HRV (HRVG) y un grupo de control (CG). Ambos entrenamientos tuvieron una duración de 8 semanas y se realizaron con una frecuencia de 3 sesiones a la semana. El CG siguió un programa predefinido, alternando entrenamiento continuo de intensidad moderada (MICT) y entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT). Para HRVG, la determinación de MICT o HIIT se basó en la HRV previa al entrenamiento, realizando MICT si la actividad parasimpática estaba atenuada, definida cuando el valor RMSSD era inferior a la media de la desviación estándar menos 1 (Media de SD - 1) de las medidas previas; en caso contrario, se prescribió HIIT. Se midieron el t5km, el Vpico, el tlim en Vpico, la actividad parasimpática (RMSSD) y la reactivación parasimpática (HRR) antes y después del periodo de entrenamiento de 8 semanas.

**Resultados:** El t5km disminuyó en mayor magnitud en el HRVG ( $-17.5 \pm 5.6\%$ , frente a  $-14.0 \pm 4.7\%$ ; ES = moderado). La RMSSD y el tlim en Vpico solo mejoraron en el HRVG ( $+23.3 \pm 27.8\%$  y  $+23.6 \pm 31.9\%$ , respectivamente). El HRVG experimentó mayores mejoras en Vpico y en HRR (Vpico:  $10.0 \pm 7.3\%$  frente a  $8.2 \pm 4.7\%$ ; HRR:  $19.1 \pm 28.1\%$  frente a  $12.6 \pm 12.9\%$ ; ES = pequeño). Aunque el HRVG realizó menos MICT que el CG, el volumen de MICT se relacionó negativamente con los cambios en t5km. Los cambios en Vpico estuvieron altamente correlacionados con los cambios en t5km.

**Conclusión:** Las mayores mejoras en HRVG para t5km y para la modulación autonómica refuerzan la aplicación potencial de esta herramienta para la prescripción individualizada del entrenamiento.

**Referencia:** da Silva, D. F., Ferraro, Z. M., Adamo, K. B., & Machado, F. A. (2019). Endurance Running Training Individually Guided by HRV in Untrained Women. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 33(3), 736–746. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002001>.

---

**Título: Pendiente de recuperación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de la carga interna del entrenamiento.**

---

**Objetivo:** Diseñar un índice de recuperación basado en la RMSSD y proponer la forma de utilizarlo en el entrenamiento diario.

**Método:** 14 hombres sanos participaron en este estudio. El experimento duró 2 semanas, dividiéndose en 4 sesiones separadas entre sí 48-72h. La primera sesión fue una prueba incremental en tapiz rodante para determinar los umbrales ventilatorios (VT1 y VT2) y la velocidad aeróbica máxima (VAM). Cada participante corrió a velocidad VT1 (segundo día), velocidad VT2 (tercer día) y realizó una prueba hasta el agotamiento a su VAM (cuarto día). La duración de las cargas VT1 y VT2 se seleccionó de forma que el producto intensidad-duración (carga de entrenamiento) fuera el mismo. La HRV se midió desde 10 min antes de la prueba (descanso) hasta 30 min después (recuperación). Las pendientes de recuperación se calcularon a partir de los valores de RMSSD a los 10 y 30 minutos. La escala de Borg se registró al final de cada prueba y los valores de Impulso de Entrenamiento (TRIMP) se calcularon utilizando las ecuaciones de Banister.

**Resultados:** Los valores de RMSSD disminuyeron sustancialmente independientemente de la intensidad y la duración del ejercicio (media de 4 ms). La recuperación de la RMSSD fue lineal durante los 30 min y diferente en función de la intensidad del ejercicio. Para proponer un índice de recuperación, calculamos la pendiente de la RMSDD durante los 30 minutos (pendiente-30) y también los 10 primeros minutos (pendiente-10). Dado que las pendientes presentaron un comportamiento exponencial en relación con la intensidad del esfuerzo, se obtuvieron tres curvas (valores medios, más SD y menos SD) definiendo un nomograma.

**Conclusión:** En conclusión, para cuantificar la carga interna de una sesión de entrenamiento se puede medir la RMSSD los últimos 5 minutos de ejercicio y cualquier período de 5 minutos durante los primeros 30 minutos recuperación, calcular la pendiente de la RMSSD entre el ejercicio y la recuperación y comparar con el nomograma.

**Referencia:** Orellana, J. N., Nieto-Jiménez, C., & Ruso-Álvarez, J. F. (2019). Recovery Slope of Heart Rate Variability as an Indicator of Internal Training Load. *Health*, 11(02), 211–221. <https://doi.org/10.4236/health.2019.112019>.

---

Título: **Conducir en un entorno urbano, la respuesta al estrés y los efectos del ejercicio.**

---

**Objetivo:** Examinar la respuesta de estrés a la conducción y la eficacia de una sesión previa de ejercicio físico para amortiguar dicha respuesta.

**Método:** 20 adultos sanos realizaron tres tareas: control, conducción y ejercicio más conducción. Se les registró la FC, la HRV, la presión arterial (PA) y el cortisol para cuantificar la respuesta de estrés agudo a cada condición.

**Resultados:** Los datos indicaron una respuesta de estrés a la conducción, identificada a través de la elevación de la FC y la reducción de la HRV en comparación con el control. La FC se elevó y la HRV se redujo al comparar el ejercicio más conducción con la condición de conducción. La PA y el cortisol no fueron diferentes entre las condiciones.

**Conclusión:** Este estudio confirma que conducir induce una respuesta de estrés, y que la intervención con ejercicio proporciona resultados mixtos (un aumento de las medidas cardiovasculares y una disminución de la medida de cortisol con tendencia a la significación). Dadas las consecuencias conocidas del estrés y la evidencia de que el ejercicio puede mitigar el estrés agudo, se recomienda una mayor evaluación de las intervenciones de ejercicio físico en relación con el estrés.

**Referencia:** Antoun, M., Ding, D., Bohn-Goldbaum, E. E., Michael, S., & Edwards, K. M. (2018). Driving in an urban environment, the stress response and effects of exercise. *Ergonomics*, 61(9), 1273–1281. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1468494>.

Como podemos observar, el análisis y la evaluación de la HRV puede llevarse a cabo para fines diferentes, desde la prescripción individualizada del entrenamiento (da Silva et al., 2019), la cuantificación de la carga interna de un ejercicio (Orellana et al., 2019), la determinación de las adaptaciones a un programa de entrenamiento (Caruso et al., 2015) o el control del estrés provocado por los condicionantes externos de la persona (Antoun et al., 2018); incluidos los que comentamos en el primer apartado en cuanto a la detección de neuropatías autonómicas o a la estimación del gasto energético inducido por el ejercicio; entre otros.

#### **4. POSIBLES CONTRAINDICACIONES DEL USO DE ESTOS DISPOSITIVOS**

El registro de la HRV, como explicaremos a continuación, solo requiere del uso de un sensor o monitor de FC (bandas de pecho, relojes inteligentes, pulsioxímetros, etc.) y de un software que traduzca la información recibida en el análisis deseado. Por lo tanto, actualmente no existen contraindicaciones de riesgo asociado al registro de la HRV (Eddie et al., 2015), siendo las únicas posibles aquellas derivadas de cualquier afección cutánea que pudiera vulnerar la integridad de la piel en el uso de los mencionados sensores de FC.

En cualquier caso, para hacer uso de estos dispositivos en pacientes con cardiopatías diagnosticadas o sospechas de poder padecerlas, sería recomendable consultar con un médico previamente.

## II. MANEJO DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Actualmente existen numerosos dispositivos y *softwares* para el registro de la HRV en diferentes poblaciones y usando diferentes plataformas de registro, como *Elite HRV*, *HRV4Training*, *Firstbeat*, etc. Uno de los más utilizados a nivel mundial es *Kubios* (Tarvainen et al., 2014), que es empleado actualmente por unas 18.000 universidades de 149 países, habiendo sido usado en casi 6.000 publicaciones científicas (extraído de <https://www.kubios.com/scientific-research/>, consultado el 22 de enero de 2024).

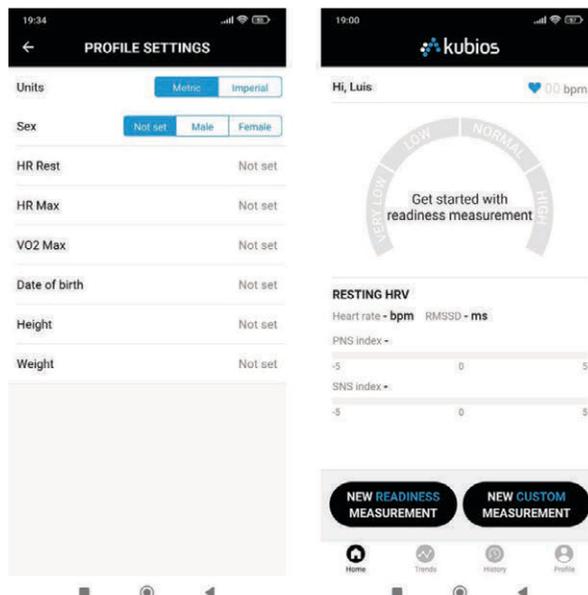
*Kubios* es una aplicación gratuita con opciones avanzadas de pago que cuenta con una evidencia científica sólida en el registro de variables derivadas de la HRV, por lo que será el software que desarrollaremos en el presente capítulo.

### 1. COMPONENTES Y DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS Y SOFTWARES

Para poder registrar la HRV utilizando la aplicación para *smartphones* *Kubios*, lo primero que deberemos hacer es descargar dicha aplicación y crear una cuenta gratuita:

#### Figura 3

Descarga de la aplicación y creación de cuenta



Asimismo, teniendo la aplicación en nuestro dispositivo móvil, necesitaremos registrar nuestra HRV con un sensor compatible y que soporte el registro de la HRV. En este sentido, el fabricante nos recomienda los siguientes sensores compatibles:

**Figura 4**

*Sensores de registro de la FC compatibles con la aplicación Kubios*

<b>Kubios HRV app – supported sensors</b>		
The Kubios HRV app is a mobile application that must be paired with an external HR sensor capable of recording beat-to-beat data. The app utilizes the Polar SDK, which provides additional raw data when used with Polar sensors. The following sensors are supported.		
SENSOR (manufacturer)	DATA TYPES	SENSOR TYPE
<b>Recommended HR sensors</b>		
Polar H10 ( <a href="#">Polar Electro</a> )	ECG, RRI, markers (+Acc)	chest strap
Polar Verity Sense ( <a href="#">Polar Electro</a> )	PPG, PPI, markers (+Acc)	optical armband
Movesense ( <a href="#">Movesense</a> )	RRI	chest strap
<b>Other compatible sensors</b>		
Mindfield eSense Pulse ( <a href="#">Mindfield Biosystems</a> )	RRI	chest strap
Rhythm24 ( <a href="#">Scosche</a> , turn on HRV mode in Rhythm Sync iOS app)	PPI	optical armband
Suunto Smart Sensor ( <a href="#">Suunto</a> )	RRI	chest strap
Wahoo TICKR ( <a href="#">Wahoo Fitness</a> )	RRI	chest strap
<b>NOT SUPPORTED</b>		
ANT+ sensors are not supported		
Apple watch is not supported (even though Apple advertises that the watch measures HRV, we cannot support it because it does not transmit in real-time RRI intervals to third party applications)		
<b>Data types:</b> Electrocardiogram (ECG), time intervals between successive ECG R-waves (RRI), photoplethysmogram (PPG), pulse-to-pulse intervals (PPI), + Supportive data channels.		

*Nota. Extraído de <https://www.kubios.com/supported-devices/> (consultado el 22 de enero de 2024).*

En líneas generales, el sensor debe ser capaz de registrar datos entre latidos y tener una buena conectividad por *Bluetooth* para vincular correctamente con el *software*. En cualquier caso, recomendamos consultar la página web del desarrollador para confirmar que el sensor que queremos utilizar es compatible con la versión de *Kubios* que vayamos a utilizar.

## 2. CONFIGURACIÓN

Para que el registro se adapte a la persona que estamos analizando y nuestra evaluación esté contextualizada, deberíamos configurar en el perfil, siguiendo la ruta *Profile > Profile Settings*, los siguientes datos básicos:

- Sexo.
- FC en reposo.
- FC máxima.
- Consumo máximo de oxígeno (VO2máx).
- Fecha de Nacimiento.
- Peso.
- Altura.

En este mismo menú de *Profile Settings*, también podemos configurar otros aspectos como la unidad de medida para el peso y la altura: sistema métrico (kg y cm, respectivamente) o sistema imperial (libras y pulgadas, respectivamente).

Por otro lado, en el menú *Profile* tenemos la opción *Teams*, donde podríamos unirnos a un grupo o equipo en caso de gestionar a más de un paciente o deportista

con alguna de las opciones de pago de la aplicación. Asimismo, desde aquí podremos también gestionar nuestros sensores de registro en la opción *HR Sensor*, donde podremos añadir o eliminar dichos sensores.

Otro aspecto importante que podemos configurar desde el menú *Profile* es el tiempo de registro que llevaremos a cabo, pudiendo recoger datos entre 30 segundos y 5 minutos, insertando previamente un tiempo de relajación de 0 a 60 segundos. En cuanto al protocolo de registro, hablaremos más detalladamente en el siguiente apartado.

### **3. CONDICIONES A TENER EN CUENTA PARA QUE LAS MEDIDAS SEAN FIABLES Y VÁLIDAS**

La monitorización de la HRV durante 24 horas se considera el método más válido para el análisis de la VLF y de la ratio LF/HF, además de otros parámetros en el dominio frecuencia derivados de la HRV; así como de parámetros temporales, como la SDNN (Shaffer & Ginsberg, 2017). Esto es así porque los registros cortos no suelen incluir datos sobre la realización de esfuerzos físicos o situaciones que supongan un cierto grado de estrés, por lo que no habría cambios significativos en la actividad del sistema nervioso autónomo durante el propio registro. En cualquier caso, los registros de menor duración (1-5 min) han demostrado ser fiables para evaluar cambios fisiológicos relevantes en diferentes poblaciones (Wu et al., 2020), llevándose a cabo en este caso en reposo (idealmente, justo al despertar).

En este sentido, es importante que el tiempo de registro sea el mismo durante todo el periodo que vayamos a recoger datos sobre la persona, no debiendo alternar tiempos de registro diferentes dentro de un mismo periodo de análisis.

## **III. PROTOCOLO**

### **1. PROTOCOLO DE LA TOMA DE DATOS A REALIZAR**

Al configurar desde el menú *Profile* el tiempo de registro, tenemos la opción de elegir entre 30 segundos y 5 minutos. Preferiblemente, configuraremos la opción de registrar 5 minutos y, recomendamos, no llevar a cabo registros inferiores a 1 minuto; teniendo en cuenta además el tiempo de relajación previo al registro de unos 30-60 segundos.

Es importante destacar que el modo de medición personalizada (*Custom Measurement*) en la aplicación *Kubios* se ejecuta por defecto en modo demo. Esto quiere decir que podríamos observar los datos procedentes del sensor de registro, pero no podríamos almacenarlos; para ello deberíamos adquirir una licencia de pago como la *Kubios HRV Scientific*.

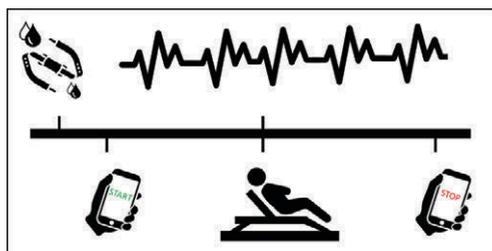
## 2. TIMELINE DEL PROCEDIMIENTO

Como hemos desarrollado en el punto anterior, en resumen, los pasos que deberíamos seguir para llevar a cabo el registro de la HRV serían los siguientes:

1. Humedecer el sensor de registro de FC y colocar la banda sobre el pecho (en caso de otro tipo de monitorización de la FC, llevar a cabo el procedimiento correspondiente: ajuste del reloj en la muñeca en caso de smartwatches, ajuste de la pinza al dedo correspondiente en caso de pulsioxímetros, etc.).
2. Iniciar la aplicación Kubios y esperar a que reconozca el sensor de FC (lo sabremos cuando en la esquina superior derecha aparezca nuestra FC junto al icono del corazón de color azul).
3. Iniciar el registro durante el tiempo que hayamos establecido, permaneciendo en reposo durante dicho tiempo. La aplicación mostrará una cuenta atrás durante el periodo de recuperación previo que hayamos configurado, iniciándose posterior y automáticamente el propio registro de la FC.
4. Finalizar el registro.

**Figura 5**

*Protocolo para el registro de la HRV*



*Nota. Elaboración propia*

Es importante recordar que el registro único de la HRV podría no ser representativo de la función autónoma de la persona evaluada, por lo que su registro debería repetirse durante, al menos, 7 días seguidos.

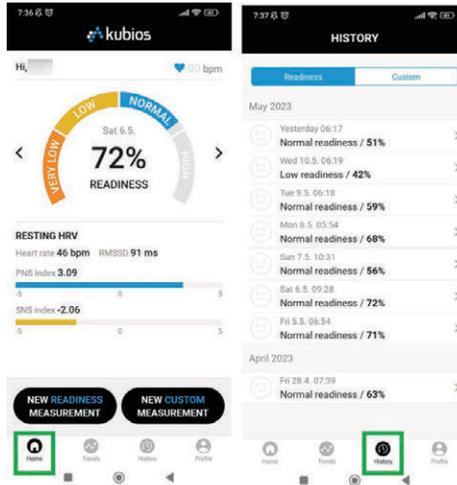
## 3. EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Como hemos mencionado previamente, para poder almacenar los datos procedentes del sensor de registro deberíamos adquirir una licencia de pago. Sin embargo, sí que podremos consultar los análisis del registro de nuestra HRV durante el periodo de evaluación a medida que vayamos acumulando días de registro.

De manera sintetizada, la aplicación *Kubios* nos ofrece un índice calculado en porcentaje que establece el grado de normalidad de los parámetros derivados de la HRV en comparación con las medias poblacionales según nuestra edad, sexo

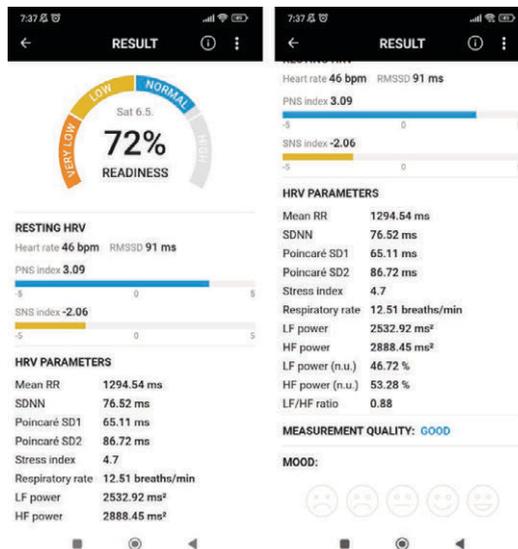
y otras variables demográficas. Este índice es lo primero que nos aparecerá en el menú Home y en el historial de registros (Figura 6).

**Figura 6**  
*Pantalla de inicio e historial en la aplicación Kubios*



Para consultar los datos detalladas del registro de un día concreto, deberemos pulsar sobre el mismo desde nuestro historial y observaremos los siguientes datos:

**Figura 7**  
*Detalle de los parámetros registrados para cada día de medición*

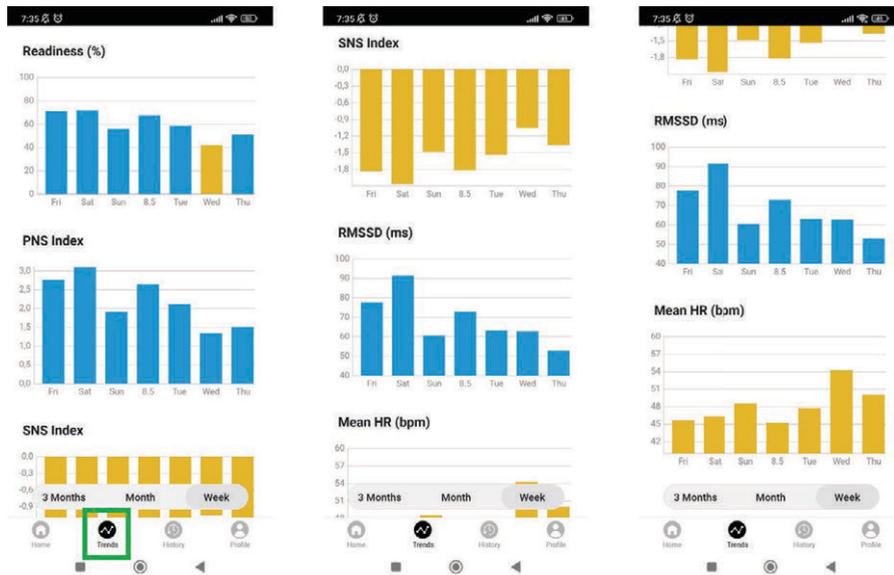


Como podemos observar, la aplicación *Kubios* utiliza un sistema cromático para identificar el porcentaje de normalidad del índice autocalculado según las medias poblacionales para la persona evaluada. Asimismo, destaca la FC en reposo (*Heart rate*), la RMSSD y los índices de función parasimpática (PNS) y simpática (SNS).

Desde esta vista, podemos registrar información cualitativa sobre nuestro estado de ánimo o emocional del día en cuestión, marcando alguno de los emoticonos en forma de caras con diferentes expresiones (*Mood*).

Para consultar los datos acumulados de registro tendremos que pulsar en el botón *Trends*, que nos mostrará los principales parámetros registrados durante la última semana (*Week*), mes (*Month*) o 3 meses (*3 Months*).

**Figura 8**  
*Analíticas y gráficas del registro continuado de la HRV*



Si quisiéramos descargar los datos en hojas de cálculo o llevar a cabo análisis más exhaustivos, deberíamos recurrir a una versión de pago de la aplicación. En cualquier caso, con estos datos podemos evaluar de forma válida y fiable la HRV para conocer aspectos como el grado de recuperación de un/a deportista o la predominancia parasimpática o simpática que pudiera suponer algún tipo de neuropatías o disfunción autonómica.

#### IV. ALTERNATIVAS

Como mencionamos en el apartado II, otras aplicaciones y/o dispositivos que permiten el registro de la HRV son, por ejemplo, *Elite HRV*, *HRV4Training* o *Firstbeat*.

*Elite HRV* es una aplicación similar a *Kubios* con prestaciones interesantes para el registro de varios individuos, por lo que su uso podría estar recomendado para deportes de equipo o cualquier otro grupo de usuarios/as. En este sentido, las opciones de pago permiten invitar a los miembros de un grupo directamente desde la plataforma, enviándoles un e-mail para que se descarguen la aplicación, importar miembros desde un archivo .csv, tener un número ilimitado de administradores, registrar otros datos que complementen la información obtenida a partir del análisis de la HRV (sueño, ejercicio, estado de ánimo...), etc. Algo importante a tener en cuenta es que, actualmente, el fabricante informa de que el registro de la HRV solo puede tener, como máximo, una hora, aclarando que por encima de los 30 minutos el procesamiento del mismo podría demorarse varias horas debido a las altas demandas por parte de sus servidores. Más información en <https://elitehrv.com/>.

La otra aplicación similar a *Kubios* es *HRV4Training*, cuya principal ventaja es que puede utilizarse sin necesidad de tener un sensor de FC externo, ya que el registro se realizaría a través de la cámara de nuestro *smartphone* a través de fotopleletismografía, técnica que consiste en detectar los cambios en el volumen de sangre durante un ciclo cardíaco, iluminando la piel y midiendo los cambios en la absorción de la luz. Asimismo, también podría utilizarse con sensores compatibles, con prestaciones similares a *Elite HRV* y *Kubios*. Más información en <https://www.hrv4training.com/>.

Por su parte, *Firstbeat* aúna el registro de la HRV con otros parámetros fisiológicos para ofrecer un servicio de análisis mucho más completo destinado tanto para el ámbito deportivo como el de la salud. Con su programa *Firstbeat Sports*, los/as usuarios/as podrán obtener los datos necesarios para optimizar el entrenamiento, la recuperación y el rendimiento; mientras que el programa *Firstbeat Life™* está diseñado para un uso profesional, con el fin de evaluar el bienestar e identificar los puntos fuertes y los riesgos para la salud asociados al estrés, la calidad del sueño, etc. Más información en <https://www.firstbeat.com/en/>.

## V. REFERENCIAS

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart Rate Monitoring: Applications and Limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517–538. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004>
- Antoun, M., Ding, D., Bohn-Goldbaum, E. E., Michael, S., & Edwards, K. M. (2018). Driving in an urban environment, the stress response and effects of exercise. *Ergonomics*, 61(9), 1273–1281. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1468494>
- Berthelot, B., Grivel, E., Legrand, P., & Giremus, A. (2021). Definition of the fluctuation function in the detrended fluctuation analysis and its variants. *The European Physical Journal B*, 94(11), 225. <https://doi.org/10.1140/epjb/s10051-021-00231-7>

- Caruso, F. R., Arena, R., Phillips, S. A., Bonjorno, J. C. J., Mendes, R. G., Arakelian, V. M., Bassi, D., Nogi, C., & Borghi-Silva, A. (2015). Resistance exercise training improves heart rate variability and muscle performance: A randomized controlled trial in coronary artery disease patients. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, *51*(3), 281–289.
- Cygankiewicz, I., & Zareba, W. (2013). Heart rate variability. In *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 117, pp. 379–393). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53491-0.00031-6>
- da Silva, D. F., Ferraro, Z. M., Adamo, K. B., & Machado, F. A. (2019). Endurance Running Training Individually Guided by HRV in Untrained Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(3), 736–746. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002001>
- Eddie, D., Vaschillo, E., Vaschillo, B., & Lehrer, P. (2015). Heart rate variability biofeedback: Theoretical basis, delivery, and its potential for the treatment of substance use disorders. *Addiction Research & Theory*, *23*(4), 266–272. <https://doi.org/10.3109/16066359.2015.1011625>
- Lundstrom, C. J., Foreman, N. A., & Biltz, G. (2023). Practices and Applications of Heart Rate Variability Monitoring in Endurance Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, *44*(01), 9–19. <https://doi.org/10.1055/a-1864-9726>
- Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J., & Schwartz, P. J. (1996). Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *European Heart Journal*, *17*(3), 354–381.
- Orellana, J. N., Nieto-Jiménez, C., & Ruso-Álvarez, J. F. (2019). Recovery Slope of Heart Rate Variability as an Indicator of Internal Training Load. *Health*, *11*(02), 211–221. <https://doi.org/10.4236/health.2019.112019>
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, *5*, 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Tarvainen, M. P., Niskanen, J.-P., Lipponen, J. A., Ranta-aho, P. O., & Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV – Heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, *113*(1), 210–220. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.07.024>
- Woo, M. A., Stevenson, W. G., Moser, D. K., & Middlekauff, H. R. (1994). Complex heart rate variability and serum norepinephrine levels in patients with advanced heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, *23*(3), 565–569. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(94\)90737-4](https://doi.org/10.1016/0735-1097(94)90737-4)
- Wu, L., Shi, P., Yu, H., & Liu, Y. (2020). An optimization study of the ultra-short period for HRV analysis at rest and post-exercise. *Journal of Electrocardiology*, *63*, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2020.10.002>

## CAPÍTULO VIII

---

# Dispositivos para la realización de pruebas de esfuerzo

Eduardo Salazar Martínez<sup>1,2,3</sup>

Carlos Cepeda Sánchez<sup>1</sup>

*Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU Andalucía*

1

*Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide<sup>2</sup>*

*Grupo de investigación HUM-1055, Universidad de Sevilla<sup>3</sup>*

[esalazar@ceu.es](mailto:esalazar@ceu.es)

[ccepeda@ceu.es](mailto:ccepeda@ceu.es)

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. CONSIDERACIONES ACADÉMICAS Y CIENTÍFICAS DEL USO DEL DISPOSITIVO CONCRETO

Desde hace ya varios años los dispositivos para la realización de pruebas de esfuerzo son un instrumental que podemos encontrar en numerosos centros de investigación, universidades, centros de alto rendimiento deportivo y clínicas especializadas en ejercicio y salud por su gran aplicabilidad y funcionalidad. Estos dispositivos permiten obtener información acerca de la respuesta del organismo de un deportista o paciente durante la práctica deportiva. El interés en su uso reside en poder conectar variables relacionadas con la respuesta interna del deportista, por ejemplo, el consumo de oxígeno, con diferentes estímulos externos, como podría ser correr o pedalear a una determinada intensidad. Estas pruebas son comúnmente utilizadas para evaluar la salud y/o rendimiento cardiovascular, pudiendo determinar la capacidad de respuesta de un individuo ante el ejercicio. Por ejemplo, su uso permite determinar índices relacionados con el rendimiento deportivo tales como el primer umbral ventilatorio (VT1), segundo umbral ventilatorio (VT2), consumo de oxígeno máximo ( $VO_{2max}$ ), cinética del consumo de oxígeno, utilización de sustratos o gasto energético (Van Hooren, Souren & Bongers; 2024).

## Figura 1

*Deportista realizando un test de laboratorio con analizador de gases*



El funcionamiento de los dispositivos para la realización de pruebas de esfuerzo es complejo. Durante el presente capítulo intentaremos abordar los principios básicos para su montaje, uso e interpretación. De una forma simple, su funcionamiento se basa en monitorizar mediante diferentes sensores, la respuesta interna del organismo. Esta información será analizada e interpretada por una unidad central, la cual generará una visualización de datos a través de un software instalado en un ordenador. Estos dispositivos están diseñados para medir y registrar datos como la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la actividad eléctrica del corazón (electrocardiograma o frecuencia cardíaca), la ventilación, la concentración de oxígeno en la sangre, etc.

Cabe mencionar que el uso de este tipo de dispositivos puede tener dos objetivos fundamentales. En primer lugar, el diagnóstico clínico. Es decir, estos dispositivos permiten diagnosticar patologías o problemas de salud durante el ejercicio físico. Este tipo de pruebas deben ser realizadas por un médico especialista en la materia, y en ningún caso por otro profesional. El segundo uso que pueden tener estos dispositivos es el relacionado con el rendimiento físico y deportivo. Estos dispositivos aportan una información muy detallada y valiosa sobre el nivel de condición física de un deportista. Su uso en este ámbito está enfocado a la evaluación y monitorización del rendimiento. Durante este capítulo este será el foco sobre el que se centre toda la información desarrollada en próximos apartados, ya que las competencias sobre este uso recaen sobre los graduados o licenciados en Ciencias de la Actividad Física y Deporte.

Para concluir este apartado introductorio sobre los dispositivos de pruebas de esfuerzo, destacar que el capítulo describe el uso, funcionamiento y características del analizador de gases Ergostik (Geratherm Respiratory®, Alemania) y el software de análisis Blue Cherry®.

## 2. MEDIDAS O DATOS QUE EXTRAER EL DISPOSITIVO

Una de las grandes ventajas que tienen los analizadores de gases es la gran cantidad de datos que podemos obtener mediante su uso. Los sensores con los que cuenta el dispositivo Ergostik están desarrollados para obtener información sobre la respuesta de diferentes órganos y sistemas al ejercicio. De una forma más concreta podemos conocer la respuesta del sistema cardíaco, sistema respiratorio, sistema circulatorio y metabolismo. En la tabla 1 se muestra un resumen de las variables más importantes organizadas por sistemas y una pequeña descripción para su mejor comprensión:

**Tabla 1**

*Medidas aportadas por el analizar de gases Ergostik®*

<b>Sistema Circulatorio</b>		
<b>Medida</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Descripción</b>
Frecuencia cardíaca	Fc (lpm)	Indica el número de veces que el corazón late por minuto.
Saturación de oxígeno	SaO2 (%)	Expresión porcentual del oxígeno que se encuentra unido a la hemoglobina
<b>Sistema Respiratorio</b>		
Ventilación	VE (l/min)	Volumen total de aire inhalado medido en litros por minuto.
Frecuencia respiratoria	FR (res/min)	Número de respiraciones por minuto.
Volumen tidal	VT (l)	Volumen total de aire inhalado por respiración.
Tiempo de inspiración	Ti (seg)	Duración de una inspiración.
Tiempo de expiración	Te (seg)	Duración de una expiración.
Tiempo total respiratorio	Ttot (seg)	Duración total de una respiración.
Volumen de oxígeno	VO2 (l)	Volumen total de oxígeno que consumimos por respiración.
Volumen de dióxido de carbono	VCO2 (l)	Volumen total de dióxido de carbono que exhalamos en cada respiración.
Equivalente ventilatorio de oxígeno	EqVO2	Cuantos litros por minuto de oxígeno inhalamos en función de la ventilación
Equivalente ventilatorio de dióxido de carbono	EqVCO2	Cuantos litros por minuto de dióxido de carbono que exhalamos en función de la ventilación.

Eficiencia ventilatoria	VE/VCO <sub>2</sub>	Valor de la pendiente de la recta ventilación-producción de CO <sub>2</sub> . Indica el valor del incremento de la ventilación por cada incremento en la producción de CO <sub>2</sub> .
<b>Sistema circulatorio</b>		
Presión arterial diastólica	PaD (mmHg)	Presión que ejercen los vasos sanguíneos cuando el corazón se relaja
Presión arterial sistólica	PaS (mmHg)	Presión que ejercen los vasos sanguíneos cuando el corazón se contrae
<b>Metabolismo</b>		
Porcentaje uso de grasas	%Grasas	Estimación porcentual de la contribución total del metabolismo de las grasas en la producción de energía.
Porcentaje uso de hidratos de carbono	%HCO	Estimación porcentual de la contribución total del metabolismo de los hidratos de carbono en la producción de energía.
Gasto calórico	Kilocalorías (Kcal)	Gasto energético que conlleva la realización de la actividad.

### 3. MOSTRAR EL OBJETIVO DE LAS INVESTIGACIONES QUE USAN DISPOSITIVOS SIMILARES

---

Título: **Accuracy of respiratory gas variables, substrate, and energy use from 15 CPET systems during simulated and human exercise**

---

**Objetivo:** Existen varios sistemas disponibles para las pruebas de ejercicio cardiopulmonar (CPET, por sus siglas en inglés), pero su precisión sigue siendo en gran parte desconocida. Se evaluaron un total de 15 sistemas de CPET diseñados para medir variables respiratorias, uso de sustratos y gasto energético durante el ejercicio. También se realizaron comparaciones cruzadas teniendo en cuenta test llevado a cabo en cicloergómetro y la fiabilidad entre sesiones medidas con un mismo instrumento.

**Métodos:** Se utilizó un simulador metabólico para medir el intercambio de gases respiratorio de respiración a respiración, las variables medidas por cada sistema fueron (ventilación por minuto [V<sub>E</sub>], frecuencia respiratoria [BF], consumo de oxígeno [V<sub>O</sub>2], producción de dióxido de carbono [V<sub>CO</sub>2], cociente respiratorio [RER], energía de carbohidratos y grasas, y gasto energético total). Se evaluaron los siguientes fabricantes (sistemas): COSMED (Quark CPET, K5), Cortex (MetaLizer 3B, MetaMax 3B), Vyair (Vyntus CPX, Oxycon Pro), Maastricht Instruments (Omnical), MGC Diagnostics (Ergocard Clinical, Ergocard Pro, Ultima), Ganshorn/Schiller (PowerCube Ergo), Geratherm (Ergostik), VO2master (VO2masterPro), PNO<sub>E</sub> (PNO<sub>E</sub>) y Calibre Biometrics (Calibre).

**Resultados:** Los errores porcentuales absolutos durante las simulaciones variaron de 1.15% a 44.3% para  $\dot{V}E$ , 1.05% a 3.79% para BF, 1.10% a 13.3% para  $\dot{V}O_2$ , 1.07% a 18.3% para  $\dot{V}CO_2$ , 0.62% a 14.8% para RER, 5.52% a 99.0% para Kcal de carbohidratos, 5.13% a 133% para Kcal de grasas y 0.59% a 12.1% para el gasto energético total. La variación entre sesiones osciló entre 0.86% a 21.0% para  $\dot{V}O_2$  y 1.14% a 20.2% para  $\dot{V}CO_2$ , respectivamente.

**Conclusión:** El error de las variables de gases respiratorios, sustratos y uso de energía difirió sustancialmente entre los sistemas, con solo unos pocos sistemas demostrando un error aceptable de manera consistente. Discutimos extensamente las implicaciones de nuestros hallazgos para clínicos, investigadores y otros usuarios de CPET.

**Referencia:** Van Hooren, B., Souren, T., & Bongers, B. C. (2024). Accuracy of respiratory gas variables, substrate, and energy use from 15 CPET systems during simulated and human exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 34(1), e14490. <https://doi.org/10.1111/sms.14490>

---

**Título: Inter-Day Reliability of Resting Metabolic Rate and Maximal Fat Oxidation during Exercise in Healthy Men Using the Ergostik Gas Analyzer.**

---

**Objetivo:** La obtención de una alta fiabilidad entre días es crucial para determinar los cambios en la tasa metabólica en reposo (RMR), el cociente respiratorio (RER), la oxidación máxima de grasas durante el ejercicio (MFO) y la intensidad que generó la MFO (Fatmax) después de una intervención. Este estudio tuvo como objetivo analizar la fiabilidad entre días de RMR, RER, MFO y Fatmax en adultos sanos utilizando el analizador de gases Ergostik. Catorce hombres sanos (edad:  $24.4 \pm 5.0$  años, consumo máximo de oxígeno ( $\dot{V}O_{2max}$ ):  $47.5 \pm 11.9$  mL/kg/min) participaron en un estudio de medidas repetidas.

**Método:** El estudio consistió en dos pruebas experimentales idénticas (Día 1 y Día 2) en las cuales los participantes se sometieron a una evaluación de calorimetría indirecta en reposo y durante una prueba de ejercicio incremental. Se utilizaron ecuaciones estequiométricas para calcular el gasto energético y las tasas de oxidación de sustratos.

**Resultados:** No hubo diferencias significativas al comparar los valores de RMR ( $1999.3 \pm 273.9$  vs.  $1955.7 \pm 362.6$  kcal/día,  $p = 0.389$ ), RER ( $0.87 \pm 0.05$  vs.  $0.89 \pm 0.05$ ,  $p = 0.143$ ), MFO ( $0.32 \pm 0.20$  vs.  $0.31 \pm 0.20$  g/min,  $p = 0.776$ ) y Fatmax ( $45.0 \pm 8.6$  vs.  $46.4 \pm 8.4\%$   $\dot{V}O_{2max}$ ,  $p = 0.435$ ) en el Día 1 vs. el Día 2. El coeficiente de variación entre días para RMR, RER, MFO y Fatmax fue de  $4.85 \pm 5.48\%$ ,  $3.22 \pm 3.14\%$ ,  $7.78 \pm 5.51\%$  y  $6.51 \pm 8.04\%$ , respectivamente.

**Conclusión:** En resumen, los resultados actuales muestran una buena fiabilidad entre días cuando se determinan RMR, RER, MFO y Fatmax en hombres sanos utilizando el analizador de gases Ergostik.

**Referencia:** Robles-González, L., Gutiérrez-Hellín, J., Aguilar-Navarro, M., Ruiz-Moreno, C., Muñoz, A., Del-Coso, J., ... & Amaro-Gahete, F. J. (2021). Inter-day reliability of resting metabolic rate and maximal fat oxidation during exercise in healthy men using the Ergostik gas analyzer. *Nutrients*, 13(12), 4308. <http://doi.org/10.3390/nu13124308>

#### 4. POSIBLES CONTRAINDICACIONES DEL USO DE LOS INSTRUMENTOS

De acuerdo con American Thoracic Society & American College of Chest (2003) estas son las posibles contraindicaciones que pueden aplicarse del uso de este tipo de dispositivos basándonos en la declaración sobre pruebas de esfuerzo cardiopulmonar:

**Tabla 2**

*Contraindicaciones que puedan no recomendar la realización de pruebas con analizadores de gases*

Contraindicaciones	Absoluto	Relativo
Infarto agudo de miocardio (3-5 días)	X	
Angina inestable	X	
Arritmias no controladas	X	
Síncope	X	
Endocarditis activa	X	
Miocarditis o pericarditis aguda	X	
Estenosis aórtica severa sintomática	X	
Insuficiencia cardíaca no controlada	X	
Embolia pulmonar aguda o infarto pulmonar	X	
Trombosis de las extremidades inferiores	X	
Sospecha de aneurisma disecante	X	
Asma no controlada	X	
Edema pulmonar	X	
Insuficiencia respiratoria	X	
Desaturación del aire ambiente en reposo $\leq$ 85%	X	
Deterioro mental que lleva a la incapacidad de cooperar	X	
Estenosis coronaria principal izquierda o su equivalente		X
Valvulopatía estenótica moderada		X
Hipertensión arterial severa no tratada en reposo (200 mm Hg sistólica, 120 mm Hg diastólica)		X
Taquiarritmias o bradiarritmias		X
Bloqueo auriculoventricular de alto grado		X
Miocardiopatía hipertrófica		X
Embarazo avanzado o complicado		x

Como se muestra en la tabla anterior, existen diferentes enfermedades o cuadros clínicos que tenemos que conocer para contraindicar de manera absoluta o relativa una prueba con analizador de gases. Pero en muchas ocasiones es el propio deportista el que desconoce la existencia de alguna de las enfermedades o estados descritos anteriormente, por lo que debemos de aplicar protocolos preventivos que nos ayuden en la toma de decisiones sobre la viabilidad o no de realizar una prueba con análisis de gases.

Una de las metodologías que podemos aplicar para hacer frente a la problemática anteriormente descrita es la implementación del cuestionario Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q) (Thomas et al., 1992).

Este cuestionario permite alertar de problemas asociados a la práctica deportiva que puedan suponer un riesgo o verse agravados con la realización de un test con análisis de gases. Mediante siete sencillas preguntas podemos conocer si la realización de la prueba es procedente o no. Este cuestionario es especialmente útil para identificar posibles problemas de salud que puedan contraindicar el ejercicio o que requieran una evaluación médica antes de iniciar un programa de ejercicio.

### **1. Objetivos del PARQ**

*1- Identificar Problemas de Salud:* Detectar condiciones de salud que puedan requerir una consulta médica antes de comenzar un programa de ejercicios.

*2- Seguridad del Participante:* Asegurar que los participantes no se expongan a riesgos innecesarios durante la actividad física.

*3- Adaptación del Programa de Ejercicio:* Ayudar a los profesionales de la salud y del fitness a diseñar programas de ejercicios seguros y efectivos, adaptados a las necesidades individuales.

### **2. Estructura del PARQ**

El cuestionario PARQ consiste en una serie de preguntas simples que se responden con "Sí" o "No". Las preguntas incluyen (Figura 2):

*¿Le ha dicho alguna vez su médico que tiene un problema del corazón y que solo debe realizar actividad física recomendada por un médico?*

*¿Siente dolor en el pecho cuando realiza actividad física?*

*¿Ha experimentado dolor en el pecho en el último mes?*

*¿Pierde el equilibrio debido a mareos o pierde la conciencia?*

*¿Tiene algún problema óseo o articular que podría empeorar con la actividad física?*

*¿Está tomando medicamentos para la presión arterial o una condición cardíaca?*

*¿Conoce alguna otra razón por la cual no debería hacer actividad física?*

### 3. Interpretación de Resultados

Si todas las respuestas son "No": Generalmente, se considera seguro para la persona comenzar una actividad física moderada. Sin embargo, se recomienda seguir las pautas de progresión gradual y realizar un calentamiento adecuado.

Si alguna respuesta es "Sí": La persona debe consultar a un médico antes de iniciar un programa de ejercicios. El médico puede realizar una evaluación más detallada y proporcionar recomendaciones específicas.

### 4. Ventajas del PARQ

1. Simplicidad y rapidez: El cuestionario es breve y fácil de entender.
2. Prevención de lesiones y complicaciones: Ayuda a identificar problemas de salud que pueden ser exacerbados por la actividad física.

### 5. Limitaciones del PARQ

1. Autoevaluación: Depende de la honestidad y precisión del auto-reporte de los participantes.
2. No sustituye a una evaluación médica completa: Es una herramienta preliminar que puede necesitar complementarse con evaluaciones médicas adicionales.

**Figura 2**

*Cuestionario PAR-Q*

<b>PAR-Q</b>		
<p>Si tiene pensado llevar una vida físicamente mucho más activa, empiece contestando las siete preguntas del cuadro siguiente. Si tiene entre 15 y 69 años, el PAR-Q le dirá si debe ir al médico antes de empezar. Si tiene más de 69 y no suele ser muy activo, acuda al médico. El sentido común es la mejor guía para contestar a estas preguntas. Por favor, lea las preguntas con cuidado y conteste con honradez SÍ o NO.</p>		
	SI	NO
¿Le ha dicho alguna vez un médico que tiene una enfermedad del corazón y le ha recomendado realizar actividad física solamente con supervisión médica?		
¿Nota dolor en el pecho cuando práctica alguna actividad física?		
¿Ha notado dolor en el pecho en reposo durante el último mes?		
¿Ha perdido la conciencia o el equilibrio después de notar sensación de mareo?		
¿Tiene algún problema en los huesos o articulaciones que podría empeorar a causa de la actividad física que se propone a realizar?		
¿Le ha prescrito su médico medicación arterial o para algún problema de corazón (p. ej., diuréticos)?		
¿Está al corriente, ya sea por su propia experiencia o por indicación de un médico, de cualquier otra razón que le impida hacer ejercicio sin supervisión médica?		

Si ha contestado SÍ a una o más de las preguntas hable con el médico por teléfono o en persona antes de empezar a ser mucho más activo físicamente o antes de someterse a una evaluación física. Hable al médico del PAR-Q y de las preguntas a las que dio una contestación afirmativa.

- ✘ Tal vez pueda hacer cualquier actividad que desee, siempre y cuando empiece lentamente y vaya aumentando de nivel gradualmente. O tal vez necesite restringir las actividades a aquellas que sean seguras para usted. Hable con el médico sobre el tipo de actividades en las que desea participar y siga su consejo.
- ✘ Investigue qué programas públicos son seguros y útiles para usted.

Si ha contestado NO honradamente a todas las preguntas del PAR-Q, puede estar razonablemente seguro de poder:

- ✘ Empezar a ser mucho más activo físicamente. Empezar lentamente y aumentar de forma gradual. Ésta es la forma más segura y sencilla de avanzar.
- ✘ Tomar parte en una evaluación de la forma física. Es un medio excelente de determinar su nivel básico de forma física, de modo que pueda planear la mejor estrategia para llevar una vida activa. También es muy recomendable tomarse la tensión arterial. Si la lectura es superior a 144/94, hable con su médico antes de empezar a ser físicamente más activo.

Difiera el aumento de la actividad:

- ✘ Si no se siente bien por una enfermedad temporal como un resfriado o fiebre, espere hasta estar mejor.
- ✘ Si está o puede estar embarazada, hable con el médico antes de volverse más activa.

Por favor: si su salud cambia de tal forma que contesta SÍ a alguna de las preguntas anteriores, dígaselo al profesional del fitness. Pregúntele si debería cambiar el plan de actividad física.

## II. MANEJO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

### 1. COMPONENTES Y DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO Y SOFTWARE

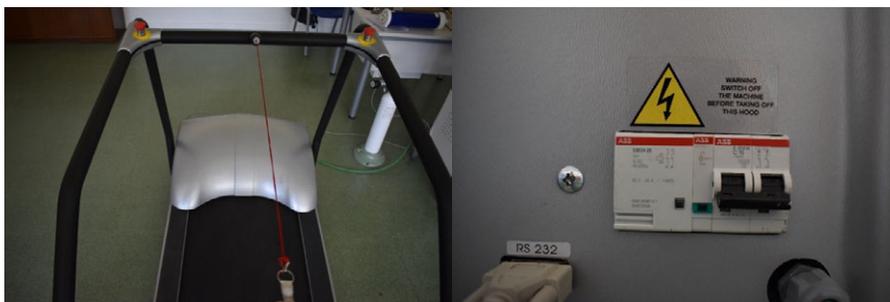
El dispositivo para realización de pruebas de esfuerzo está compuesto por tres elementos fundamentales:

#### 1. **TAPIZ RODANTE**

El tapiz está conectado al programa que controla las pruebas de esfuerzo “BlueCherry”, se puede controlar manualmente o se puede introducir un protocolo concreto para que el dispositivo no requiera intervención manual durante la prueba. Los protocolos se pueden grabar, lo cual facilita la repetición de los mismos protocolos en distintas pruebas. El tapiz solo gira en el sentido de la marcha hacia adelante, con un máximo de 25 km/h. El tapiz debe estar conectado a la red eléctrica para su uso y debe tener el cuadro eléctrico elevado. En la siguiente imagen se muestra el cuadro eléctrico, en este caso apagado, tal y como debe quedar al finalizar una prueba.

**Figura 3**

*Partes de las que se compone un tapiz rodante*



El dispositivo cuenta con dos mecanismos de seguridad que deben de estar desactivados para que el tapiz se pueda poner en funcionamiento. En primer lugar, el botón de emergencia, que sirve para detener el tapiz en caso de necesidad. El segundo mecanismo es la cinta o cordón de seguridad. Este sistema va anclado al deportista, para que en caso de que éste se distancia en exceso de la parte central del tapiz, o no pueda seguir la velocidad marcada, el tapiz se detenga de forma automática.

**Figura 4**

*Botón de emergencia desactivado (en su posición más alta). Debe encontrarse en dicha posición para que el tapiz funcione*



**2. ANALIZADOR DE GASES**

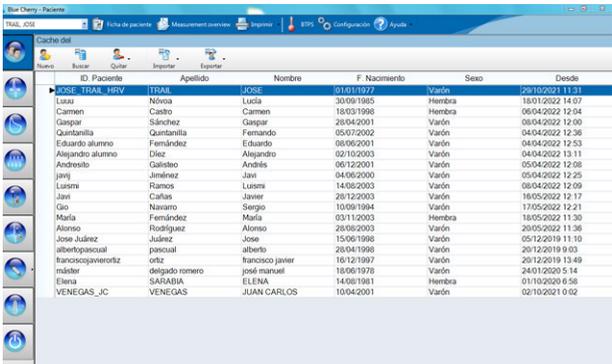
El dispositivo encargado del análisis de gases es denominado Ergostik®. Está conectado, al igual que el tapiz rodante, al software BlueCherry® a través del cual se realiza la puesta en marcha del dispositivo, las pruebas, y el análisis de las mismas. El analizador de gases requiere de los siguientes componentes para poder ser utilizado:

**Tabla 3**

*Componentes del analizador Ergostik®.*

Componente	Imagen
<p><b>Ergostik:</b> Sistema de ejercicio cardiopulmonar para medir con precisión el flujo, el O2 y el CO2.</p>	A photograph of the Ceratorm Ergostik gas analyzer. The device is a white rectangular unit with blue accents and the brand name "Ceratorm" visible. It is connected to several blue and white tubes, likely for gas sampling. The device is placed on a white surface in a laboratory or gym setting.

Componente	Imagen
<p><b>Juego de tubos:</b>                      Conexión de flujo y gas                      Juego de tubos con tubo permature para el equilibrio de la humedad, minifiltro hidrofóbico y adaptador Ergoclip para Ergoflow.</p>	
<p><b>Ergoflow:</b>                      Sensor de flujo ligero y reutilizable para su uso con el dispositivo Ergostik, PFTstik, Bodystik y Diffustik.</p>	
<p><b>Máscara de ejercicio:</b>                      Máscara de ejercicio de goma de silicona azul con diseño anatómico para un ajuste cómodo sin fugas.</p>	
<p><b>Botella de gases:</b>                      Botella con una mezcla de gases conocida que el software usa para la medición</p>	
<p><b>Banda de frecuencia cardíaca:</b>                      Para poder iniciar la prueba es necesario que el sistema pueda registrar la frecuencia cardíaca</p>	

Componente	Imagen																																																																																																																														
<p><b>Ordenador y pantalla:</b> Se requiere de un ordenador con el software Bluecherry instalado</p>	 <p>Fuente: <a href="https://www.sanro.com/producto/cardiopart-ergostik-cardiologia-amedtec-sanro">https://www.sanro.com/producto/cardiopart-ergostik-cardiologia-amedtec-sanro</a></p>																																																																																																																														
<p><b>Software Bluecherry:</b> Programa que permite el control y análisis de datos durante la prueba</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>ID Paciente</th> <th>Apellido</th> <th>Nombre</th> <th>F. Nacimiento</th> <th>Sexo</th> <th>Desde</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>JOSÉ TRAIL REV</td><td>TRAIL</td><td>JOSÉ</td><td>01/01/1977</td><td>Varón</td><td>25/10/2024 11:51</td></tr> <tr><td>Luisa</td><td>Núñez</td><td>Luisa</td><td>20/09/1985</td><td>Mujer</td><td>15/01/2022 14:57</td></tr> <tr><td>Carmen</td><td>Castro</td><td>Carmen</td><td>18/03/1998</td><td>Mujer</td><td>06/04/2022 12:04</td></tr> <tr><td>Gangar</td><td>Sánchez</td><td>Gangar</td><td>28/04/2001</td><td>Varón</td><td>06/04/2022 12:00</td></tr> <tr><td>Quintanilla</td><td>Quintanilla</td><td>Fernando</td><td>05/07/2002</td><td>Varón</td><td>04/04/2022 12:36</td></tr> <tr><td>Eduardo alumno</td><td>Fernández</td><td>Eduardo</td><td>08/06/2001</td><td>Varón</td><td>04/04/2022 12:53</td></tr> <tr><td>Alejandro alumno</td><td>Díez</td><td>Alejandro</td><td>02/10/2003</td><td>Varón</td><td>04/04/2022 13:11</td></tr> <tr><td>Andrés</td><td>Galindo</td><td>Andrés</td><td>06/12/2001</td><td>Varón</td><td>05/04/2022 12:08</td></tr> <tr><td>Javi</td><td>Jiménez</td><td>Javi</td><td>04/06/2000</td><td>Varón</td><td>05/04/2022 12:25</td></tr> <tr><td>Luismi</td><td>Ramos</td><td>Luismi</td><td>14/08/2003</td><td>Varón</td><td>06/04/2022 12:59</td></tr> <tr><td>Jani</td><td>Cañas</td><td>Javier</td><td>28/12/2003</td><td>Varón</td><td>18/05/2022 12:17</td></tr> <tr><td>Gio</td><td>Navarro</td><td>Sergio</td><td>10/09/1994</td><td>Varón</td><td>17/05/2022 12:21</td></tr> <tr><td>María</td><td>Fernández</td><td>María</td><td>03/11/2003</td><td>Mujer</td><td>18/05/2022 11:30</td></tr> <tr><td>Alejo</td><td>Rodríguez</td><td>Alejo</td><td>28/06/2003</td><td>Varón</td><td>20/05/2022 11:36</td></tr> <tr><td>Jose Juárez</td><td>Juárez</td><td>Jose</td><td>15/06/1998</td><td>Varón</td><td>05/12/2019 11:10</td></tr> <tr><td>albertospascual</td><td>pascual</td><td>alberto</td><td>28/04/1998</td><td>Varón</td><td>20/12/2019 9:03</td></tr> <tr><td>franciscojoseoritz</td><td>ortiz</td><td>francisco jaser</td><td>18/12/1997</td><td>Varón</td><td>25/12/2019 13:49</td></tr> <tr><td>rubén</td><td>delgado romero</td><td>josé manuel</td><td>18/06/1978</td><td>Varón</td><td>24/01/2020 5:14</td></tr> <tr><td>Elena</td><td>SARABIA</td><td>ELENA</td><td>14/06/1961</td><td>Mujer</td><td>01/10/2020 6:56</td></tr> <tr><td>VENEGAS_JC</td><td>VENEGAS</td><td>JUAN CARLOS</td><td>10/04/2001</td><td>Varón</td><td>02/10/2021 0:02</td></tr> </tbody> </table>	ID Paciente	Apellido	Nombre	F. Nacimiento	Sexo	Desde	JOSÉ TRAIL REV	TRAIL	JOSÉ	01/01/1977	Varón	25/10/2024 11:51	Luisa	Núñez	Luisa	20/09/1985	Mujer	15/01/2022 14:57	Carmen	Castro	Carmen	18/03/1998	Mujer	06/04/2022 12:04	Gangar	Sánchez	Gangar	28/04/2001	Varón	06/04/2022 12:00	Quintanilla	Quintanilla	Fernando	05/07/2002	Varón	04/04/2022 12:36	Eduardo alumno	Fernández	Eduardo	08/06/2001	Varón	04/04/2022 12:53	Alejandro alumno	Díez	Alejandro	02/10/2003	Varón	04/04/2022 13:11	Andrés	Galindo	Andrés	06/12/2001	Varón	05/04/2022 12:08	Javi	Jiménez	Javi	04/06/2000	Varón	05/04/2022 12:25	Luismi	Ramos	Luismi	14/08/2003	Varón	06/04/2022 12:59	Jani	Cañas	Javier	28/12/2003	Varón	18/05/2022 12:17	Gio	Navarro	Sergio	10/09/1994	Varón	17/05/2022 12:21	María	Fernández	María	03/11/2003	Mujer	18/05/2022 11:30	Alejo	Rodríguez	Alejo	28/06/2003	Varón	20/05/2022 11:36	Jose Juárez	Juárez	Jose	15/06/1998	Varón	05/12/2019 11:10	albertospascual	pascual	alberto	28/04/1998	Varón	20/12/2019 9:03	franciscojoseoritz	ortiz	francisco jaser	18/12/1997	Varón	25/12/2019 13:49	rubén	delgado romero	josé manuel	18/06/1978	Varón	24/01/2020 5:14	Elena	SARABIA	ELENA	14/06/1961	Mujer	01/10/2020 6:56	VENEGAS_JC	VENEGAS	JUAN CARLOS	10/04/2001	Varón	02/10/2021 0:02
ID Paciente	Apellido	Nombre	F. Nacimiento	Sexo	Desde																																																																																																																										
JOSÉ TRAIL REV	TRAIL	JOSÉ	01/01/1977	Varón	25/10/2024 11:51																																																																																																																										
Luisa	Núñez	Luisa	20/09/1985	Mujer	15/01/2022 14:57																																																																																																																										
Carmen	Castro	Carmen	18/03/1998	Mujer	06/04/2022 12:04																																																																																																																										
Gangar	Sánchez	Gangar	28/04/2001	Varón	06/04/2022 12:00																																																																																																																										
Quintanilla	Quintanilla	Fernando	05/07/2002	Varón	04/04/2022 12:36																																																																																																																										
Eduardo alumno	Fernández	Eduardo	08/06/2001	Varón	04/04/2022 12:53																																																																																																																										
Alejandro alumno	Díez	Alejandro	02/10/2003	Varón	04/04/2022 13:11																																																																																																																										
Andrés	Galindo	Andrés	06/12/2001	Varón	05/04/2022 12:08																																																																																																																										
Javi	Jiménez	Javi	04/06/2000	Varón	05/04/2022 12:25																																																																																																																										
Luismi	Ramos	Luismi	14/08/2003	Varón	06/04/2022 12:59																																																																																																																										
Jani	Cañas	Javier	28/12/2003	Varón	18/05/2022 12:17																																																																																																																										
Gio	Navarro	Sergio	10/09/1994	Varón	17/05/2022 12:21																																																																																																																										
María	Fernández	María	03/11/2003	Mujer	18/05/2022 11:30																																																																																																																										
Alejo	Rodríguez	Alejo	28/06/2003	Varón	20/05/2022 11:36																																																																																																																										
Jose Juárez	Juárez	Jose	15/06/1998	Varón	05/12/2019 11:10																																																																																																																										
albertospascual	pascual	alberto	28/04/1998	Varón	20/12/2019 9:03																																																																																																																										
franciscojoseoritz	ortiz	francisco jaser	18/12/1997	Varón	25/12/2019 13:49																																																																																																																										
rubén	delgado romero	josé manuel	18/06/1978	Varón	24/01/2020 5:14																																																																																																																										
Elena	SARABIA	ELENA	14/06/1961	Mujer	01/10/2020 6:56																																																																																																																										
VENEGAS_JC	VENEGAS	JUAN CARLOS	10/04/2001	Varón	02/10/2021 0:02																																																																																																																										

## 2. MONTAJE Y DESMONTAJE

A lo largo de este apartado se desarrollará el procedimiento necesario para la puesta en marcha y el correcto funcionamiento del analizador (Figura 5). Es importante destacar que todos estos pasos se deben de ejecutar en el orden indicado, ya que sino no será posible completar la prueba.

**Figura 5**  
*Secuencia de montaje y preparación del analizador Ergostik®*

Acción	Descripción	Imagen
<p><b>1</b></p>	<p>Encendido del Ergostik. Tener en cuenta que debe de iniciarse 30min antes de la prueba.</p>	
<p><b>2</b></p>	<p>Conexión juego de tubos al sensor Ergostik.</p>	
<p><b>3</b></p>	<p>Conexión ergoflow al juego de tubos. Importante hacer coincidir las uniones del ergoflow con el cierre del juego de tubos.</p>	
<p><b>4</b></p>	<p>Colocación máscara al deportista.</p>	

Acción	Descripción	Imagen
5	Unión juego de tubos, ergoflow y máscara.	
6	Posición final del deportista en el tapiz.	

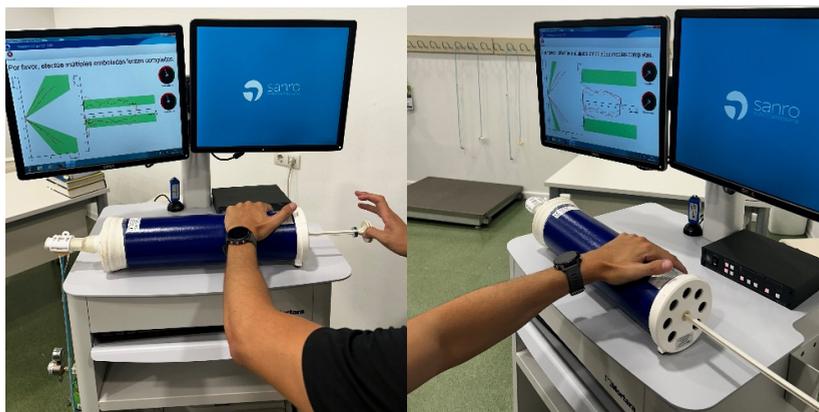
### 3. CONDICIONES A TENER EN CUENTA PARA QUE LAS MEDIDAS SEAN FIABLES Y VÁLIDAS

Cuando usamos un analizador de gases debemos de tener presente que para que las medidas sean correctas y los datos obtenidos tengan una validez y fiabilidad, es necesario una calibración previa antes de iniciar cualquier test. El analizador Ergostik® precisa de dos fases de calibración:

1. La primera de ellas es la calibración del volumen. Este proceso se realiza con una jeringa de calibración, la cual tiene un volumen conocido de 3 litros de aire. El proceso consiste en realizar varias emboladas con la jeringa a la velocidad que marca el software. Esta acción permite al sistema poder conocer el aire inhalado y exhalado por un deportista durante la prueba.

**Figura 6**

*Ejemplo de calibración del volumen*



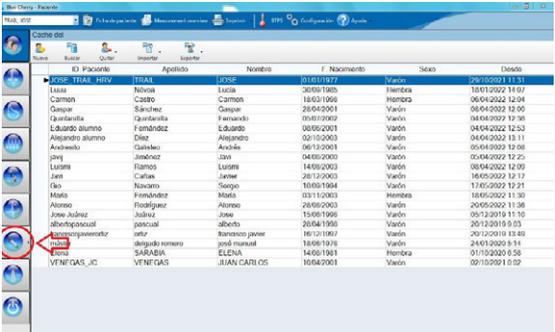
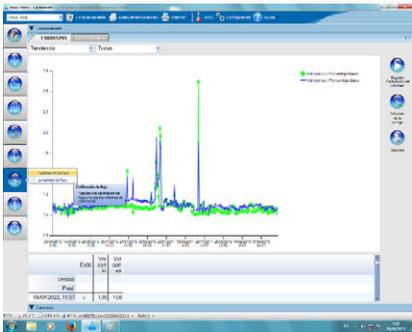
2. La segunda fase de calibración es la de concentración de gases. Durante este proceso, el analizador compara la concentración de gases en aire atmosférico contra una concentración de gas conocido que se encuentra en una botella (Figura 7).

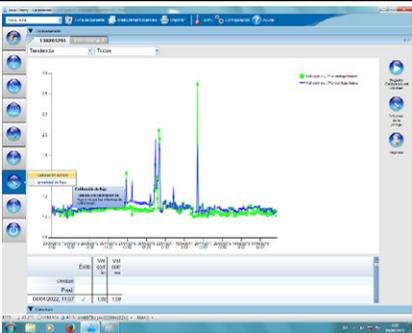
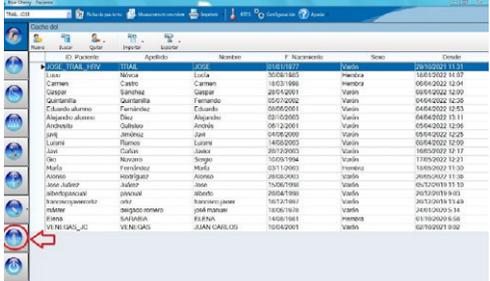
**Figura 7**

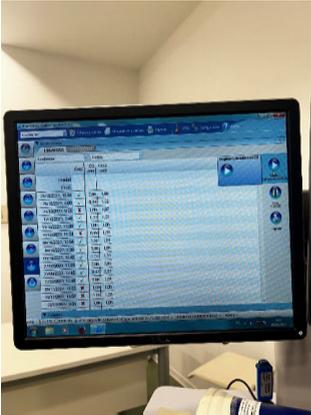
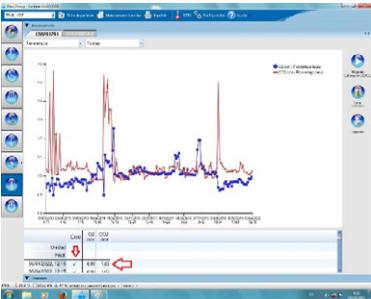
*Botella de gas de calibración*



**Figura 8**  
*Secuencia de calibración del analizador Ergostik®*

<b>Calibración del flujo</b>		
<b>Acción</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
<b>1</b>	Preparación del instrumental de calibración. Jeringa, tubos y ergoflow.	
<b>2</b>	Seleccionar pestaña calibración de flujo en el software Bluecherry.	
<b>3</b>	Seleccionar pestaña iniciar calibración.	
<b>4</b>	Realizar las emboladas siguiendo las instrucciones del software.	

<p><b>5</b></p>	<p>Chequear si la calibración es correcta.</p>	
<p align="center"><b>Calibración de gases</b></p>		
<p><b>Acción</b></p>	<p><b>Descripción</b></p>	<p><b>Imagen</b></p>
<p><b>1</b></p>	<p>Seleccionar pestaña calibración de gases en el software Bluecherry.</p>	
<p><b>2</b></p>	<p>Seleccionar pestaña iniciar calibración.</p>	
<p><b>3</b></p>	<p>Abrir botella de gases.</p>	

<p><b>4</b></p>	<p>Clicar guardar calibración</p>	
<p><b>5</b></p>	<p>Chequear si la calibración es correcta.</p>	
<p><b>6</b></p>	<p><b>IMPORTANTE –</b> Cerrar botella de gas.</p>	

#### 4. MANTENIMIENTO/BUENAS PRÁCTICAS

A continuación, se especifican las condiciones que se deben de tenerse en cuenta para mantener el dispositivo en buenas condiciones y evitar su deterioro:

- 1- El analizador de gases debe encenderse 30 minutos antes de su utilización, debe calentarse antes de poder ser utilizado.
- 2- En caso de usar el electrocardiograma, se debe de colocar los electrodos en el pecho del sujeto, para ello habrá que rasurar si hay vello, y seguidamente siempre habrá que limpiar la piel con alcohol, para evitar así que los electrodos se caigan durante la prueba. Importante fijar bien los cables, con una malla o esparadrapo, hay que intentar que se produzca el mínimo

movimiento de los cables, ya que si no pueden ocurrir interferencias en la señal.

- 3- El cable triple del analizador de gases deberá dejarse colgado tras cada prueba para evitar condensación de humedad dentro de este (Figura 9).

**Figura 9**

*Sistema de secado del juego de tubos*



- 4- El sensor de flujo, la máscara, y los adaptadores para filtro de espirometría o máscara, deberán ser lavados con líquido esterilizante de laboratorio tras cada prueba. El sensor de flujo se debe secar al aire (se desaconseja el uso de secadores para acelerar el secado), asimismo no se podrá poner bajo el grifo para enjuagarlo, ya que la membrana interna se podrá desprender, por lo que deberá enjuagarse cuidadosamente en un barreño o lavabo.
- 5- Los filtros de espirometría son de un solo uso al igual que los electrodos.

### **III. PROTOCOLO**

#### **1. PRUEBA/PROTOCOLO/OBJETIVO DE LA TOMA DE DATOS A REALIZAR**

Cuando decidimos llevar a cabo un test con análisis de gases con nuestro deportista tenemos que tener en cuenta cuál es el objetivo principal de la prueba. Como se indicaba en secciones anteriores, lo primero que debemos de tener claro es el carácter de la prueba. Si el carácter de es clínico, la prueba debe de ser realizada por un médico especialista. Este tipo de pruebas se escapan del enfoque de este libro. Cuando la prueba tiene un carácter evaluativo del rendimiento deportivo o fisiológico, debemos de concretar el objetivo de la prueba, ya que el objetivo puede condicionar el tipo de test que decidamos llevar a cabo. Con respecto a los objetivos de un test con análisis de gases podemos distinguir los siguientes:

1. Conocer los umbrales ventilatorios (VT1, VT2)
2. Evaluar el consumo de oxígeno máximo (VO2max)
3. Establecer la intensidad a la que la tasa de oxidación de grasas es máxima (Fatmax)
4. Conocer la tasa máxima de oxidación de grasas (MFO)
5. Saber la economía de carrera/pedaleo
6. Evaluar la tasa metabólica en reposo
7. Conocer el uso de sustratos (hidratos carbono/grasas) a diferentes intensidades

Una vez tengamos claro el objetivo de la prueba, podremos seleccionar el test más adecuado para obtener una correcta evaluación del rendimiento. Con respecto al tipo los tipos de test que el dispositivo Ergostik permite llevar a cabo, podremos seleccionar:

1. Test incremental en rampa

Este tipo de test se caracteriza por ir aumentando la velocidad o intensidad de forma lineal hasta el agotamiento.

2. Test incremental escalonado

Durante el test, la intensidad aumenta en cada escalón a razón de 1 km/h o 25-50W. La duración del escalón puede ser determinada por el evaluador.

3. Test a carga constante

En este tipo test se caracteriza por que la intensidad se mantiene constante durante la duración del test.

**Tabla 3:**

*Tipos de test o protocolos de una prueba de esfuerzo en función del objetivo de la evaluación.*

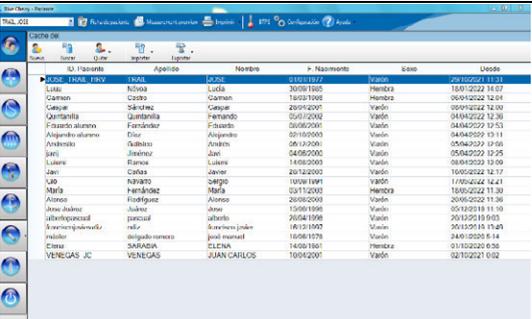
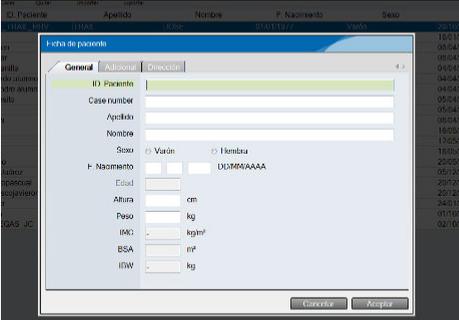
<b>Objetivo</b>	<b>Test rampa</b>	<b>Test escalonado</b>	<b>Test carga constante</b>
VT1 – VT2	x	x	
VO2max	x	x	
Fatmax		x	
MFO		x	
Economía			x
Metabolismo basal			x
Metabolismo energético			x

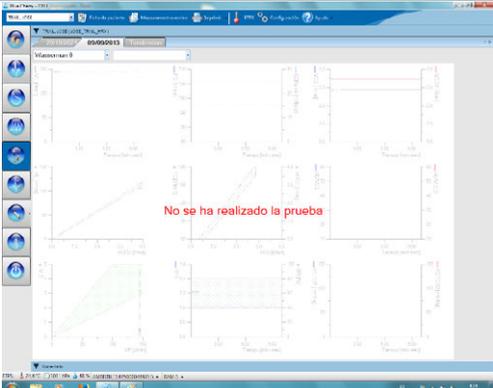
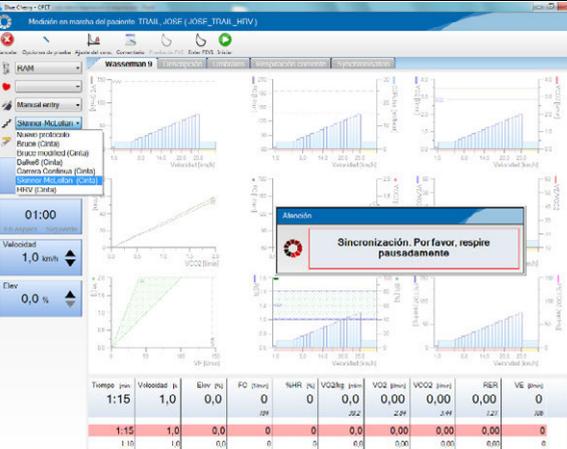
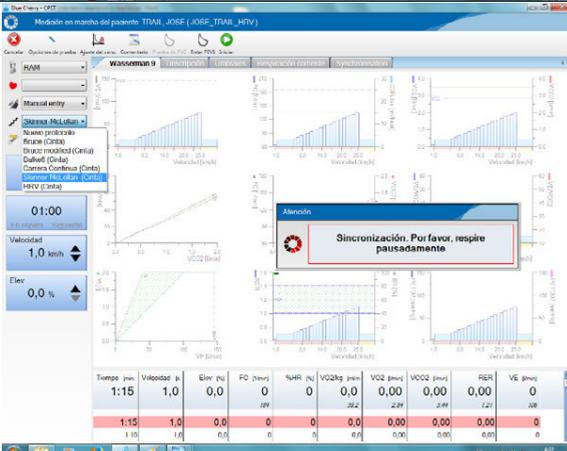
## 2. TIMELINE DEL PROCEDIMIENTO DE MONTAJE, PUESTA A PUNTO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS, TEST Y POSTERIOR EXTRACCIÓN DE DATOS

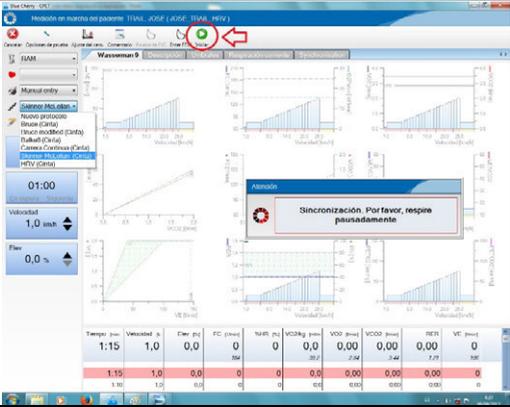
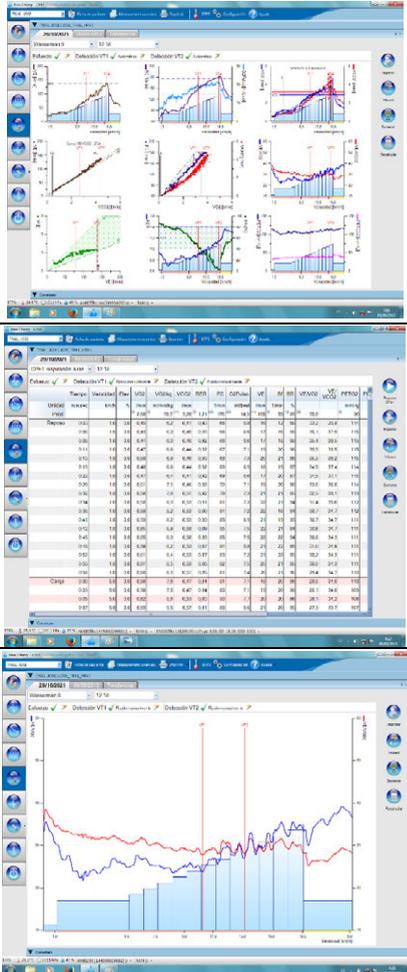
A lo largo de este apartado se describe punto por punto cómo se desarrolla un test o prueba de esfuerzo con análisis de gases tomando como punto de inicio una vez el sistema está calibrado correctamente, ya que es necesaria la calibración previa para poder iniciar un test. El proceso de calibración se encuentra descrito anteriormente (Apartado II). En la figura 10 se describe paso por paso el proceso para ejecutar una prueba.

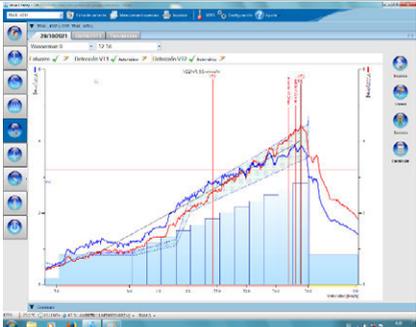
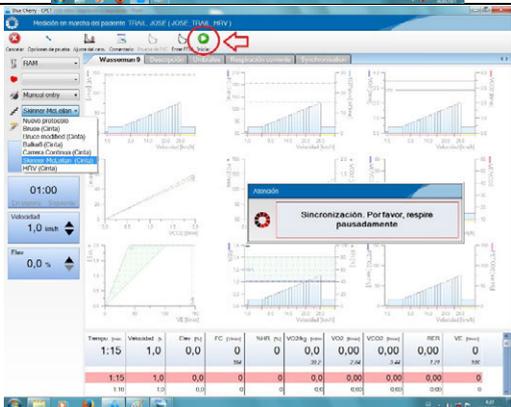
**Figura 10**

*Procedimiento para ejecutar una prueba de esfuerzo con análisis de gases*

PASO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN																																																																																																																														
1	Clicar en la pestaña nuevo sujeto en la vista principal del software Bluecherry.	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>Apellido</th> <th>Nombre</th> <th>F. Nacimiento</th> <th>Sexo</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>ALONSO</td><td>FRANCO</td><td>1977</td><td>Varón</td><td>20102022 11 30</td></tr> <tr><td>2</td><td>Luis</td><td>RIVERA</td><td>Luis</td><td>Hembra</td><td>18012022 10 07</td></tr> <tr><td>3</td><td>JOHAN</td><td>COSSIO</td><td>JOHAN</td><td>Hembra</td><td>05012022 12 01</td></tr> <tr><td>4</td><td>CAYUE</td><td>SÁNCHEZ</td><td>CAYUE</td><td>Varón</td><td>00012022 12 00</td></tr> <tr><td>5</td><td>GUERRERO</td><td>GUERRERO</td><td>GUERRERO</td><td>Varón</td><td>04082022 12 26</td></tr> <tr><td>6</td><td>FERRASO ALONSO</td><td>FERRASO</td><td>FERRASO</td><td>Varón</td><td>04082022 12 53</td></tr> <tr><td>7</td><td>ALONSO ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>Varón</td><td>04082022 12 11</td></tr> <tr><td>8</td><td>ANDRÉS</td><td>ANDRÉS</td><td>ANDRÉS</td><td>Varón</td><td>05012022 12 05</td></tr> <tr><td>9</td><td>JUAN</td><td>JUAN</td><td>JUAN</td><td>Varón</td><td>05042022 12 25</td></tr> <tr><td>10</td><td>LUIS</td><td>LUIS</td><td>LUIS</td><td>Varón</td><td>08082022 12 00</td></tr> <tr><td>11</td><td>JUAN</td><td>JUAN</td><td>JUAN</td><td>Varón</td><td>15092022 12 17</td></tr> <tr><td>12</td><td>JUAN</td><td>JUAN</td><td>JUAN</td><td>Varón</td><td>11092022 12 11</td></tr> <tr><td>13</td><td>MARÍA</td><td>MARÍA</td><td>MARÍA</td><td>Hembra</td><td>18052022 11 30</td></tr> <tr><td>14</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>Varón</td><td>20082022 11 26</td></tr> <tr><td>15</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>Varón</td><td>05122018 11 10</td></tr> <tr><td>16</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>Varón</td><td>20122018 09 03</td></tr> <tr><td>17</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>Varón</td><td>20122018 09 03</td></tr> <tr><td>18</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>Varón</td><td>24012020 05 14</td></tr> <tr><td>19</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>Varón</td><td>01102020 05 08</td></tr> <tr><td>20</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>ALONSO</td><td>Varón</td><td>02102021 01 02</td></tr> </tbody> </table>	ID	Apellido	Nombre	F. Nacimiento	Sexo	Unidad	1	ALONSO	FRANCO	1977	Varón	20102022 11 30	2	Luis	RIVERA	Luis	Hembra	18012022 10 07	3	JOHAN	COSSIO	JOHAN	Hembra	05012022 12 01	4	CAYUE	SÁNCHEZ	CAYUE	Varón	00012022 12 00	5	GUERRERO	GUERRERO	GUERRERO	Varón	04082022 12 26	6	FERRASO ALONSO	FERRASO	FERRASO	Varón	04082022 12 53	7	ALONSO ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	04082022 12 11	8	ANDRÉS	ANDRÉS	ANDRÉS	Varón	05012022 12 05	9	JUAN	JUAN	JUAN	Varón	05042022 12 25	10	LUIS	LUIS	LUIS	Varón	08082022 12 00	11	JUAN	JUAN	JUAN	Varón	15092022 12 17	12	JUAN	JUAN	JUAN	Varón	11092022 12 11	13	MARÍA	MARÍA	MARÍA	Hembra	18052022 11 30	14	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	20082022 11 26	15	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	05122018 11 10	16	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	20122018 09 03	17	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	20122018 09 03	18	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	24012020 05 14	19	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	01102020 05 08	20	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	02102021 01 02
ID	Apellido	Nombre	F. Nacimiento	Sexo	Unidad																																																																																																																											
1	ALONSO	FRANCO	1977	Varón	20102022 11 30																																																																																																																											
2	Luis	RIVERA	Luis	Hembra	18012022 10 07																																																																																																																											
3	JOHAN	COSSIO	JOHAN	Hembra	05012022 12 01																																																																																																																											
4	CAYUE	SÁNCHEZ	CAYUE	Varón	00012022 12 00																																																																																																																											
5	GUERRERO	GUERRERO	GUERRERO	Varón	04082022 12 26																																																																																																																											
6	FERRASO ALONSO	FERRASO	FERRASO	Varón	04082022 12 53																																																																																																																											
7	ALONSO ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	04082022 12 11																																																																																																																											
8	ANDRÉS	ANDRÉS	ANDRÉS	Varón	05012022 12 05																																																																																																																											
9	JUAN	JUAN	JUAN	Varón	05042022 12 25																																																																																																																											
10	LUIS	LUIS	LUIS	Varón	08082022 12 00																																																																																																																											
11	JUAN	JUAN	JUAN	Varón	15092022 12 17																																																																																																																											
12	JUAN	JUAN	JUAN	Varón	11092022 12 11																																																																																																																											
13	MARÍA	MARÍA	MARÍA	Hembra	18052022 11 30																																																																																																																											
14	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	20082022 11 26																																																																																																																											
15	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	05122018 11 10																																																																																																																											
16	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	20122018 09 03																																																																																																																											
17	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	20122018 09 03																																																																																																																											
18	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	24012020 05 14																																																																																																																											
19	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	01102020 05 08																																																																																																																											
20	ALONSO	ALONSO	ALONSO	Varón	02102021 01 02																																																																																																																											
2	Registrar un nuevo sujeto. Introducir datos identificativos y datos antropométricos.																																																																																																																															
3	Colocar la banda de frecuencia cardíaca al sujeto.																																																																																																																															

PASO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN																														
4	<p>Seleccionar en el margen izquierdo de la vista principal la pestaña de test cardiorrespiratorio (CPET).</p>																															
5	<p>Seleccionar el tipo de prueba/protocolo que deseamos llevar a cabo en la parte lateral derecha.</p>																															
6	<p>Esperar hasta que se produzca la sincronización.</p>	 <table border="1" data-bbox="589 1430 1066 1511"> <thead> <tr> <th>Tempo (min)</th> <th>Velocidad (km/h)</th> <th>Elev (m)</th> <th>FC (b/min)</th> <th>%HR</th> <th>VO2kg (l/min)</th> <th>VO2 (l/min)</th> <th>VCO2 (l/min)</th> <th>RER</th> <th>VE (l/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1:15</td> <td>1,0</td> <td>0,0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1:15</td> <td>1,0</td> <td>0,0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Tempo (min)	Velocidad (km/h)	Elev (m)	FC (b/min)	%HR	VO2kg (l/min)	VO2 (l/min)	VCO2 (l/min)	RER	VE (l/min)	1:15	1,0	0,0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	1:15	1,0	0,0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0
Tempo (min)	Velocidad (km/h)	Elev (m)	FC (b/min)	%HR	VO2kg (l/min)	VO2 (l/min)	VCO2 (l/min)	RER	VE (l/min)																							
1:15	1,0	0,0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0																							
1:15	1,0	0,0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0																							

PASO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
7	<p>Seleccionar la pestaña iniciar test en la parte superior.</p>	 <p>The screenshot shows the software's main control panel. At the top, there are several icons, with the 'Inicio de prueba' (Start test) icon highlighted by a red circle and a red arrow. Below this, there are several graphs showing real-time data. A central dialog box displays the text 'Sincronización. Por favor, respire pausadamente' (Synchronization. Please breathe calmly). At the bottom, there is a data table with columns for 'Tiempo', 'Velocidad', 'Ejer.', 'FC', 'NHR', 'VO2kg', 'VO2', 'VCO2', 'RER', and 'VE'. The current values are: 1:15, 1.0, 0.0, 0, 0, 0.0, 0.00, 0.00, 0.00, 0.</p>
8	<p>Desarrollo del test. Es posible cambiar vista de datos para una mejor comprensión o interpretación durante la prueba.</p>	 <p>This section contains three screenshots illustrating different data visualization options during the test. The top screenshot shows a grid of 12 small graphs, each representing a different physiological parameter. The middle screenshot shows a detailed data table with columns for 'Tiempo', 'Velocidad', 'Ejer.', 'FC', 'NHR', 'VO2kg', 'VO2', 'VCO2', 'RER', and 'VE'. The bottom screenshot shows a zoomed-in view of a graph, likely representing heart rate or another key parameter, with a red vertical line indicating a specific time point.</p>

PASO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
		
9	<p>Una vez que el sujeto llega hasta el agotamiento o que el evaluador decide finalizar la prueba. Clicar en la pestaña finalizar.</p>	
10	<p>Quitar la máscara al sujeto para que pueda iniciar la recuperación y mejorar su percepción de disnea.</p>	

### 3. PROTOCOLO DE LA PRUEBA

Una vez descrito el proceso para la puesta en marcha, calibración y funcionamiento del analizador de gases (Ver apartados II, III), en este apartado se describe la secuencia completa que debemos de seguir para evaluar a un deportista usando este tipo de dispositivos:

#### 1. ENTREVISTA PERSONAL

- **Objetivo:** Recopilar información relevante sobre la historia médica, hábitos de vida y objetivos del paciente.

- Pasos:

- **Historial médico:** Revisar enfermedades previas, medicamentos actuales, y antecedentes familiares de enfermedades cardiovasculares. Rellenar cuestionario PARQ.
- **Estilo de vida:** Evaluar la actividad física regular, hábitos alimenticios, consumo de alcohol y tabaco.
- **Objetivos y expectativas:** Determinar las metas del sujeto con respecto a la prueba de esfuerzo (por ejemplo, evaluación del rendimiento, objetivos deportivos).

## 2. DATOS ANTROPOMÉTRICOS

- **Objetivo:** Medir y registrar las características físicas básicas del paciente.

- Pasos:

- **Peso:** Utilizar una báscula calibrada.
- **Estatura:** Medir con un estadiómetro.
- **Índice de Masa Corporal (IMC):** Calcular utilizando los datos de peso y estatura ( $IMC = \text{peso (kg)} / \text{estatura (m}^2\text{)}$ ).
- **Pliegues cutáneos:** Medir los pliegues cutáneos para estimar el porcentaje de grasa corporal, si es necesario.

## 3. PROTOCOLO CALIBRACIÓN

- **Objetivo:** Asegurar que está correctamente calibrado.

- Pasos:

- Ver apartado II.

## 4. PREPARACIÓN Y MONTAJE

- **Objetivo:** Preparar al paciente para la prueba asegurando la colocación correcta de los equipos.

- Pasos:

- Ver apartado III.

## 5. CALENTAMIENTO

- **Objetivo:** Preparar el sistema cardiovascular y muscular del paciente para la prueba.

- Pasos:

- **Duración:** Realizar un calentamiento de 5-10 minutos.
- **Intensidad:** Mantener una intensidad baja a moderada (50-60% de la frecuencia cardíaca máxima estimada).
- **Ejercicios:** Utilizar el tapiz a la carga descrita anteriormente.

## 6. INICIO PRUEBA

- **Objetivo:** Realizar la prueba de esfuerzo siguiendo un protocolo específico para evaluar la respuesta del cuerpo al ejercicio (tipo de test, Tabla 3).

- Pasos:

- Protocolo: Seguir un protocolo estandarizado seleccionado en el software.
- Monitoreo: Registrar continuamente la frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno, ventilación etc.
- Incremento de intensidad: Aumentar gradualmente la intensidad del ejercicio en intervalos específicos hasta alcanzar el punto de fatiga o un criterio de terminación predeterminado en función del objetivo de la prueba y el test seleccionado.

## 7. VUELTA A LA CALMA

- **Objetivo:** Permitir que el cuerpo del deportista se recupere de manera gradual después del ejercicio intenso.

- Pasos:

- Duración: Realizar una vuelta a la calma de 5-10 minutos.
- Intensidad: Reducir gradualmente la intensidad del ejercicio hasta llegar a un nivel muy bajo.
- Monitoreo: Continuar monitoreando la frecuencia cardíaca hasta que los valores vuelvan a los niveles de reposo.
- Hidratación: Ofrecer agua para rehidratar al deportista.

## 8. CONSIDERACIONES FINALES

**Seguridad:** Tener a disposición equipo de emergencia y personal capacitado para actuar en caso de cualquier eventualidad.

**Informe de Resultados:** Analizar y entregar un informe detallado de los resultados al deportista, con recomendaciones específicas basadas en los hallazgos de la prueba.

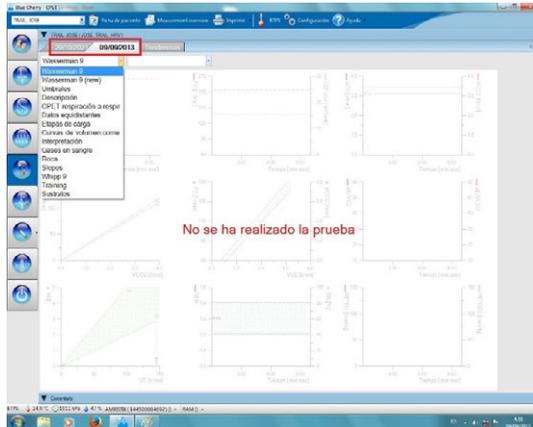
Este protocolo asegura una prueba de esfuerzo bien estructurada y segura para evaluar la capacidad física.

## 4. EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS (IMÁGENES Y VÍDEO)

A lo largo de este apartado se desarrolla cómo se produce el proceso de extracción y tratamiento de datos una vez hemos finalizado la prueba o test con análisis de gases. Tras la prueba podremos consultar la información registrada durante el desarrollo de la misma dentro del mismo software o con la exportación de datos en bruto en algún formato compatible (.xls;.txt;.pdf).

Para la vista de datos dentro del software, debemos de clicar en la prueba registrada o en una anterior. Clicaremos justo debajo del nombre del sujeto evaluado teniendo en cuenta la fecha en la que se realizó la prueba que queremos consultar (Figura 11).

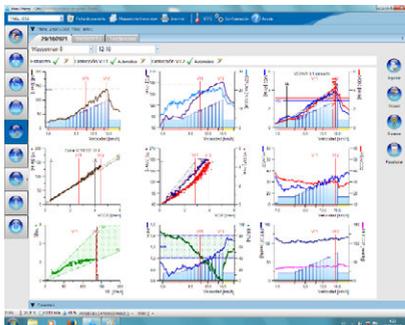
**Figura 11**  
*Selección de prueba registrada*



Una vez seleccionada la prueba registrada, podemos seleccionar la vista en la que queremos consultar los datos. Por ejemplo, es posible consultar la prueba y las variables registradas durante la misma en gráficos (Figura 12A) o en formato numérico respiración a respiración (Figura 12B).

**Figura 12**  
*Vista de datos en formato gráfico (A) o en formato numérico (B)*

A)



B)

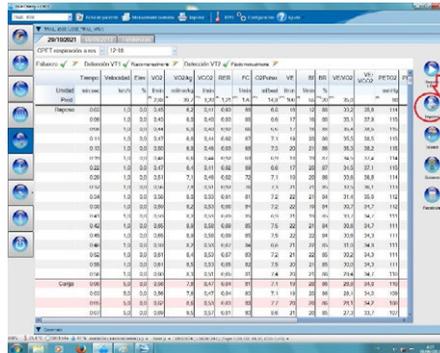
Variable	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	4:30	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	
Volúmenes	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00
Frecuencia	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50
Volumen	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50
Velocidad	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50

Otra opción que permite el sistema es la exportación de datos en varios formatos preestablecidos por el software. Para ello tendremos que seleccionar la prueba que queramos exportar, ya sea la que acabamos de finalizar u otra anterior. Este proceso es el mismo que el descrito anteriormente (Figura 12). Seleccionada la prueba deberemos de dirigirnos a la parte derecha, clicando en la flecha de la

pestaña imprimir (Figura 13). En ese momento la aplicación nos dará la opción de exportar los datos registrados en .txt o en .xls.

**Figura 13**

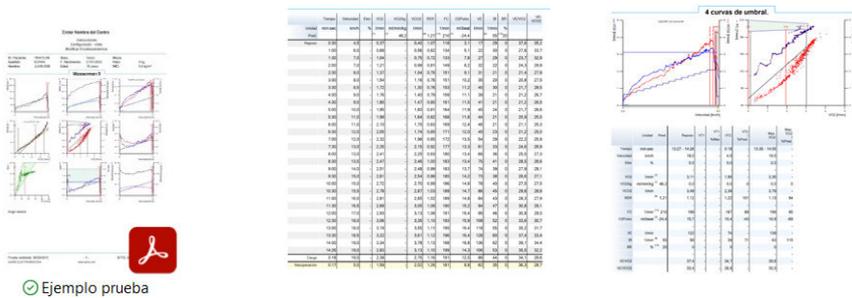
*Proceso de exportación de datos en formato .txt o .xls*



Por último, el software Bluecherry permite la obtención de un informe resumen preestablecido por la aplicación, en el que se resume parte de la información registrada en formato gráfico, tabla y numérico. Para la obtención de este informe, debemos de clicar en el icono imprimir. Una vez hecho esto, el sistema nos pedirá la selección de una impresora para imprimir o la exportación en .pdf del informe resumen (Figura 14). En función de nuestras preferencias podemos seleccionar una u otra opción.

**Figura 14**

*Ejemplo de exportación de una prueba en formato .pdf*



## IV. ALTERNATIVAS

### 1. DISPOSITIVOS MÓVILES. DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE Y VALIDACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS SIMILARES

Como se ha descrito a lo largo de este capítulo, el uso de los analizadores puede llegar a ser complejo. Conlleva un elevado coste en términos económicos, de recursos humanos y temporales. La parte positiva de esta inversión se encuentra en la gran cantidad de información que obtenemos y que puede ser útil para controlar y programar el entrenamiento de un deportista. Existen alternativas como son las pruebas de campo, que permiten inferir información que obtenemos con un analizador de gases sin necesidad de medir de forma explícita el intercambio de gases durante una prueba. De una forma más concreta, gracias a la correlación que existe entre tipos de esfuerzo y el consumo de oxígeno necesario para llegar al agotamiento en dichas pruebas, podemos estimar el  $VO_{2max}$  de un deportista sin medirlo de forma directa con gases. En el caso de la carrera, el test 5-min VAM (Berthon et al. 1997), el test 30-15IFT (Besson et al. 2013), el test de la Universidad de Montreal (Léger & Boucher et al. 1980) o el test GXT (Cerezuela-Espejo et al. 2018), son alternativas válidas y fiables que permiten inferir el  $VO_{2max}$  en carrera. En el caso del ciclismo, si tenemos la posibilidad de medir la potencia generada en el pedal, ya sea en un cicloergómetro o mediante un potenciómetro instalado en una bicicleta convencional, podemos usar el test de potencia máxima durante 5 minutos (TT-5min) (Borszcz et al. 2024). Estas alternativas tienen como beneficio el bajo coste en comparación con el instrumental necesario para llevar a cabo una prueba con análisis de gases. Por el contrario, debemos de tener en cuenta que no suponen una medición directa, y que la validez y fiabilidad del dato obtenido dependerá de variables externas tales como la voluntariedad del deportista, clima, hora de la prueba etc.

## V. REFERENCIAS

American Thoracic Society, & American College of Chest Physicians. (2003). American Thoracic Society/American College of Chest Physicians statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*, 167, 211-277.

<https://doi.org/10.1164/rccm.167.2.211>

Berthon, P., Fellmann, N., Bedu, M., Beaune, B., Dabonneville, M., Coudert, J., & Chamoux, A. (1997). A 5-min running field test as a measurement of maximal aerobic velocity. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 75(3), 233-238.

<http://doi.org/10.1007/s004210050153>

Besson, C., Buchheit, M., Praz, M., Dériaz, O., & Millet, G. P. (2013). Cardiorespiratory responses to the 30-15 intermittent ice test. *International journal of sports physiology and performance*, 8(2), 17-180.

<http://doi.org/10.1123/ijspp.8.2.173>

Borszcz, F. K., Tramontin, A. F., de Lucas, R. D., & Costa, V. P. (2024). Is the 5-Minute Time-Trial Cycling Test a Valid Predictor of Maximal Oxygen Uptake? An External Cross-Validation Study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(aop), 1-11.

<http://doi.org/10.1123/ijspp.2023-0330>

Cerezuela-Espejo, V., Courel-Ibáñez, J., Morán-Navarro, R., Martínez-Cava, A., & Pallarés, J. G. (2018). The relationship between lactate and ventilatory thresholds in runners: validity and reliability of exercise test performance parameters. *Frontiers in physiology*, 9, 1320.

<http://doi.org/10.3389/fphys.2018.01320>

Robles-González, L., Gutiérrez-Hellín, J., Aguilar-Navarro, M., Ruiz-Moreno, C., Muñoz, A., Del-Coso, J., ... & Amaro-Gahete, F. J. (2021). Inter-day reliability of resting metabolic rate and maximal fat oxidation during exercise in healthy men using the Ergostik gas analyzer. *Nutrients*, 13(12), 4308.

<http://doi.org/10.3390/nu13124308>

Thomas, S., Reading, J., & Shephard, R. J. (1992). Revision of the physical activity readiness questionnaire (PAR-Q). *Canadian journal of sport sciences=Journal canadien des sciences du sport*, 17(4), 338-345.

Van Hooren, B., Souren, T., & Bongers, B. C. (2024). Accuracy of respiratory gas variables, substrate, and energy use from 15 CPET systems during simulated and human exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 34(1), e14490.

<https://doi.org/10.1111/sms.14490>

Uger, L., & Boucher, R. (1980). An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montreal track test. *Can. J. Appl. Sport. Sci*, 5, 77-84.

# Dispositivos inerciales empleados en la práctica deportiva

David Mancha-Triguero<sup>1,2,3</sup>

Miguel Rodríguez Rosal<sup>1,2</sup>

*Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU  
Andalucía<sup>1</sup>*

*Facultad de Humanidades, Educación y Deporte. Universidad CEU Fernando III, CEU  
Universities<sup>2</sup>*

*Grupo de Optimización del Entrenamiento y Rendimiento Deportivo (Grupo GOERD).  
Universidad de Extremadura<sup>3</sup>*

[dmancha@ceu.es](mailto:dmancha@ceu.es)

[mrodriguez@ceu.es](mailto:mrodriguez@ceu.es)

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. CONSIDERACIONES ACADÉMICAS Y CIENTÍFICAS DEL USO DEL DISPOSITIVO

En los últimos años, las tendencias en el campo del entrenamiento se han centrado principalmente en el análisis del deportista de forma integral. Para ello, se han desarrollado tanto instrumentos como procedimientos que facilitan a entrenadores, preparadores físicos e investigadores el acceso a multitud de información relacionada con el deportista (Morales & Álvarez, 2009). Uno de estos instrumentos empleados en los deportes de equipo principalmente son los dispositivos inerciales (IMUs)(Hernández-Belmonte et al., 2018).

Estos dispositivos proporcionan al cuerpo técnico no solo información detallada sobre el posicionamiento en el campo del deportista (distancias recorridas, velocidades, etc.), sino también cuentan con otros sensores que ayudan a cuantificar, describir y categorizar de forma holística las demandas que presenta ante un determinado requerimiento (Muñoz-López et al., 2017).

Cuantificar las demandas que soporta el deportista durante un entrenamiento o competición ayuda al cuerpo técnico a planificar y diseñar propuestas de trabajo basadas en el principio de individualización y especificidad. Esta labor se toma compleja debido a la cantidad de variables que repercuten en el rendimiento deportivo. Sin embargo, aporta un mayor conocimiento al proceso de entrenamiento (Gómez-Carmona et al., 2022).

Este dispositivo de carácter inalámbrico está compuesto por diferentes sensores para monitorizar y almacenar la actividad física de la persona que lo porta con la finalidad de proporcionar un conjunto de información objetiva que le ayude

a mejorar su rendimiento deportivo, su calidad de vida o recuperarse de un periodo de inactividad. La cobertura y precisión del seguimiento se debe al Sistema Híbrido con el que cuenta, puesto que puede emplearse en el modo GPS/GNSS (para los deportes de outdoor) y el modo Ultra Wide Band (para deportes indoor).

## 2. MEDIDAS O DATOS QUE EXTRAER EL DISPOSITIVO. EXPLICACIÓN DE LAS MISMAS TABLA EN EL CASO DE QUE SEAN VARIOS DATOS QUE PUEDAN SER ADQUIRIDOS

En cuanto a las variables que se pueden extraer del dispositivo, la primera diferencia que se debe realizar es en función del sistema de obtención de variables. El dispositivo aporta la posibilidad de obtener la información mediante el sistema GPS/GNSS (para deportes outdoor. Por ejemplo: fútbol, rugby, hockey hierba, etc.) o mediante el sistema Ultra Wide Band, UWB (para deportes indoor. Por ejemplo: baloncesto, balonmano, voleibol, etc.).

La segunda diferenciación que se debe realizar para analizar las variables es atendiendo a su origen. Variables de carga interna y variables de carga externa. Las variables de carga interna hacen referencia a valores obtenidos por las demandas que presenta un sujeto ante una determinada situación. Sin embargo, las variables de carga externa se describen como los requerimientos a los que debe dar respuesta.

Por último, las variables se agrupan en función del grupo o sensor con el que se obtiene. Dentro del dispositivo se pueden encontrar los siguientes grupos:

**Tabla 1**

*Variables con definición agrupadas en función del origen*

Tipo	Variable	Abreviatura	Descripción
Carga Interna	Frecuencia Cardíaca Máxima	FC Max.	Valor más alto de Frecuencia Cardíaca alcanzada durante un periodo de tiempo.
	Frecuencia Cardíaca Media	FC Avg.	Valor medio de Frecuencia Cardíaca obtenido durante un periodo de tiempo.
	Porcentaje de la Frecuencia Cardíaca Máxima	% FC Max.	Porcentaje obtenido de la Frecuencia Cardíaca Media/ Frecuencia Cardíaca Máxima. Es un valor de intensidad.
	Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca	VFC.	Variación en el tiempo que transcurre entre los intervalos R-R del electrocardiograma. Esta variable refleja la actividad del Sistema Nervioso Autónomo.
	Oxigenación Muscular	O <sub>2</sub> Mus.	Estimación de la cantidad de Oxígeno que llega al músculo. Está relacionado con la fatiga muscular.

Tipo	Variable	Abreviatura	Descripción
Carga Externa	Tiempo	Time	Espacio de tiempo que transcurre desde el comienzo de una actividad hasta que finaliza.
	Altura de Salto	Height	Mediante el tiempo de vuelo del salto, estima la altura máxima alcanzada en el salto.
Carga Externa Cinemática de Distancia	Distancia Recorrida	Distancia	Cantidad total de metros recorridos por un deportista.
	Distancia Explosiva	Dist. Expl.	Cantidad total de metros recorridos por un deportista a una velocidad superior a 18km/h.
	Rangos de Distancia		Cantidad total de metros recorridos por un deportista en función de la velocidad (0-6km/h; 6-12 km/h; 12-18 km/h; 18-24 km/h; >24 km/h). *Estos rangos pueden personalizarse en función del objetivo o muestra analizada.
	Aceleración	Acc.	Incremento positivo de la velocidad (superior a 2m/s <sup>2</sup> )
	Deceleración	Decel.	Incremento negativo de la velocidad (superior a 2m/s <sup>2</sup> )
	Pasos	Step	Cantidad de pasos que realiza el deportista
	Saltos	Jump	Cantidad de saltos que realiza el deportista
Carga Externa Neuromuscular	Impactos	Impacts	Fuerzas G externas que recibe el deportista durante su práctica. Se organizan en rangos (0-3G; 3-5G; 5-8G; >8G)
	Landing	Landing	Las fuerzas que actúan el deportista después de una zancada o salto.
	Player Load	PL	Se calcula mediante la siguiente ecuación: donde PL <sub>n</sub> es el PL calculado en el instante actual en el tiempo; n es el instante actual en el tiempo; n-1 es el instante anterior en el tiempo; X <sub>n</sub> , Y <sub>n</sub> y Z <sub>n</sub> son los valores de carga corporal en cada eje de movimiento en el momento actual; y X <sub>n-1</sub> , Y <sub>n-1</sub> y Z <sub>n-1</sub> son los valores de carga corporal en cada eje de movimiento en el instante anterior.  $PL_n = \sqrt{\frac{(X_n - X_{n-1})^2 + (Y_n - Y_{n-1})^2 + (Z_n - Z_{n-1})^2}{100}}$
	Power Metabolic	Pow. Met.	Cuantifica la cantidad total de energía requerida por unidad de tiempo para reconstruir el ATP utilizado en el desempeño de la actividad.

### 3. MOSTRAR EL OBJETIVO DE LAS INVESTIGACIONES QUE USAN DISPOSITIVOS SIMILARES

Las posibilidades que aporta el instrumental son infinitas. Principalmente se ha empleado en deportes de equipo, donde el rendimiento del dispositivo puede realizar mayor número de aportaciones, aunque también se ha empleado en deportes individuales.

---

Título: **Characterization and sex-related differences in the multi-location external workload profile of semiprofessional basketball players.**

---

**Objetivo:** este estudio tuvo como objetivo caracterizar la carga de trabajo externo multilocalización en jugadores masculinos y femeninos y analizar las diferencias relacionadas con el sexo durante los movimientos más comunes en el baloncesto.

**Método:** Veintiséis jugadores de baloncesto semiprofesionales ( $n = 13$  hombres,  $n = 13$  mujeres) fueron evaluados en cinco pruebas: movimientos lineales y curvilíneos, cambios de velocidad, saltos y movimientos durante el juego. PlayerLoad RT se evaluó en seis ubicaciones anatómicas simultáneamente (escápulas, región lumbar, rodillas y tobillos) con dispositivos inerciales WIMU PRO™ conectados al atleta mediante un traje de cuerpo completo. El análisis estadístico se compuso de una prueba t de medidas independientes y del tamaño del efecto d de Cohen.

**Resultados:** Los principales resultados indicaron: (1) el tipo de movimiento modificó la carga de trabajo externa soportada por las estructuras musculoesqueléticas; (2) se encontraron diferencias relacionadas con el sexo en la absorción vertical de la carga de trabajo externa ( $p < 0,05$ ); (3) no se mostraron diferencias relacionadas con el sexo en el perfil horizontal ( $p > 0,16$ ).

**Conclusión:** La monitorización multilocalización permitirá identificar estructuras musculoesqueléticas con alta absorción vertical de carga externa en función del sexo, al igual que las diferencias horizontales en las extremidades inferiores. Igualmente, la distribución de los movimientos a lo largo de las sesiones de entrenamiento, los programas de fortalecimiento y recuperación de grupos musculares de alta carga de trabajo según las características del jugador podrían contribuir a mejorar el rendimiento y reducir el riesgo de lesiones.

**Referencia:** Gómez-Carmona, C. D., Mancha-Triguero, D., Pino-Ortega, J., & Ibáñez, S. J. (2022). Characterization and sex-related differences in the multi-location external workload profile of semiprofessional basketball players. A cross-sectional study. *European Journal of Sport Science*, 1-11.

<https://doi.org/10.1080/17461391.2021.2009040>.

---

Título: **Worst case scenario match analysis and contextual variables in professional soccer players: a longitudinal study.**

---

**Objetivo:** Este estudio tuvo como objetivo describir los peores escenarios posibles (WCS, por sus siglas en inglés) de jugadores de fútbol profesional por posición de juego en diferentes duraciones y analizar los WCS considerando diferentes variables contextuales (mitad del partido, ubicación del partido y resultado del partido).

**Método:** Se realizó un estudio longitudinal en un equipo de fútbol profesional. Se recopilaron datos de diferentes duraciones de WCS en la distancia total (TD),

distancia de carrera a alta velocidad (HSRD, por sus siglas en inglés) y distancia de sprint (SPD, por sus siglas en inglés). Se realizó un análisis de varianza mixto para comparar diferentes duraciones de WCS entre posiciones de juego y variables contextuales, haciendo comparaciones por pares mediante la prueba post hoc de Bonferroni.

**Resultados:** Se encontraron diferencias posicionales para TD ( $p < 0,01$ ,  $\omega p^2 = 0,02$ ), HSRD ( $p < 0,01$ ,  $\omega p^2 = 0,01$ ) y SPD ( $p < 0,01$ ,  $\omega p^2 = 0,02$ ). Se observó una interacción significativa al comparar WCS por mitad del partido en TD ( $F = 6,1$ ,  $p < 0,01$ ,  $\omega p^2 = 0,07$ ) pero no diferencias significativas en HSRD ( $p = 0,403$ ,  $\omega p^2 = 0$ ) o SPD ( $p = 0,376$ ,  $\omega p^2 = 0$ ). Se identificó una interacción significativa al comparar WCS por ubicación del partido en TD ( $F = 51,5$ ,  $p < 0,01$ ,  $\omega p^2 = 0,14$ ), HSRD ( $F = 19,15$ ,  $p < 0,01$ ,  $\omega p^2 = 0,05$ ) y SPD ( $F = 8,95$ ,  $p < 0,01$ ,  $\omega p^2 = 0,01$ ) así como WCS por resultado del partido en TD ( $F = 36,4$ ,  $p < 0,01$ ,  $\omega p^2 = 0,08$ ), HSRD ( $F = 13,6$ ,  $p < 0,01$ ,  $\omega p^2 = 0,04$ ) y SPD ( $F = 7,4$ ,  $p < 0,01$ ,  $\omega p^2 = 0,02$ ).

**Conclusiones:** Existen diferencias posicionales en TD, HSRD y SPD en la WCS de partidos, y las variables contextuales como la mitad del partido, la ubicación del partido y el resultado del partido tienen un impacto significativo en la WCS de los jugadores de fútbol profesionales.

**Referencia:** Oliva-Lozano, J. M., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Fortes, V., & Pino-Ortega, J. (2020). Worst case scenario match analysis and contextual variables in professional soccer players: a longitudinal study. *Biology of Sport*, 37(4), 429-436.

<https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.97067>

---

**Título: La Condición Física como Predictor del Rendimiento durante la Competición en Jugadoras Profesionales de Baloncesto Femenino.**

---

**Objetivo:** Los objetivos de esta investigación fueron caracterizar la aptitud física y los indicadores de juego en función de la posición de juego.

**Método:** Se trata de un estudio empírico, con metodología cuantitativa, descriptiva y transversal. Además, se determinaron diferentes relaciones entre el nivel de condición física y los indicadores de juego durante la competición. Finalmente se realizó un análisis predictivo de las variables seleccionadas con el fin de conocer la importancia de las variables en el rendimiento y en qué momento de la temporada tuvieron mayor impacto. Para ello se analizó un equipo profesional de baloncesto femenino ( $n = 12$ ) con una edad media de  $25,25 \pm 7,617$  años, altura  $178,25 \pm 9,206$  cm y masa corporal de  $72,33 \pm 11,657$  kg. Cada jugador fue equipado con un dispositivo inercial WIMUPRO y se analizaron todas las estadísticas de la competición.

**Resultados:** Los resultados obtenidos muestran que no hubo diferencias entre todas las habilidades evaluadas e indicadores de juego en función de la posición de

juego. Asimismo, se determinó una relación entre el nivel de condición física y el aporte técnico-táctico, siendo diferente entre distintos momentos de la temporada. Además, la condición física sólo predecía el rendimiento final de la jugadora en la competición para pivots en la primera y segunda ronda del campeonato, y para delanteras en la primera ronda. También se determinaron cuatro perfiles físico-fisiológicos con aportes a los diferentes durante la competencia.

**Conclusión:** se identificaron tres grupos de jugadoras por posición de juego según su rendimiento deportivo, a saber, valoración, valoración alta, media y baja, asociados al rendimiento físico. En todos los grupos hubo diferencias significativas entre posiciones de juego, valoración y rendimiento físico.

**Referencia:** Ibáñez, S. J., Piñar, M. I., García, D., & Mancha-Triguero, D. (2023). La Condición Física como Predictor del Rendimiento durante la Competición en Jugadoras Profesionales de Baloncesto Femenino. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20 (2), 988

<https://doi.org/10.3390/ijerph20020988>

---

**Título: Analysis of the Objective Internal Load in Portuguese Skydivers in the First Jump of the Day**

---

**Objetivo:** El objetivo general de este estudio fue identificar la variación de la frecuencia cardíaca (FC) de los paracaidistas portugueses durante 6 momentos en su primer salto del día, teniendo en cuenta la variable nivel de experiencia.

**Método:** En el estudio participaron 31 paracaidistas portugueses, 28 hombres y 3 mujeres, con edades comprendidas entre 19 y 62 años, 12 con licencias A y B (menos experimentadas) y 19 con licencias C y D (más experimentadas). El instrumento utilizado para registrar el ritmo cardíaco de los paracaidistas en los diferentes momentos de su primer salto del día fue el WIMU PRO. Se utilizó un análisis de varianza de medidas repetidas para analizar la FC en diferentes momentos del salto y su relación con las variables nivel de experiencia. Se realizaron comparaciones múltiples de Bonferroni para estudiar la importancia de las diferencias observadas en la FC en los diferentes momentos. El tamaño del efecto se evaluó con eta cuadrado parcial.

**Resultados:** Los resultados mostraron que la FC promedio en este grupo de paracaidistas fue de 130 lpm, en los diferentes momentos del salto. La FC aumenta desde el valor registrado en reposo hasta el momento del salto del avión y la apertura del paracaídas, alcanzando la media más alta en ese momento, para luego disminuir hasta el contacto con el suelo. Comparando la variable encontramos que los menos experimentados tenían mayor FC que los más experimentados en todos los momentos del salto. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los diferentes momentos del salto, respecto a la FCMax, FCMedia, El Nivel de experiencia con la interacción del momento de salto, solo observaron diferencias

relacionadas con la FC Min. En cuanto a la experiencia, las diferencias identificadas no fueron estadísticamente significativas.

**Conclusión:** El paracaidismo desencadena una respuesta cardiovascular adaptativa aguda que se refleja en el aumento de la FC, entre el momento de subir al avión y el momento en que se abre el paracaídas, disminuyendo posteriormente hasta el contacto con el suelo. Los paracaidistas más experimentados registraron la mayor FC en el momento del aterrizaje y los menos experimentados en el momento de la caída libre.

**Referencia:** Machado, T., Serrano, J., Pino-Ortega, J., Silveira, P., Antúnez, A., & Ibáñez, S. J. (2022). Analysis of the Objective Internal Load in Portuguese Skydivers in the First Jump of the Day. *Sensors*, 22(9), 3298. <https://doi.org/10.3390/s22093298>

---

**Título: Validity and reliability of the WIMU inertial device for the assessment of the vertical jump.**

---

**Objetivo:** El objetivo de este estudio fue probar la validez y fiabilidad del dispositivo inercial WIMU (Realtrack Systems SL, Almería, España) para la evaluación del salto vertical, salto con contramovimiento (CMJ) y salto desde sentadilla (SJ).

**Método:** Quince jugadores de fútbol fueron evaluados en dos sesiones idénticas separadas por una semana. En cada sesión, los participantes realizaron tres saltos de cada tipo. El tiempo de vuelo fue cuantificado mediante el dispositivo inercial WIMU y mediante una plataforma de fuerza (Twin Plates; Globus Sport and Health Technologies LLC, Codogné, Italia) al mismo tiempo. Para el análisis de confiabilidad del tiempo de vuelo del CMJ y del SJ se utilizó el coeficiente de correlación intraclase. El cálculo de la validez concurrente se realizó mediante el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ). Este análisis se complementó con la realización de los diagramas de Bland-Altman. Para el análisis de confiabilidad se calculó el coeficiente de variación y el error estándar de las medias.

**Resultados:** El análisis presentó una alta validez y confiabilidad del dispositivo. Los resultados muestran al dispositivo inercial WIMU (Realtrack Systems SL, Almería, España) como una herramienta útil para medir la capacidad de salto de los deportistas, presentando resultados inmediatos en tiempo real, sobre cualquier tipo de superficie y de forma sencilla ya que no Necesita cables.

**Conclusión:** Este dispositivo es una valiosa herramienta para controlar el entrenamiento y la competición. A través del control de los saltos se pueden detectar cambios producidos por un determinado programa de entrenamiento, pudiendo redirigirlo o modificarlo según los resultados.

**Referencia:** Pino-Ortega, J., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2018). Validity and reliability of the WIMU inertial device for the assessment of the vertical jump. *PeerJ*, 6, e4709. <https://doi.org/10.7717/peerj.4709>

---

**Título: Examining the Effects of Altitude on Workload Demands in Professional Basketball Players during the Preseason Phase.**

---

**Objetivo:** Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la carga de trabajo interna/externa de jugadores de baloncesto profesionales durante la pretemporada y evaluar los efectos de la altitud y la posición de juego.

**Método:** Doce jugadores profesionales de baloncesto masculino de primer nivel (Liga Endesa, ACB; bases:  $n=3$ , aleros:  $n=5$  y pívots:  $n=4$ ) participaron en un diseño de estudio cruzado compuesto por dos campos de entrenamiento con nueve sesiones durante 6 días. bajo dos condiciones diferentes: gran altitud (2320 m) y nivel del mar (10 m). Las cargas internas (frecuencia cardíaca, %HR<sub>MAX</sub>) y las cargas externas (distancias totales recorridas a través de umbrales de velocidad, aceleraciones/desaceleraciones, impactos y saltos) se cuantificaron mediante seguimiento portátil y telemetría de frecuencia cardíaca. MANOVA de medidas repetidas probó los efectos de altitud x posición de juego.

**Resultados:** La altitud aumentó la distancia total (+10%), las distancias de carrera a menor velocidad (+10–39%), las aceleraciones/desaceleraciones (+25–30%), la frecuencia cardíaca promedio (+6%), el tiempo en FC de mayor intensidad. zonas (+23–63%) y saltos (+13%) en todas las posiciones ( $p<0,05$ ). Existieron diferencias posicionales: los guardias corrieron más a alta velocidad y los centros exhibieron mayores demandas cardiovasculares ( $p<0,05$ ).

**Conclusión:** Un bloque de altitud de 6 días sobrecarga efectivamente el entrenamiento, proporcionando un estímulo para mejorar las capacidades físicas cuando se estructura adecuadamente. Monitorizar las cargas de trabajo e individualizar el entrenamiento según la posición de juego es importante a la hora de implementar el entrenamiento en altitud, dadas las variadas respuestas.

**Referencia:** Ibáñez, S. J., Gómez-Carmona, C. D., González-Espinosa, S., & Mancha-Triguero, D. (2024). Examining the Effects of Altitude on Workload Demands in Professional Basketball Players during the Preseason Phase. *Sensors*, 24(10), 3245. <https://doi.org/10.3390/s24103245>

#### **4. POSIBLES CONTRAINDICACIONES DEL USO DE LOS INSTRUMENTOS**

El dispositivo no contempla ninguna contraindicación de uso para deportistas o pacientes con alguna afectación. Sin embargo, el fabricante recomienda no utilizarlo en temperaturas inferiores a -10°C o superiores a 50°C. El principal motivo está relacionado con un posible error de medición y que afecte a su fiabilidad (Wimu Pro, 2023).

El dispositivo presenta el uso en 3 modos diferentes:

- En tiempo real, requiere el uso del router específico para conectarlo al software Spro. El uso es similar que el resto de los usos. Sin embargo, el análisis se realiza en el momento.

- Con sistema GPS. El modo de empleo en este sistema requiere que la actividad a realizar se haga en una instalación al aire libre (sin techo). La ausencia de señal GPS limita la capacidad de uso del dispositivo (pudiendo obtener todas las variables excepto obtenidas con el sensor de tracking, que obtiene las variables cinemáticas relacionadas con la distancia).
- Con sistema UWB. El modo de empleo de este sistema requiere la colocación de 8 antenas alrededor del campo/pista donde se realiza la actividad. Este modo de empleo está pensado principalmente para deporte/actividades que se realizan en pabellón. El uso de este sistema permite al dispositivo obtener información de todos los sensores y poder sacar el máximo rendimiento a la información que aporta el deportista.

## II. MANEJO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

### 1. COMPONENTES Y DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO Y SOFTWARE

Sensores de Seguimiento (Tracking):

- Sensor Ultra Wide Band para posicionamiento indoor (de 10 a 1000 Hz).
- Sensor GNSS/GPS para posicionamiento outdoor (18 Hz).
- Sensores Inerciales:
- Un barómetro (para analizar acciones con  $\pm 120$  kPa).
- Tres giroscopios 3D (funcionando a una potencia de 1000Hz pueden analizar hasta 8000º por segundo).
- Seis acelerómetros triaxiales por rangos para mejorar la precisión (tres acelerómetros 3D para recibir fuerzas de hasta 16G, tres acelerómetros 3D para recibir fuerzas de hasta 400G trabajando a una potencia de 1000Hz).
- Un magnetómetro 3D (para analizar acciones con  $\text{Å}$  } 8 Gauss trabajando el dispositivo a una potencia de 100 Hz).

Otras Especificaciones:

- Peso aproximado de 70 gramos y un tamaño de 15mm en su parte más ancha.
- Puerto USB 2.0 de alta velocidad.
- Cuatro modos de monitorización en tiempo real (Wifi/ Bluetooth 4.1/ ANT+/ BLE).
- Pantalla OLED.
- Procesador Intel Atom 2 Cores 1 Ghz.
- Sistema operativo Linux.
- Se mantiene fijado al deportista mediante un arnés específico y ajustado (añadir figura del dispositivo y puesto en el arnés).

## 2. MONTAJE Y DESMONTAJE

El dispositivo debe encenderse y colocarse en el arnés sujeto al deportista. Es recomendable que desde el encendido hasta su colocación en el deportista pase al menos 3-5 minutos. En cuanto a su desmontaje, no existe ningún aspecto a tener en cuenta y tan sólo se debe secar con una toalla seca para eliminar el sudor del deportista si está húmedo. Para el encendido, se pulsa en una ocasión el único botón que tiene el dispositivo y que se encuentra en la parte frontal. Para iniciar la grabación, se pulsa en otra ocasión (explicación en el apartado siguiente). Para finalizar el proceso y apagar el dispositivo, se pulsa en 3 ocasiones seguidas el botón de la parte frontal.

## 3. CONDICIONES A TENER EN CUENTA PARA QUE LAS MEDIDAS SEAN FIABLES Y VÁLIDAS

Se recomienda realizar el encendido en una superficie estable, esperar unos segundos para que el dispositivo conecte todos los sensores. Este momento se marcará con una luz de color azul en modo intermitente. Si el dispositivo lleva mucho tiempo sin usarse, es recomendable encenderlo en una superficie estable y alejado de cualquier edificio alto durante 5-10 minutos. Pasado ese tiempo, el dispositivo debe de mostrar la luz intermitente de color azul y aparecerá también una luz intermitente verde (señal de que tiene conexión con satélites y el sistema GPS está correcto). A partir de ese momento, se puede iniciar la grabación. Para conocer si se está grabando, el dispositivo emitirá de forma intermitente señales azul, verde y roja (esta última representa que está en modo grabación) (Figura 1).

### Figura 1

Representación gráfica de los colores que debe mostrar el dispositivo durante el uso



*Nota. Extraído de [https://manuals.plus/es/hudi/wimu-pro-wearable-devices-manual#google\\_vignette](https://manuals.plus/es/hudi/wimu-pro-wearable-devices-manual#google_vignette) (consultado el 2 de junio de 2024).*

## 4. MANTENIMIENTO/BUENAS PRÁCTICAS, CON ESPECIAL ATENCIÓN A ALGUNOS DE LOS ELEMENTOS DEL HARDWARE O/Y SOFTWARE QUE HAYA QUE TRATAR CON ESPECIAL CUIDADO

El cuidado y mantenimiento del dispositivo son de vital importancia para garantizar su uso prolongado en el tiempo y que la calidad de los resultados obtenidos sea óptima debido a la multitud de sensores con los que cuenta este instrumental. Para ello, se tendrán las siguientes consideraciones:

1. Almacenamiento: El dispositivo debe almacenarse en un lugar seco y protegido de temperaturas extremas o la luz solar directa.
2. Limpieza: Cuando se finaliza de utilizar, es importante el proceso de limpieza que se debe realizar. En la mayoría de las ocasiones, este instrumental va pegado al cuerpo y puede estar mojado de sudor. Para ello, antes de almacenar es importante que sea secado todas las zonas, poniendo mayor dedicación en la parte inferior (sensores eléctricos) y la zona de conexión (puerto de clavija tipo C).
3. Baterías: Las baterías no pueden separarse del dispositivo. Por tanto, es importante el correcto uso, puesto que siendo un instrumental portátil que se emplea en periodos largos de tiempo, la batería puede condicionar su uso. Es importante, al igual que con dispositivos electrónicos cuidar los ciclos de carga y realizar cargas completas de la batería.
4. Calibración: El dispositivo puede calibrarse de forma manual o de forma automática. Si lleva mucho tiempo sin encenderse o utilizarse, se recomienda realizarlo de forma automática. Para ello, se encenderá el dispositivo en una zona al aire libre sin edificios altos cerca y se le dejará en una superficie estable encendido durante 10-15 minutos aproximadamente.
5. Protección: Aunque el dispositivo está preparado para el uso en entornos deportivos. Es importante tener excesivo cuidado con caídas o golpes bruscos, puesto que pueden afectar al dañado o rotura de algún componente interior.

Todas estas pautas ayudarán al correcto uso, obtención de resultados y prolongar la vida útil del dispositivo.

### **III. PROTOCOLO**

#### **1. PRUEBA/PROTOCOLO/OBJETIVO DE LA TOMA DE DATOS A REALIZAR**

En primer lugar, encender el dispositivo y colocar arnés al deportista. Pasado unos segundos, el dispositivo emitirá de manera intermitente una luz azul de color azul. Esa luz informa de que el dispositivo está encendido. Seguidamente, cuando el dispositivo conecte con alguno de los sensores de tracking (seguimiento) emitirá una luz verde (en la pantalla muestra un signo similar al de google maps). Por último, para comenzar la grabación de los datos, se pulsará de forma larga durante 1-2 segundos el único botón con el que cuenta el dispositivo. a continuación, aparecerá una luz roja. En ese momento, el dispositivo ya está apto para utilizar y grabar la información. Durante su utilización, el dispositivo irá alternando las luces de color azul, verde y rojas de manera intermitente (mostrado en la figura 1).

Cuando se finaliza la grabación, se extrae del arnés del jugador y se pulsa de forma rápida en 3 ocasiones para apagarlo. Posteriormente, para analizar la información, se conecta al ordenador mediante un cable Tipo C y se trabaja como

si fuese un pendrive o disco duro. Se accede al dispositivo y los archivos vendrán almacenados en función de la fecha (mes y año).

Localizado el archivo, se clicla 2 veces sobre él y se abrirá en el software Spro (Software de análisis del instrumental).

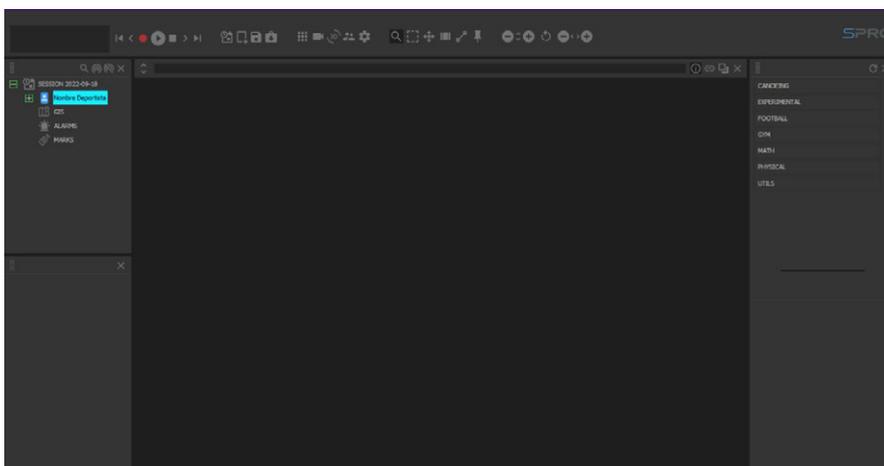
## 2. PREPARATIVOS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

El dispositivo aporta principalmente 2 usos. uno de ellos es el visionado de las variables a tiempo real (mediante el software Svivo). el segundo de los visionados y análisis detallados de la información se realiza al finalizar la sesión (mediante el software Spro).

Obtenido el archivo, se clicla y se abre en el software Spro.

### Figura 2

*Representación gráfica del Software SPro en su pantalla inicial*

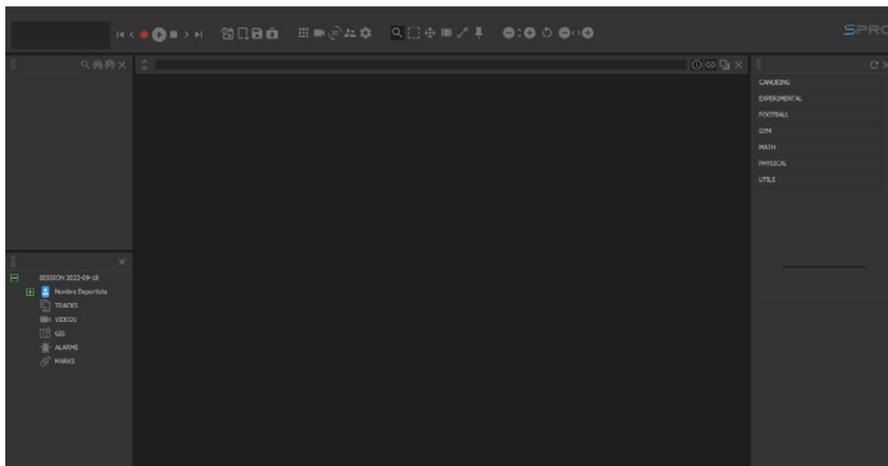


*Nota. Para desplazar el archivo se clicla y se arrastra de una pantalla a otra. Elaboración propia.*

Inicialmente, el archivo aparecerá en sesión. Clicla sobre el cuadrado azul claro y arrastramos a la pestaña de abajo llamada análisis (modo análisis). Si no arrastramos el archivo no funcionará.

**Figura 3**

*Representación gráfica del proceso que se debe realizar para pasar al modo análisis*

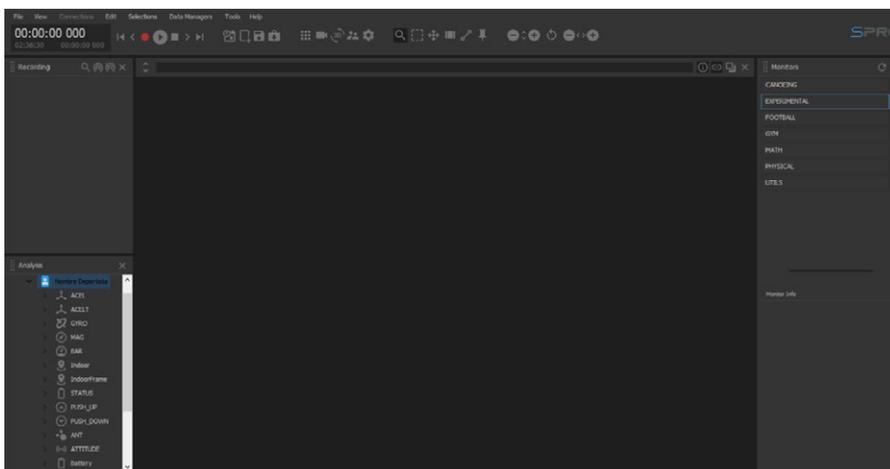


*Nota. Cuando el archivo se encuentra en el modo análisis, se puede seleccionar el sensor que se quiere analizar. Elaboración propia.*

Con el archivo en el modo análisis, debemos elegir que sensor queremos tener en cuenta en el análisis. Para ello, se clicca sobre el signo “+” que se encuentra a la izquierda del archivo y saldrá un desplegable hacia abajo con todos los sensores.

**Figura 4**

*Representación gráfica de algunos de los sensores que han grabado y almacenado información*

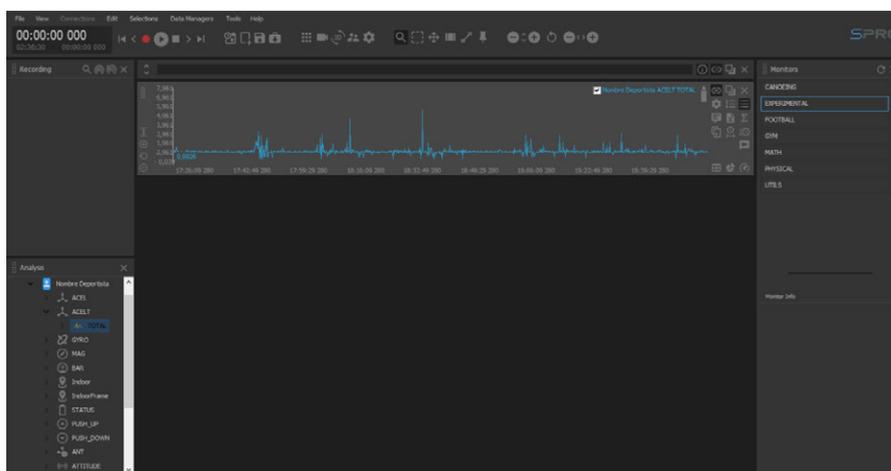


*Nota. Clicando sobre el sensor, se puede tener acceso a información relacionada con ese sensor. Elaboración propia.*

Seguidamente, se debe seleccionar el monitor que se desea evaluar. En función del monitor, las variables que mostrará serán diferentes. El monitor experimental está diseñado para evaluar pruebas concretas (cmj, hamstring, cod, ...). Si por el contrario queremos analizar una práctica deportiva (entrenamiento o partido) de cualquier deporte, se debe seleccionar el monitor football.

### Figura 5

*Representación gráfica de la línea del tiempo y actividad del deportista analizado*

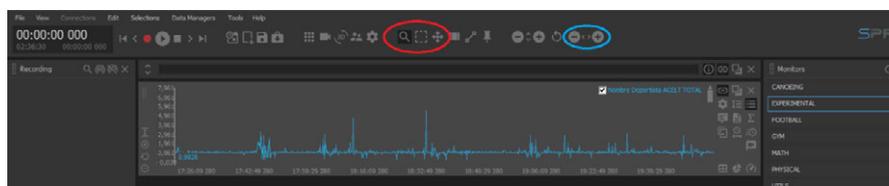


*Nota. Se muestra la actividad grabada en cada uno de los sensores que contiene el dispositivo. Elaboración propia.*

En la pantalla central aparecerá una línea temporal con los datos en función de un sensor (en la imagen anterior se muestra el sensor acelt, aceleración total, que es las aceleraciones que realiza el deportista en los 3 ejes). Para ello, debemos tener en cuenta lo siguiente.

### Figura 6

*Representación gráfica del análisis del momento deseado de la actividad*

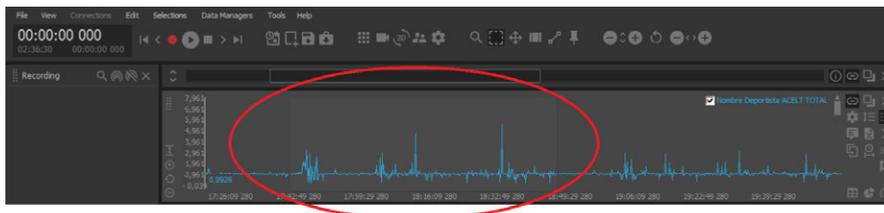


*Nota. El color rojo muestra el botón que permite la opción de seleccionar un periodo de tiempo concreto. En color azul permite la opción de hacer mas grande o pequeño ese periodo. Elaboración propia.*

Por un lado, en el círculo rojo se muestran 3 botones muy importantes. La lupa ayuda a agrandar la línea y detectar mejor algunos sucesos. El cuadrado se utiliza para marcar un periodo de tiempo (se clicca en el inicio y se queda arrastrado hasta el final). Si se elige esta opción sólo se analizará lo sucedido en el periodo de tiempo seleccionado. La flecha de cuatro direcciones ayudará a avanzar o

retroceder en la línea del tiempo. Por otro lado, en el círculo azul se encuentran un signo negativo “-” y uno positivo “+” que ayudarán en el análisis a acercar o alejar la línea del tiempo y facilitará que se detecte mejor las posibles variaciones en aceleraciones u otro sensor.

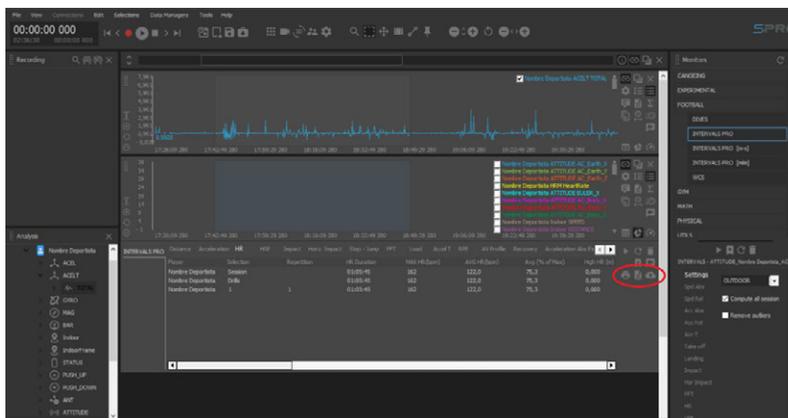
**Figura 7**  
*Representación gráfica del periodo de tiempo seleccionado*



*Nota. El tiempo y duración seleccionado dentro de una actividad se marca en un color sombreado. En la parte inferior de la zona marcada, se muestra la hora y el tiempo de duración de la selección. Elaboración propia.*

Para finalizar el análisis, aparecerá en la parte inferior (después de seleccionar el sensor y monitor que quiere analizar) los valores y diferentes pestañas que pueden seleccionar. se destacan 3 sobre el resto. Por un lado, se encuentra el símbolo de impresora (para imprimir la información), el símbolo de Excel (para exportar los datos en formato Excel y poder trabajar con ellos), y el símbolo de una nube con una flecha (para subirlo a la nube). Se recomienda clicar sobre el Excel para descargar en formato Excel los datos, puesto que para subirlo a la nube se debe tener usuario y contraseña.

**Figura 8**  
*Representación gráfica del proceso de obtención de los resultados*



*Nota. Seleccionado el periodo de tiempo que se desea, se procede a la elección del monitor que mejor representa esa actividad. Seguidamente en la parte inferior se clicca sobre el logo de Excel para la obtención de los resultados. Elaboración propia.*

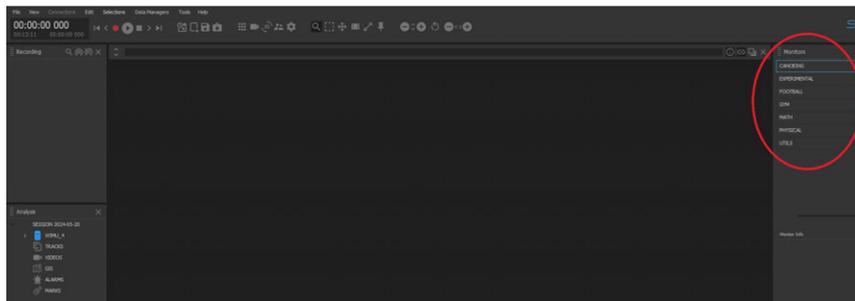
### 3. PROTOCOLO DE LA PRUEBA

El dispositivo presenta multitud de opciones de uso, desde una prueba aislada en laboratorio (evaluación de salto vertical o cmj) o de una actividad completa (deportes de equipo, remo, ...).

Estas actividades se encuentran prediseñadas a modo de monitores. Estos monitores pueden ser personalizados en función de la actividad o la muestra deportiva con la que se trabaje. Además, se puede crear y diseñar nuevos monitores si la actividad que se pretende analizar no puede ser evaluada con los monitores diseñados en la plataforma.

**Figura 9**

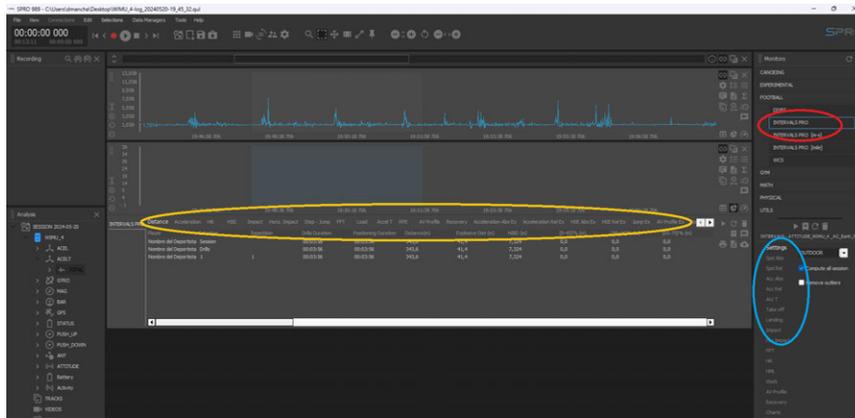
*Representación gráfica de los monitores que ofrece el software*



*Nota. Cada monitor contiene una lista desplegable que ofrece multitud de opciones para seleccionar. Elaboración propia.*

**Figura 10**

*Representación gráfica del análisis de una tarea seleccionada*



*Nota. En color rojo, se marca el monitor seleccionado. En color azul las variables que analiza ese monitor y permite personalizarse. En color amarillo clicando sobre las variables aporta los datos de esa variable o grupo de variable. Elaboración propia.*

Para seleccionar el monitor seleccionado, se clicla sobre el monitor y se arrastra hasta la pantalla central. Las variables se pueden personalizar los rangos y la selección de datos. Por último, las variables que aparecen en la pantalla central, cliclando sobre ellas se observan los resultados de esa variable concreta.

#### **4. EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS**

La extracción de la información para su análisis minucioso se puede realizar mediante dos opciones. La primera de ellas es con un cable (clavija tipo C) y conectando el dispositivo (por su lateral) al ordenador. La segunda opción es mediante la maleta de transporte, en la que insertas un dispositivo de almacenamiento de memoria (pendrive) y extraes el archivo. Seguidamente, en el ordenador se emplea el software Spro. Se carga la sesión, se coloca en el apartado de análisis y se accede al sensor o sensores que han obtenido la información. Además, para facilitar el análisis de los datos, existen monitores (previamente configurados) que permiten de forma rápida y sencilla calcular algunos parámetros concretos. Estos monitores vienen configurados por el fabricante, pero pueden ser modificados por el usuario en función de sus necesidades, deportistas o deporte.

### **IV. ALTERNATIVAS**

#### **1. DISPOSITIVOS MÓVILES. DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE Y VALIDACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS SIMILARES**

El principal objetivo de estos dispositivos es cuantificar la carga o conocer las demandas que le suponen a un deportista la realización de una práctica deportiva. Para ello, tradicionalmente se han empleado diferentes métodos o instrumentos como son la frecuencia cardíaca, la RPE o la cuantificación de carga de forma indirecta, SIATE (Ibáñez, Feu, & Cañadas, 2016). Para este último tipo, se emplea un documento Excel en el que se detallan diferentes variables a tener en cuenta y donde a cada variable se le puntúa con un número de 1 a 5 (1 es lo que requiere menor demandas y 5 lo que más). Las variables analizadas son: i) Grado de Oposición; ii) Densidad; iii) % de Ejecutantes Simultáneos; iv) Carga Competitiva; v) Espacio de Juego; vi) Implicación cognitiva; vii) Carga total de la tarea; viii) Tiempo Total; ix) Tiempo de Explicación; x) Tiempo Útil; xi) Carga total ponderada por participantes; xii) Carga total ponderada por minuto. Además, se tendrá en cuenta el tiempo de duración y la participación de otros deportistas (deportistas participando/deportistas totales en la actividad). La suma de la puntuación de las variables analizadas, multiplicadas por el tiempo de duración y por la participación aportará un valor. Ese valor podría considerarse de forma subjetiva la cuantificación de carga de esa tarea. Para dotar de fiabilidad y calidad a este instrumento, Reina et al., (2019) demostraron la correlación entre los dispositivos IMUs, el uso de la frecuencia cardíaca y el sistema SIATE.

El instrumental mencionado anteriormente se caracteriza por ser de bajo coste y aunque no aporta tanta información, puede ser útil para entornos/equipos o contextos con bajos recursos económicos. Por el contrario, en contextos con alto nivel económico, existen diferentes marcas de dispositivos IMUs. Algunas que se pueden encontrar son Catapult, Playertek, StatSports, FieldWiz, Oliver, Fitogther OhCoach, Johan V5, McLloyd STv4, PlayR, Quantrax, Sonda Sports, SPT2 o VX Sport (tiene diferentes gamas de producto). Es importante conocer que el precio del

dispositivo es variado dependiendo de la marca, la cantidad de variables que pueda evaluar o la calidad del dato (precisión y número de datos por segundo que registra).

## V. REFERENCIAS

- Gómez-Carmona, C. D., Mancha-Triguero, D., Pino-Ortega, J., Ibáñez, S. J. (2022). Characterization and sex-related differences in the multi-location external workload profile of semiprofessional basketball players A cross-sectional study. *European Journal of Sport Science*, 22(12), 1816-1826. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.2009040>.
- Hernández-Belmonte, A., Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C. D., & Pino-Ortega, J. (2018). Validity and reliability of an inertial device (WIMU PROTM) to quantify physical activity level through steps measurement. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(4), 587-592. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.18.08059-3>
- Ibáñez, S. J., Feu, S., & Cañadas, M. (2016). Sistema integral para el análisis de las tareas de entrenamiento, SIATE, en deportes de invasión. *E-balonmano com*, 12(1), 3-30.
- Ibáñez, S. J., Gómez-Carmona, C. D., González-Espinosa, S., & Mancha-Triguero, D. (2024). Examining the Effects of Altitude on Workload Demands in Professional Basketball Players during the Preseason Phase. *Sensors*, 24(10), 3245. <https://doi.org/10.3390/s24103245>
- Ibáñez, S. J., Piñar, M. I., García, D., & Mancha-Triguero, D. (2023). La Condición Física como Predictor del Rendimiento durante la Competición en Jugadoras Profesionales de Baloncesto Femenino. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20 (2), 988. <https://doi.org/10.3390/ijerph20020988>
- Machado, T., Serrano, J., Pino-Ortega, J., Silveira, P., Antúnez, A., & Ibáñez, S. J. (2022). Analysis of the Objective Internal Load in Portuguese Skydivers in the First Jump of the Day. *Sensors*, 22(9), 3298. <https://doi.org/10.3390/s22093298>
- Morales, A., & Álvarez, M. E. (2009). La individualización en la planificación del entrenamiento deportivo: Necesidad impostergable y evolución de las alternativas de solución. *PODIUM-Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física*, 4(1), 291-301.
- Muñoz-López, A., Granero-Gil, P., Pino-Ortega, J., & De Hoyo, M. (2017). The validity and reliability of a 5-hz GPS device for quantifying athletes' sprints and movement demands specific to team sports. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(1), 156-166. <https://doi.org/10.14198/jhse.2017.121.13>
- Oliva-Lozano, J. M., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Fortes, V., & Pino-Ortega, J. (2020). Worst case scenario match analysis and contextual variables in professional soccer players: a longitudinal study. *Biology of Sport*, 37(4), 429-436. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.97067>
- Pino-Ortega, J., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2018). Validity and reliability of the WIMU inertial device for the assessment of the vertical jump. *PeerJ*, 6, e4709. <https://doi.org/10.7717/peerj.4709>

Reina, M., Mancha-Triguero, D., García-Santos, D., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2019). Comparación de tres métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento en baloncesto. *RICYDE. Revista internacional de Ciencias del Deporte*, 15(58), 368-382. <https://doi.org/10.5232/ricyde2019.05805>

## CAPÍTULO X

---

# Dispositivos para la evaluación de la fuerza

**Alberto Sánchez-Sixto<sup>1,2,3,4</sup>**

**Eduardo Salazar Martínez<sup>1,3,5</sup>**

**Carlos Cepeda Sánchez<sup>1</sup>**

**Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU  
Andalucía<sup>1</sup>**

*Facultad de Humanidades, Educación y Deporte. Universidad CEU Fernando III, CEU  
Universities<sup>2</sup>*

*Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide<sup>3</sup>*

*Grupo de investigación CTS-948, Universidad Pablo de Olavide<sup>4</sup>*

*Grupo de investigación HUM-1055, Universidad de Sevilla<sup>5</sup>*

[asanchezsixto@ceu.es](mailto:asanchezsixto@ceu.es)

[esalazar@ceu.es](mailto:esalazar@ceu.es)

[ccepeda@ceu.es](mailto:ccepeda@ceu.es)

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. CONSIDERACIONES ACADÉMICAS Y CIENTÍFICAS DEL USO DEL DISPOSITIVO

Uno de los desafíos principales que confrontan hoy en día los entrenadores de fuerza y acondicionamiento físico es determinar de manera precisa y objetiva la carga realizada por los atletas para optimizar al máximo su rendimiento.

La medición de la velocidad a la que se ejecuta cada repetición ha demostrado ser una referencia válida para cuantificar y monitorizar el esfuerzo real que está realizando el deportista durante un entrenamiento de fuerza (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Existen varias metodologías que permiten conocer la velocidad de ejecución mientras desplazamos una carga en un ejercicio, tales como plataformas de fuerza (Hori et al., 2007), aplicaciones que utilizan cámaras de vídeo (Balsalobre-Fernández et al., 2020), transductores lineales (Riscart-López et al., 2021) etc. A lo largo de este capítulo se abordará el funcionamiento de transductores lineales, en concreto se describirá detalladamente el funcionamiento, montaje y manejo del *T-FORCE* (Dynamic Measurement System, Ergotech, Murcia, España). Este tipo de instrumentos de medición permiten conocer la velocidad de ejecución de ejercicios de fuerza de una manera rápida y sencilla, lo que supone un gran avance para entrenadores, preparadores físicos y científicos del deporte.

Durante los últimos años, se ha producido un estudio profundo dentro de la comunidad científica con respecto al uso y aplicabilidad de este tipo de dispositivos (Zhang et al., 2022). De una forma más concreta, los transductores lineales

permiten: (1) poder estimar con gran precisión la repetición máxima (RM) de un sujeto en un ejercicio concreto sin tener que realizarla, (2) conocer con una alta precisión la intensidad, y más concretamente, el porcentaje de la RM (%RM) a la que se está ejercitando un deportista, (3) programar y controlar el grado de fatiga que queremos generar durante el entrenamiento de fuerza (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Todo esto es posible gracias a dos factores, el primero, la posibilidad de poder medir la velocidad a la que se desplaza la carga. El segundo, el hecho de que el deportista desplace la carga a la máxima velocidad posible de forma voluntaria.

El *T-FORCE* es un transductor de velocidad lineal que está conectado a un ordenador mediante una placa de adquisición de datos que registra datos analógicos y los convierte en digitales (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010).

### Figura 1

*Componentes del T-Force*



Este sofisticado sistema es una herramienta esencial para el entrenamiento de fuerza. La información proporcionada por el *T-FORCE* es de gran utilidad para el preparador físico ya que, junto con el conocimiento necesario que se debe aplicar, es posible controlar y programar el entrenamiento de manera eficaz y precisa. La gran aportación de este sistema es la identificación automática de las repeticiones y fases de un ejercicio, ofreciendo datos en tiempo real al entrenador y al atleta sobre los aspectos clave de cada repetición, tales como la velocidad de ejecución.

En la práctica, el *T-FORCE* nos permite poder evaluar con gran una alta fiabilidad y seguridad el rendimiento de nuestros deportistas. De igual modo, permite controlar y prescribir el entrenamiento con gran precisión, así como monitorizar cambios en el rendimiento deportivo a lo largo del tiempo. En los siguientes apartados de este capítulo, se abordarán aspectos relacionados con el montaje, funcionamiento y manejo del transductor lineal *T-FORCE*.

## 2. MEDIDAS O DATOS QUE EXTRAER EL DISPOSITIVO

El transductor lineal es un dispositivo que permite medir de manera directa la velocidad a la que se estira o retrae un cable a través de un tacogenerador de alta precisión. Fijando el cable a una barra o a cualquier objeto que se pretenda desplazar, se puede conocer la velocidad a la que se ha realizado una repetición de un ejercicio. Conociendo la velocidad y la carga que se desplaza, se calculan multitud de variables biomecánicas que son de gran relevancia para analizar con profundidad la acción que se pretenda medir. En la Tabla 1 se detallan las variables más relevantes que se pueden obtener del software del *T-FORCE* durante la fase de subida, aunque el dispositivo también nos permite conocer la información en la fase de bajada del movimiento.

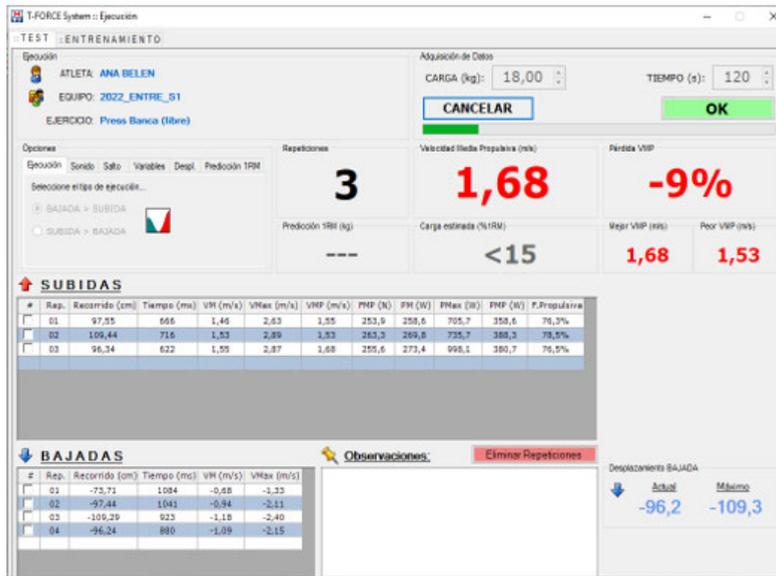
**Tabla 1**

*Descripción de variables aportadas por el dispositivo T-Force en la fase de subida*

VARIABLE	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
Recorrido	Rec (cm)	Distancia en la que la barra es desplazada
Tiempo	T (ms)	Tiempo total desde el inicio del movimiento hasta el final, tanto de la fase de subida como de la fase de bajada del movimiento.
Velocidad media	VM (m/s)	Velocidad media conseguida
Velocidad máxima	VMax (m/s)	Velocidad máxima alcanzada
Velocidad media propulsiva	VMP (m/s)	Velocidad media conseguida en la fase de propulsión
Fuerza media propulsiva	FMP (N)	Fuerza media alcanzada en la fase de propulsión
Potencia media	PM (W)	Potencia media alcanzada durante el recorrido completo
Potencia máxima	PMax (W)	Potencia máxima alcanzada durante el recorrido completo
Potencia media propulsiva	PMP (W)	Potencia media alcanzada en la fase de propulsión

En la Figura 2 se pueden observar los datos que el sistema puede aportar en tiempo real mientras el participante está ejecutando el ejercicio.

**Figura 2**  
Pantalla del software del T-FORCE durante una medición



### 3. INVESTIGACIONES QUE USAN DISPOSITIVOS SIMILARES

Título: **Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010).**

**Objetivo:** Examinar la posibilidad de utilizar la velocidad del movimiento como indicador de la carga relativa en el ejercicio de press de banca.

**Método:** Ciento veinte hombres entrenados en fuerza realizaron una prueba (T1) con cargas crecientes para la determinación individual del perfil de velocidad de carga máxima (1RM) y de carga completa. Cincuenta y seis sujetos realizaron la prueba en una segunda ocasión (T2) después de 6 semanas de entrenamiento.

**Resultados:** Se observó una relación muy estrecha entre la velocidad de propulsión media (MPV) y la carga (%1RM) ( $R^2 = 0,98$ ). La velocidad media alcanzada con 1RM fue de  $0,16 \pm 0,04$  m·s<sup>-1</sup> y se encontró que influye en la MPV alcanzada con cada %1RM. A pesar de un aumento medio del 9,3% en 1RM de T1 a T2, la MPV por cada %1RM se mantuvo estable. También se confirmó la estabilidad en la relación carga-velocidad independientemente de la fuerza relativa individual. Estos resultados confirman una relación inextricable entre carga relativa y MPV en el press de banca.

**Conclusiones:** Los principales hallazgos del presente estudio fueron que: 1) existe una relación inextricable entre la carga relativa y la velocidad media que nos permite utilizar una para estimar la otra con gran precisión; y 2) las velocidades medias alcanzadas con cada % de 1RM pueden diferir muy ligeramente debido a diferencias en V1RM.

**Aplicaciones prácticas:** 1) evaluar la fuerza máxima sin necesidad de realizar un test de 1RM, o test de número máximo de repeticiones hasta el fallo (XRM); 2) determinar el %1RM que se está utilizando tan pronto como se realiza la primera repetición con cualquier carga determinada; 3) prescribir y monitorear la carga de entrenamiento según la velocidad, en lugar de porcentajes de 1RM o XRM.

**Referencia:** González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>.

---

Título: **Entrenamiento combinado de fuerza y ejercicios de saltos, efectos sobre el rendimiento en el salto vertical en un grupo de alto nivel de jugadores de voleibol durante una temporada completa de competición (García Asencio et al., 2015).**

---

**Objetivo:** examina los efectos del entrenamiento combinado de ejercicios de fuerza y salto sobre el rendimiento en salto vertical, en un grupo de jugadores masculinos de voleibol de élite senior durante una temporada de competición completa.

**Método:** Doce jugadores profesionales de voleibol participaron en este estudio. El rendimiento se midió mediante la altura (cm) del salto sin carga (CMJ) y con carga (CMJloaded), y por la velocidad de desplazamiento en fase concéntrica de la sentadilla completa (FS) (m/s). El entrenamiento tuvo lugar 2 días/semana, 16 semanas (2 ciclos / 8 semanas, 1 semana de descanso). Los ejercicios de fuerza fueron: FS, 3-4 series / 4-6 repeticiones, 50% al 65% de 1RM; cargada de fuerza, 3 series / 4-6 repeticiones, con máxima carga que permite ejecución técnica correcta; saltos con carga, 3-4 series / 4-5 repeticiones, 50%-80% carga con la que alcanzaron una altura de unos 20 cm.; salto sin carga, 3-4 series / 5 repeticiones.

**Resultados:** Hubo un aumento significativo en CMJ y CMJloaded (7,12% y 9,78%;  $p < 0,01$ ; respectivamente). No se observaron cambios significativos en la FS (1,66%;  $p > 0,05$ ).

**Conclusiones y aplicaciones prácticas:** Nuestros resultados sugieren que el uso de cargas moderadas podría producir resultados similares en el rendimiento del salto vertical al uso de cargas elevadas, ya que en nuestro estudio no se superó una carga equivalente al 65% de 1RM en FS y los ejercicios de salto se realizaron con cargas ligeras. . Estos resultados indican que la especificidad del entrenamiento, que en este caso se expresa por la proximidad de las velocidades de ejecución de los ejercicios de entrenamiento a la velocidad de ejecución del salto vertical, es determinante para el rendimiento.

**Referencia:** García Asencio, C., Sánchez Moreno, M., & González Badillo, J. J. (2015). Entrenamiento combinado de fuerza y ejercicios de saltos, efectos sobre el rendimiento en el salto vertical en un grupo de alto nivel de jugadores de voleibol durante una temporada completa de competición. *Retos*, 29, 140–143. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i29.41305>.

---

**Título: Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations (Pareja-Blanco et al., 2017).**

---

**Objetivo:** Comparar los efectos de dos programas de entrenamiento de fuerza (RT) que sólo difieren en la pérdida de velocidad de repetición permitida en cada serie: 20% (VL20) frente a 40% (VL40) en las adaptaciones estructurales y funcionales de los músculos.

**Método:** Veintidós varones jóvenes fueron asignados aleatoriamente a un grupo VL20 (n = 12) o VL40 (n = 10). Los sujetos siguieron un programa de RT basado en la velocidad de 8 semanas utilizando el ejercicio de sentadilla mientras monitoreaban la velocidad de repetición. Las evaluaciones previas y posteriores al entrenamiento incluyeron: imágenes por resonancia magnética, biopsias del vasto lateral para el área de sección transversal del músculo (CSA) y análisis del tipo de fibra, fuerza máxima de una repetición y perfil de sentadilla con carga completa y velocidad, salto con contramovimiento (CMJ) y carrera de velocidad de 20 m.

**Resultados:** VL20 resultó en ganancias de fuerza en sentadilla similares que VL40 y mayores mejoras en CMJ (9,5% vs 3,5%,  $P < 0,05$ ), a pesar de que VL20 realizó un 40% menos de repeticiones. Aunque ambos grupos aumentaron el CSA medio de la fibra y el volumen total del músculo cuádriceps, el entrenamiento con VL40 provocó una mayor hipertrofia del vasto lateral e intermedio que con VL20. El entrenamiento resultó en una reducción del porcentaje de cadena pesada de miosina IIX en VL40, mientras que se conservó en VL20.

**Conclusiones:** la acumulación progresiva de fatiga muscular, indicada por una pérdida de velocidad de repetición más pronunciada, aparece como una variable importante en la configuración del estímulo del ejercicio de fuerza, ya que influye en las adaptaciones neuromusculares funcionales y estructurales.

**Referencia:** Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>.

---

**Título: Effects of Velocity-Based Resistance Training on Young Soccer Players of Different Ages (González-Badillo et al., 2015)**

---

**Objetivo:** Este estudio tuvo como objetivo analizar el efecto del entrenamiento de fuerza basado en la velocidad con cargas moderadas y pocas repeticiones por serie combinado con saltos y sprint sobre el rendimiento físico en futbolistas jóvenes de diferentes edades.

**Método:** En este estudio participaron un total de 44 jugadores de fútbol juvenil de élite pertenecientes a 3 equipos: un equipo sub-16 (U16, n = 17) y un equipo sub-

18 (U18, n = 16) realizaron un programa de fuerza de velocidad máxima durante 26 semanas además del entrenamiento típico de fútbol, mientras que un equipo sub-21 (U21, n = 11) no realizó entrenamiento de fuerza. Antes y después del programa de entrenamiento, todos los jugadores realizaron una carrera de sprint de 20 m (T20), un salto con contramovimiento (CMJ), una prueba de carga isoinercial progresiva en sentadilla para determinar la carga que provocaba una velocidad de  $\sim 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (V1LOAD). y una prueba de campo incremental para determinar la velocidad aeróbica máxima (VAM).

**Resultados:** U16 mostró ganancias significativamente ( $p = 0,000$ ) mayores en V1LOAD que U18 y U21 (100/0/0%). Sólo el U16 mostró ganancias significativamente ( $p = 0,01$ ) mayores que el U21 (99/1/0%) en la altura del CMJ. El U18 obtuvo probablemente un mejor efecto en el rendimiento del CMJ que el U21 (89/10/1%). Los efectos beneficiosos sobre T20 entre grupos no estaban claros. El U16 mostró un efecto probablemente mejor en la VAM que el U21 (80/17/3%), mientras que el resto de las comparaciones no estaban claras. Los cambios en CMJ se correlacionaron con los cambios en T20 ( $r = -0,49$ ) y V1LOAD ( $r = 0,40$ ).

**Conclusiones:** En conclusión, el entrenamiento de fuerza basado en la velocidad con carga moderada y pocas repeticiones por serie parece ser un método adecuado para mejorar el rendimiento físico en futbolistas jóvenes.

**Referencia:** González-Badillo, J. J., Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Abad-Herencia, J. L., del Ojo-López, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2015). Effects of velocity-based resistance training on young soccer players of different ages. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(5), 1329-1338. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000764>

#### 4. POSIBLES CONTRAINDICACIONES DEL USO DE LOS INSTRUMENTOS

El *T-FORCE* no presenta contraindicaciones para su uso. De hecho, es un instrumento que puede servir tanto para el área de rendimiento deportivo (ya sea en deportes individuales o colectivos) como para el ámbito de la salud.

## II. MANEJO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

El *T-FORCE* es un dispositivo de medición portátil que no es complejo de utilizar siempre que se sigan una serie de consideraciones que se detallarán en este capítulo. Es importante tener en cuenta que es un dispositivo sensible, siendo su manejo y cuidado fundamentales para que no se deteriore y para que las mediciones obtenidas sean precisas y válidas. A continuación, se describen los componentes, se detallan los pasos a seguir para el montaje y desmontaje y se proponen una serie de recomendaciones para su buen uso y mantenimiento.

## 1. COMPONENTES Y DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO Y SOFTWARE

El *T-FORCE* se compone de una parte electromecánica (hardware: sensor+interface) y de un programa de ordenador (software) que registra los datos relativos a cada ejecución y nos lo muestra por pantalla.

De acuerdo con la información aportada por el fabricante (*T-FORCE System*), dentro de la parte electromecánica (hardware), se puede encontrar el transductor de velocidad, el cual contiene en su interior un tacogenerador altamente preciso que mide la velocidad de extensión o retracción del cable de 2 metros que tiene incorporado. Este sensor determina de manera directa la velocidad a la que se desplaza la carga en cada ejecución identificando automáticamente tanto la fase concéntrica como la excéntrica de cada ejecución, permitiendo el registro de distintas series.

El cable del transductor está hecho de acero inoxidable recubierto de nylon, con un grosor de 0,45 mm. Este cable es capaz de resistir altas aceleraciones, lo que lo hace adecuado para actividades deportivas intensas como tirones, levantamientos, saltos verticales, etc.

El hardware y el software están conectados a través de una interfaz, el cual incluye una tarjeta electrónica de adquisición de datos compuesta por un convertor A/D de 14 bits de resolución. Este convertor transforma la señal analógica del transductor en una señal digital que es recibida por el software.

El ordenador se conecta mediante un puerto USB, lo que permite transferir los datos de una manera muy rápida y segura. Por otro lado, ni el transductor ni la interfaz necesitan una toma de corriente externa, ya que se alimentan de manera directa del puerto USB del ordenador.

En cuanto al programa de ordenador (software), podemos optar por equipos que contengan un sistema operativo Microsoft Windows XP o Windows Vista. Es un programa que se ha diseñado para que sea muy intuitivo para el usuario y fácil de manejar y navegar una vez que estemos trabajando. De esta manera se puede controlar de manera sencilla los datos más importantes referentes a la ejecución del ejercicio que estemos dirigiendo. Además, los datos están disponibles de manera automática en cuanto acaba cada ejecución (aspecto que supone un gran ahorro de tiempo). Con esta herramienta también tenemos la posibilidad de generar un Excel con los datos obtenidos con un simple click, por lo que dichos datos pueden ser tratados más tarde a gusto de cada persona. Gracias a las funciones de análisis que nos ofrece, tanto en modo numérico como en gráfico, y a la información clara, precisa, rápida y detallada, el software es lo que hace al *T-FORCE* verdaderamente potente. Todo ello es de gran utilidad, no sólo para el entrenador que lo maneje con un fin de control y monitorización del entrenamiento, sino también para la persona que quiere tratar los datos con fines investigadores.

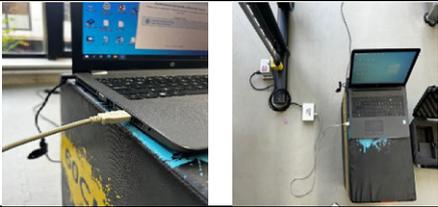
## 2. MONTAJE Y DESMONTAJE

### 2.1. PROTOCOLO MONTAJE HARDWARE

Para hacer un buen uso del *T-FORCE* y que la medición sea correcta, hay que tener en cuenta una serie de aspectos con relación a la colocación del transductor y la ejecución del ejercicio que se vaya a llevar a cabo.

**Tabla 2**

*Pasos para el montaje del hardware*

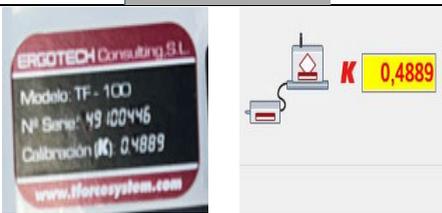
Nº	Descripción paso a seguir	Imagen ilustrativa
1	Conectar un extremo del cable negro al transductor y el otro extremo a la interfaz.	
2	Conectar el cable USB que sale de la interfaz al ordenador.	
3	Colocar el transductor en el suelo, haciendo que la salida del cable quede justo debajo de la barra.	
4	Fijar la parte superior del cable a la barra con la que se vaya a realizar el ejercicio, haciendo que el cable quede perpendicular al suelo.	

2.2. PROTOCOLO FUNCIONAMIENTO SOFTWARE

Para poner en funcionamiento el software se deben seguir unos pasos que garantizan la correcta recolección de datos. En la Tabla X se detallan de manera ordenada los pasos a seguir.

Tabla 3

Pasos a seguir para el buen funcionamiento del software

Nº	Descripción paso a seguir	Imagen ilustrativa
1	Hay que clicar en el apartado configuración en la página principal.	
2	En la pestaña “configuración del transductor” hay que introducir el valor de la constante de calibración “K”. Este número es específico para cada dispositivo y viene configurado de fábrica.	
3	El apartado “Ejecución” sirve para que inicialmente se introduzcan los datos que se necesitan para la realización del test.	

3. CONDICIONES A TENER EN CUENTA PARA QUE LAS MEDIDAS SEAN FIALES Y VÁLIDAS

Para realizar mediciones que sean fiables y válidas, es determinante que el cable se mantenga perpendicular al suelo durante todas las ejecuciones. Por ello, es recomendable hacer uso de una máquina Smith o multipower. Para no afectar a los resultados, la estructura debe tener el mínimo rozamiento posible y se tiene que conocer la carga exacta con la que se ejecuta el ejercicio. Esta información no es relevante para conocer la velocidad, pero es determinante para el cálculo de muchas de las variables que aporta el T-FORCE como la fuerza o la potencia. Por último, es importante resaltar que los participantes deben desplazar la carga a la

máxima velocidad voluntaria posible, ya que de lo contrario la obtención de estos datos carecerían de sentido alguno (Juan José González-Badillo et al., 2017).

#### 4. MANTENIMIENTO/BUENAS PRÁCTICAS

El mantenimiento y buen uso del *T-FORCE* es determinante para asegurarnos su funcionamiento y precisión. A continuación, se presentan algunas pautas a seguir:

1. Utilización: Para asegurar el mejor funcionamiento del dispositivo y alargar la vida del cable, durante la ejecución de los ejercicios, éste deberá colocarse siempre de tal manera que se mueva describiendo una trayectoria lo más vertical posible, procurando minimizar los desplazamientos anteroposteriores y rotacionales. Asimismo, hay que evitar doblar o retorcer el cable al colocarlo en el enganche.
2. Almacenamiento: se debe guardar en un lugar seguro y seco. A ser posible evitando un ambiente con temperaturas extremadamente frías o calientes.
3. Protección: se debe guardar en los estuches de protección especiales en los que los entrega el fabricante. Esto es fundamental ante golpes o caídas que podrían dañar el dispositivo.

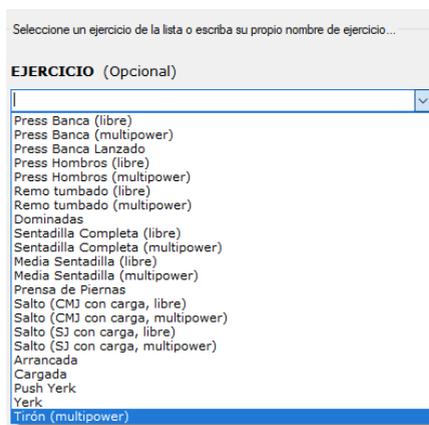
### III. PROTOCOLO

#### 1. PRUEBA/PROTOCOLO/OBJETIVO DE LA TOMA DE DATOS A REALIZAR

El *T-FORCE* está diseñado para utilizarlo en ejercicios en los cuales haya que vencer una carga en contra de la gravedad que siga una trayectoria vertical. En la Figura 3, se puede observar el conjunto de ejercicios que nos ofrece el software para poder realizar un test o un entrenamiento y así poder conocer en todo momento la velocidad a la que se desplaza la carga.

**Figura 3**

*Ejercicios disponibles para poder realizar un test con el T-FORCE*



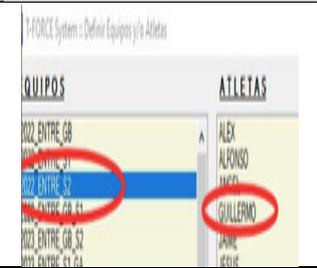
Entre los objetivos que se pueden establecer a la hora de utilizar este instrumento, podemos encontrar los siguientes:

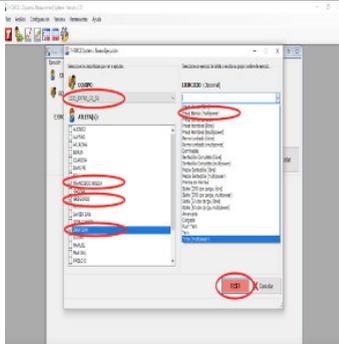
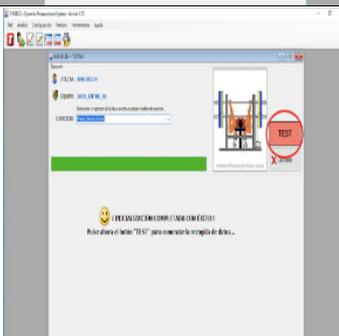
- Estimar la 1RM con cargas submáximas, evitando realizar una evaluación directa de la 1RM y, por tanto, eludiendo posibles lesiones por fatiga y por mala ejecución técnica, ahorrando tiempo y siendo más prácticos cuando trabajamos con grupos grandes.
- Conocer el %RM que representa una carga.
- Conocer el % de pérdida de velocidad en la serie. De este modo podemos saber con precisión el grado de esfuerzo que supone un entrenamiento. Además, gracias a ello sabemos que ante un mismo %RM no todos los sujetos pueden hacer el mismo número de repeticiones.

**PROTOCOLO PREPARACIÓN TEST**

**Tabla 4**

*Pasos a seguir para preparar el test*

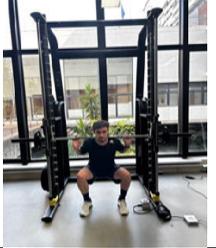
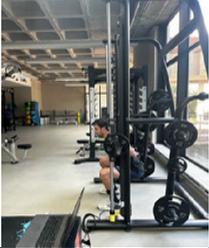
Nº	Descripción paso a seguir	Imagen ilustrativa
1	Hacer click en la figura de definir equipos y atletas.	
2	Pinchar en añadir y creamos un nuevo equipo con los participantes que vayan a realizar el test.	
3	Una vez creado el equipo, hay que volver a la pantalla principal y clicar en la figura de Test	

Nº	Descripción paso a seguir	Imagen ilustrativa
4	Seleccionamos el equipo creado, los atletas y el ejercicio que se va a realizar. Una vez hecho, le damos a Test.	
5	Clicar en Inicializar y una vez completada, clicar en Test.	
6	Llegado a este punto, el participante podría comenzar a realizar el ejercicio.	

## 2. PROTOCOLO DE LA PRUEBA

A continuación, se muestra un ejemplo de la ejecución del ejercicio de sentadilla en una máquina multipower.

**Tabla 5**  
*Secuenciación del ejercicio de sentadilla completa en multipower*

Nº	Secuenciación	Imagen ilustrativa	
1	Posición inicial.		
2	Posición intermedia.		
3	Posición final.		

**3. TIMELINE DEL PROCEDIMIENTO DE MONTAJE, PUESTA A PUNTO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS, TEST Y POSTERIOR EXTRACCIÓN DE DATOS**

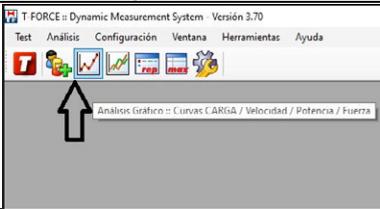
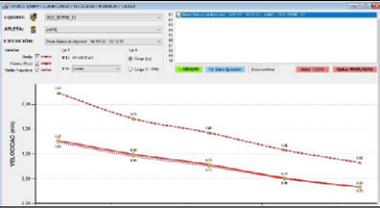
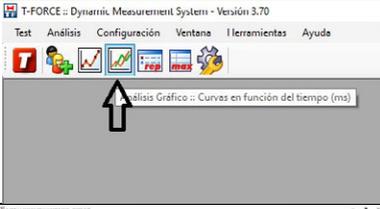
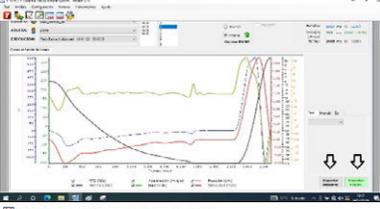
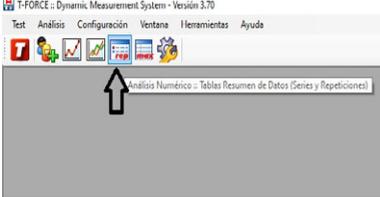
Para la medición de la sentadilla debemos de seguir los siguientes pasos:

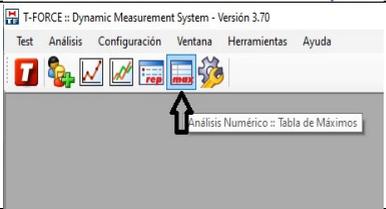
1. Colocar el dispositivo como se indica en la Tabla 2.
2. Encender el ordenador y preparar el software para la medición ajustada a las características del dispositivo como se indica en la Tabla 3.
3. Seleccionar la prueba y calibrar el dispositivo como se indica en la Tabla 4.
4. Colocar e instruir al participante para la ejecución de la sentadilla como se indica en la Tabla 5.
5. Extraer los datos que sean necesarios para su posterior interpretación como se indica en la Tabla 6.

#### 4. EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

La extracción y tratamiento de datos es un aspecto importante a tener en cuenta. Para un correcto análisis de la ejecución del participante el software nos permite observar información de manera inmediata y exportarla para trabajar con los datos en bruto. Esto se puede realizar siguiendo los pasos que aparecen en la Tabla 6.

**Tabla 6**  
*Extracción y visualización de los datos del T-FORCE*

Nº	Pasos a seguir	Imagen ilustrativa
1	Clicar en la primera pestaña de análisis gráfico para ver las curvas de carga, velocidad, potencia y fuerza.	
	Ejemplo de curva carga velocidad	
	Clicar en la segunda pestaña de análisis gráfico para ver las curvas en función del tiempo	
	Ejemplo curvas en función del tiempo	
	Clicar en el menú principal en el análisis numérico para ver la tabla resumen de datos	

Nº	Pasos a seguir	Imagen ilustrativa
	Ejemplo de la pantalla de resumen de datos por serie y repetición	
	Clickar en el menú principal en el análisis numérico para ver la tabla análisis de máximos	
	Ejemplo de la pantalla de resumen de datos máximos	

## IV. ALTERNATIVAS

### 1. DISPOSITIVOS MÓVILES. DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE Y VALIDACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS SIMILARES

Actualmente podemos encontrar en el mercado diferentes alternativas para conocer la velocidad de ejecución a la que se desplaza una carga durante el entrenamiento de fuerza. Existen dispositivos que incorporan un transductor lineal de velocidad (Gymaware; ADR Encoder), como tiene el *T-FORCE* (Thompson et al., 2020). Otros son dispositivos inerciales que incorporan acelerómetros, giróscopos y magnetómetros que integran los datos de aceleración con respecto al tiempo para calcular la velocidad de ejecución (PUSHbody, PUSHbar, Beast Sensor) (Thompson et al., 2020). Por último, podemos calcular la velocidad de ejecución de un ejercicio a través de apps desarrolladas para smartphones. Mediante la grabación de vídeo y calculando el tiempo de ejecución con un desplazamiento introducido previamente en la aplicación (Mylift) podemos estimar la velocidad media a la que se desplaza una carga en una serie de ejercicios concretos de fuerza (Balsalobre-Fernández et al., 2018). Se ha evaluado la fiabilidad y validez de estas alternativas observándose que pueden considerarse adecuadas para conocer la velocidad de ejecución de un ejercicio (Thompson et al., 2020). No obstante, es importante tener en cuenta que los estudios de validación de la aplicación Mylift fueron realizados con una cámara capaz de grabar a 240 fotogramas/segundos (FTS) (Balsalobre-Fernández et al., 2018). Utilizar móviles con cámaras que no alcanzasen 240 FTS podría provocar que las mediciones no fueran correctas.

También es importante destacar el hecho de tener que seleccionar manualmente el inicio y el fin de cada repetición puede resultar desfavorable para calcular la velocidad de ejecución, ya que ésta la calcula el software en función del desplazamiento y del tiempo. Por último, se debe tener en cuenta es que la obtención de la información es más tediosa con este tipo de alternativas, lo cual es compensado por el coste que tiene la aplicación en comparación con el valor del *T-FORCE*.

Enlace para descarga en dispositivos apple:

<https://apps.apple.com/es/app/my-lift-mide-tu-fuerza/id1104432787>

Enlace para descarga en dispositivos Android:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.powerlift&hl=es>

## V. REFERENCIAS

- Balsalobre-Fernández, C., Geiser, G., Krzyszkowski, J., & Kipp, K. (2020). Validity and reliability of a computer-vision-based smartphone app for measuring barbell trajectory during the snatch. *Journal of Sports Sciences*, 38(6), 710–716. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1729453>
- Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., & Jiménez, S. L. (2018). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of Sports Sciences*, 36(1), 64–70. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1280610>
- García Asencio, C., Sánchez Moreno, M., & González Badillo, J. J. (2015). Entrenamiento combinado de fuerza y ejercicios de saltos, efectos sobre el rendimiento en el salto vertical en un grupo de alto nivel de jugadores de voleibol durante una temporada completa de competición (Combined strength and jump exercises training,. *Retos*, 29, 140–143. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i29.41305>
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- González-Badillo, J., Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Abad-Herencia, J. L., Del Ojo-López, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2015). Effects of velocity-based resistance training on young soccer players of different ages. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1329–1338. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000764>
- González-Badillo, Juan José, Medina-Sánchez, L., Pareja-Blanco, F., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). La velocidad de ejecución como referencia para la programación , control y evaluación del entrenamiento de fuerza. In *Ergotech*.

- Hori, N., Newton, R. U., Andrews, W. A., Kawamori, N., Mcguigan, M. R., & Nosaka, K. (2007). Comparison of four different methods to measure power output during the hang power clean and the weighted jump squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 314–320. <https://doi.org/10.1519/R-22896.1>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
- Riscart-López, J., Rendeiro-Pinho, G., Mil-Homens, P., Soares-Dacosta, R., Loturco, I., Pareja-Blanco, F., & León-Prados, J. A. (2021). Effects of Four Different Velocity-Based Training Programming Models on Strength Gains and Physical Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 596–603. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003934>
- Thompson, S. W., Rogerson, D., Dorrell, H. F., Ruddock, A., & Barnes, A. (2020). The Reliability and Validity of Current Technologies for Measuring Barbell Velocity in the Free-Weight Back Squat and Power Clean. *Sports*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/sports8070094>
- Zhang, X., Feng, S., Peng, R., & Li, H. (2022). The Role of Velocity-Based Training (VBT) in Enhancing Athletic Performance in Trained Individuals: A Meta-Analysis of Controlled Trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9252. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159252>

## CAPÍTULO XI

---

# Plataforma de fuerzas

**Alberto Sánchez-Sixto<sup>1,2,3,4</sup>**

**Miguel Rodríguez-Rosal<sup>1,2</sup>**

*Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU  
Andalucía<sup>1</sup>*

*Facultad de Humanidades, Educación y Deporte. Universidad CEU Fernando III, CEU  
Universities<sup>2</sup>*

*Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide<sup>3</sup>*

*Grupo de investigación CTS598, Universidad Pablo de Olavide<sup>4</sup>*

[asanchezsixto@ceu.es](mailto:asanchezsixto@ceu.es)

[mrodriguezr@ceu.es](mailto:mrodriguezr@ceu.es)

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. CONSIDERACIONES ACADÉMICAS Y CIENTÍFICAS DEL USO DEL DISPOSITIVO

La plataforma de fuerzas es un dispositivo muy usado y aceptado en multitud de campos de investigación relacionados con las ciencias de la actividad física y del deporte y la salud (Claudino et al., 2017; Mitchell et al., 2021). Este dispositivo mide las fuerzas de reacción que se aplican contra su superficie, existiendo plataformas que solo registran las fuerzas de reacción verticales y otras plataformas capaces de medir en 3 ejes (vertical, antero-posterior y medio-lateral). Las plataformas de fuerzas permiten registrar una gran cantidad de datos al segundo con una excelente precisión. La mayoría suelen oscilar entre 500 Hz y 1000 Hz, lo que supone un total de 500 o 1000 datos al segundo, respectivamente.

La plataforma de fuerzas es considerada el gold standard a la hora de medir las fuerzas de reacción (Chen & Bates, 2000; Rogers et al., 2019). Este dispositivo tiene múltiples ventajas con respecto a otros sistemas de medición. Además de su fiabilidad y validez, una de las más destacadas es que al medir directamente la fuerza que se produce se pueden analizar acciones isométricas. Además, dentro de acciones que suponen movimiento, como puedan ser sentadillas, saltos, cambios de dirección, podemos obtener información previa a que el movimiento haya comenzado (Sánchez-Sixto & McMahon, 2022). Esto es de gran importancia, ya que permite analizar lo que está ocurriendo desde el inicio de la acción y no una vez que se ha producido el movimiento. Por otro lado, cuando tenemos plataformas capaces de registrar en 3 ejes, podemos realizar test de equilibrio, donde cobran gran importancia las fuerzas antero-posteriores y medio-laterales (Alsalaheen et al., 2015). Del mismo modo, puede ser de gran utilidad para valorar la capacidad de aceleración horizontal (Hunter et al., 2005), así como los cambios de dirección

(Condello et al., 2016). Todos estos aspectos, hacen de la plataforma de fuerzas un elemento fundamental en cualquier laboratorio de biomecánica en el que se quiera evaluar tanto el rendimiento deportivo como la ejecución de multitud de test enfocados al ámbito de la salud.

## 2. MEDIDAS O DATOS QUE EXTRAE EL DISPOSITIVO

La plataforma de fuerza es un dispositivo que lo único que mide son las fuerzas de reacción que se aplican sobre ella. No obstante, a partir de las fuerzas de reacción, se pueden obtener multitud de variables, las cuales se explicarán en esta sección. En este capítulo, debido a la extensión y a que su uso principal es la medición de fuerzas de reacción verticales (habiendo muchas plataformas que miden solo en el eje vertical) centraremos la exposición en las variables que se pueden obtener en el eje vertical.

Hay un último aspecto que es muy importante tener en cuenta antes de explicar las principales variables que se suelen medir con la plataforma de fuerzas. Todas las variables que se extraen de la plataforma de fuerzas hacen referencia al centro de masas del sistema (la persona más la carga que tiene durante la ejecución). En las variables de velocidad o desplazamiento, se considerará 0, el instante en el que comencemos el registro.

**Tabla 1**

*Definición de las principales variables extraíbles de una plataforma de fuerzas*

Variable	Descripción
<b>Fuerza</b>	
La fuerza de reacción que se ejerce sobre la plataforma es lo que registra la plataforma de fuerzas. A partir de esta se obtienen las diferentes variables relacionadas con la fuerza y el resto de las variables que se calculan a través de ella.	
Fuerza máxima	Es el valor más alto de fuerza que se registra durante la medición.
Fuerza media	Es el valor medio de fuerza que se registra durante la medición, en algunas acciones, como en los saltos, hace referencia a la fuerza media que se obtiene durante la fase de propulsión o subida.

Fuerza mínima	Es el valor más pequeño de fuerza, este valor no puede ser inferior a 0, ya que si la plataforma marca 0 significa que no hay nadie sobre ella, estando el participante en el aire. En acciones con salto, este valor se encuentra durante la fase de bajada o contramovimiento, ya que el valor inferior en cualquier acción que implique despegar de la plataforma siempre será 0. En este caso, ese valor no aportaría ninguna información, más allá de saber que la persona ha despegado de la plataforma.
Producción de fuerza en la unidad de tiempo (RFD)	La producción de fuerza en la unidad de tiempo hace referencia a la tasa de incremento de fuerza en un tiempo determinado. Este es un valor muy analizado, pero es muy importante saber cómo se ha calculado, ya que en función al tiempo que se utilice para determinar el incremento, los valores obtenidos pueden ser muy diferentes.
<b>Velocidad</b>	
La velocidad del centro de masas se calcula a través de los impulsos generados por las fuerzas de reacción. El impulso es el área que hay debajo de una curva fuerza-tiempo y se calcula integrando la fuerza a lo largo del tiempo. En primer lugar, se calcula la diferencia de la integral de las fuerzas de reacción producidas por la persona y la integral de las fuerzas de reacción del sistema en estático. De esta manera se obtiene el impulso neto, el cual al dividirlo entre la masa del sistema nos da la aceleración. A partir de la misma se calcula la velocidad del centro de masas en cada instante.	
Velocidad máxima	Es el valor más alto de velocidad positiva del centro de masas. La mayoría de las plataformas son capaces de calcularlo por si solas siguiendo lo explicado anteriormente.
Velocidad mínima	Es el valor más grande hacia el lado negativo del centro de masas. Esto es un parámetro bastante importante, principalmente en acciones que implican un contra movimiento.
Velocidad de despegue.	En acciones en las que el participante despegue de la plataforma podemos obtener la velocidad de despegue, definida como la velocidad del centro de masas justo en el instante de despegue.
<b>Potencia</b>	
La potencia es el producto de la fuerza y la velocidad. Teniendo en cuenta los apartados anteriores es suficiente con multiplicar la fuerza por la velocidad del centro de masas en cada instante. Estas medidas suelen relativizarse a la masa o al peso corporal. Es suficiente con dividir el valor de potencia obtenido entre la masa o el peso corporal del sistema.	

Potencia máxima positiva	La potencia máxima es el valor más alto de potencia obtenido y para ello es necesario que exista una velocidad del positiva.
Potencia media positiva	Es el valor medio de potencia positiva durante la fase de subida o propulsión de un movimiento.
Potencia máxima negativa	La potencia máxima negativa es el valor más alto de potencia hacia el lado negativo. Es necesario que exista una velocidad negativa del centro de masas, ya que es como hemos comentado anteriormente, las fuerzas de reacción verticales pueden ser como mínimo 0, en cuyo caso la potencia también sería cero, al ser el productor de la fuerza y la velocidad.
Potencia media negativa	Es el valor medio de potencia negativa durante la fase de baja o contramovimiento de una acción.
<b>Desplazamiento</b>	
Es el desplazamiento del centro de masas es el recorrido el centro de masas desde la posición inicial en la que estaba el sistema al inicio del registro hasta el punto de corte que determinemos. Es importante tener en cuenta lo siguiente, cuando se expresa el desplazamiento del centro de masas con una plataforma de fuerzas, se refiere a la diferencia desde el inicio hasta el punto de corte que se haya determinado. No se puede saber si el centro de masas del sistema está a una altura u otra, solo se puede conocer cuánto ha cambiado. Para conocer el desplazamiento, integramos los valores de velocidad a lo largo del tiempo para obtener la distancia.	
<b>Trabajo</b>	
El trabajo es el producto de la fuerza por el desplazamiento. Teniendo en cuenta los apartados anteriores es suficiente con multiplicar la fuerza por el desplazamiento del centro de masas en cada instante.	
Trabajo máximo positivo	El trabajo máximo positivo es el valor más alto hacia el lado positivo. Para ello, debe existir un desplazamiento del centro de masas positivo.
Trabajo medio positivo.	Es el valor medio del trabajo durante la fase de subida o propulsión del movimiento.
Trabajo máximo negativo	El trabajo máximo negativo es el valor más alto hacia el lado negativo. Para ello, debe existir un desplazamiento del centro de masas negativo.
Trabajo medio negativo.	Es el valor medio del trabajo durante la fase de bajada o contramovimiento de la acción.

Altura de salto
-----------------

<p>Incorporamos esta variable ya que es una de las más utilizadas cuando se utiliza una plataforma de fuerzas. La altura que se obtiene de la velocidad con la que se despega, esto es una gran ventaja, ya que no es relevante la caída para calcular la altura de salto, como ocurre con otros dispositivos. La mayoría de plataformas lo calculan a través de su software, la fórmula para calcularlo a través de la velocidad es la siguiente: <math>\text{Altura de vuelo} = v^2 / (2 \cdot g)</math> (<math>v</math> = velocidad de despegue; <math>g</math> = gravedad – <math>9.81\text{m}\cdot\text{s}^{-2}</math>). Debemos tener en cuenta que podemos obtener 2 alturas que son diferentes. Por un lado, la altura de vuelo, que es desplazamiento del centro de masas desde que se despega hasta el punto más alto del salto. Por otro lado, la altura máxima, que tiene en cuenta la altura de vuelo y la distancia recorrida desde la posición inicial hasta el despegue (es decir, la altura que ganamos al ponernos de puntillas).</p>
---

### 3. INVESTIGACIONES QUE USAN DISPOSITIVOS SIMILARES

---

Título: **Verbal instructions affect reactive strength index modified and time-series waveforms in basketball players (Sánchez-Sixto et al., 2024).**

---

**Objetivo:** El objetivo del estudio fue determinar los efectos de instrucciones verbales que tratan de afectar a la duración del contramovimiento del salto y su efecto sobre el índice reactivo de fuerza modificado (RSImod) y las curvas que se generan.

**Método:** 13 jugadores de baloncesto realizaron 6 saltos con contramovimiento (CMJ) con dos instrucciones verbales diferentes: “salta lo más alto posible (CMJhigh) y salta lo más alto y rápido posible (CMJfast). Las curvas de fuerza-, potencia-, velocidad-, y desplazamiento-tiempo, el RSImod y la altura de salto fueron comparados utilizando un análisis estadístico denominado statistical parametrical mapping (SPM).

**Resultados:** El CMJfast mostró valores superiores de RSImod ( $p = 0.002$ ) aunque no hubo diferencias en la altura de salto ( $p = 0.345$ ). La fuerza durante la fase de bajada anterior a la de frenado (entre el 18% y el 33% del tiempo total) fue menor en el CMJfast en comparación con el CMJhigh. Mayor fuerza (entre el 53% y el 63% del tiempo total), velocidad (entre el 31% y el 48% del tiempo total) y potencia (entre el 43% y el 56% del tiempo total) se encontró en el CMJfast en comparación con el CMJhigh.

**Conclusión:** estos resultados sugieren que indicar a los atletas que salten lo más alto y rápido posible incrementa la rápida producción de fuerza. Además, los resultados muestran la importancia de la fase de contramovimiento durante el salto vertical y muestran que el RSImod podría verse incrementado sin que existan modificaciones en la potencia generada durante la propulsión. A pesar de que estudios anteriores hubieran encontrado posibles asociaciones entre el RSImod y la potencia de la fase de propulsión, esto no siempre ocurre así.

**Referencia:** Sánchez-Sixto, A., McMahon, J. J., & Floría, P. (2024). Verbal instructions affect reactive strength index modified and time-series waveforms in basketball players. *Sports Biomechanics*, 23(2), 211-221. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1836252>.

---

**Título: Entrenamiento vibratorio en personas institucionalizadas mayores de 80 años para la mejora del equilibrio estático (Barbosa et al., 2016).**

---

**Objetivo:** el objetivo fue conocer si un programa de actividad física basado en entrenamiento vibratorio es capaz de mejorar el equilibrio estático consiguiendo así reducir el riesgo de caída en personas mayores de 80 años.

**Método:** 44 personas mayores de 80 años fueron aleatoriamente distribuidas en tres grupos: grupo vibración (GV), grupo sin vibración (GsV) o grupo control (GC), con el fin de determinar si un programa de ocho semanas de entrenamiento vibratorio tenía algún efecto sobre el equilibrio estático de estas personas. El entrenamiento vibratorio tuvo una frecuencia progresiva durante las ocho semanas de 30-35 Hz y una amplitud constante de cuatro mm. Se realizaron tres sesiones a la semana. La estabilidad postural fue medida a través de una plataforma de fuerza recogiendo los datos antero-posteriores (AP) y medio-laterales (ML), incluyendo distancia recorrida, velocidad media y amplitud de los ejes x e y para determinar así el centro de presiones (COP) en una posición estática. De los 44 participantes aleatorizados en alguno de los grupos de estudio, sólo 33 concluyeron todos los requisitos del mismo y fueron analizados.

**Resultados:** No se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables del estudio referidas a la estabilidad postural entre los grupos ( $p > .05$ ).

**Conclusión:** Este estudio no establece que un entrenamiento vibratorio de ocho semanas de duración pueda provocar mejoras en la postura estática en bipedestación de personas mayores de 80 años.

**Referencia:** Barbosa, F. A., Del Pozo Cruz, J., & Del Pozo Cruz, B. (2016). Whole body vibration in institutionalized older people over the age of 80 to improve static balance. *Retos*, 29, 38–41 <https://doi.org/10.47197/retos.v0i29.36387>.

---

**Título: Portable Force Plates: A Viable and Practical Alternative to Rapidly and Accurately Monitor Elite Sprint Performance (Loturco et al., 2018).**

---

**Objetivo:** Este estudio analizó las relaciones entre las variables mecánicas que se generan automáticamente en una plataforma de fuerzas y el rendimiento en velocistas profesionales sobre 150 metros.

**Método:** Para evaluar las correlaciones, 12 velocistas de élite realizaron saltos (sin y con contramovimiento, SJ y CMJ, respectivamente), un test de 60 metros y de 150 metros a sprint. Correlaciones y un análisis de regresiones múltiples se utilizaron

para determinar la relación entre las velocidades de sprint y los resultados de los test de salto.

**Resultados:** Los parámetros del SJ mostraron una asociación próxima a la perfección con las diferentes distancias de sprint, y la altura del SJ mostró una alta correlación ( $r = 0.90$  con velocidades de 10 y 20 metros). Los coeficientes de correlación del CMJ y el sprint variaron de moderado a muy largo (0.38 y 0.88). Finalmente, los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) tuvieron un rango de 0.71 a 0.85 en las múltiples regresiones realizadas incorporando las variables extraídas directamente de la plataforma de fuerzas.

**Conclusión:** La plataforma de fuerza puede dar valores rápidos y fiables del rendimiento de los deportistas. Debido a la gran correlación observada, los entrenadores deberían ajustar las estrategias de entrenamientos de sus atletas de velocidad utilizando las medidas obtenidas por las plataformas de fuerza para ser prácticos y ahorrar tiempo.

**Referencia:** Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Cal Abad, C. C., Fernandes, V., Ramirez-Campillo, R., & Suchomel, T. (2018). Portable force plates: A viable and practical alternative to rapidly and accurately monitor elite sprint performance. *Sports*, 6(3), 61 <https://doi.org/10.3390/sports6030061>.

#### 4. POSIBLES CONTRAINDICACIONES DEL USO DE LOS INSTRUMENTOS

La plataforma de fuerzas no es un instrumento que presente ninguna contraindicación para la población. Es utilizado en multitud de ámbitos, desde el rendimiento deportivo en equipos o con deportistas profesionales hasta en el ámbito de la salud con personas en edad avanzada o con patologías.

## II. MANEJO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

En el mercado hay multitud de plataformas de fuerza, con diferentes características y diferentes marcas, en este capítulo hablaremos de la plataforma accupower de AMTI (Accupower; AMTI, Watertown, MA, USA). Esta plataforma es capaz de registrar a una frecuencia de muestreo de 1000 Hz en tres ejes (X, Y, Z). En los siguientes apartados se describen sus componentes y modo de utilización.

### 1. COMPONENTES Y DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO Y SOFTWARE

La plataforma de fuerzas, además de la propia plataforma, cuenta con una serie de dispositivos y cables que son necesarios para su funcionamiento. Además, requiere de un ordenador con un software propio para la recogida, análisis y almacenamiento de los datos.

- Plataforma de fuerzas (Figura 1). Cuenta con unas dimensiones de 1016 x 762 x 127 mm, un peso de 27,30 kg. Tiene un total de 6 canales de salida con los que se obtienen datos de fuerza en los ejes X, Y y Z y momento de fuerza en los ejes X, Y y Z. Puede registrar a una frecuencia de muestreo de entre 10 – 1000

Hz, lo que significa que podemos obtener entre 10 y 1000 datos al segundo para cada uno de los ejes. La plataforma cuenta con unas ruedas y un mango que facilitan el transporte. También cuenta con 4 patas que son ajustables y que permiten equilibrar la plataforma en suelos que no estén totalmente rectos.

**Figura 1**  
*Plataforma de fuerzas*



- Keyspan USB to Serial Adapter (Figura 2). Este dispositivo es un adaptador que permite pasar la información de la plataforma al ordenador con una entrada de USB.

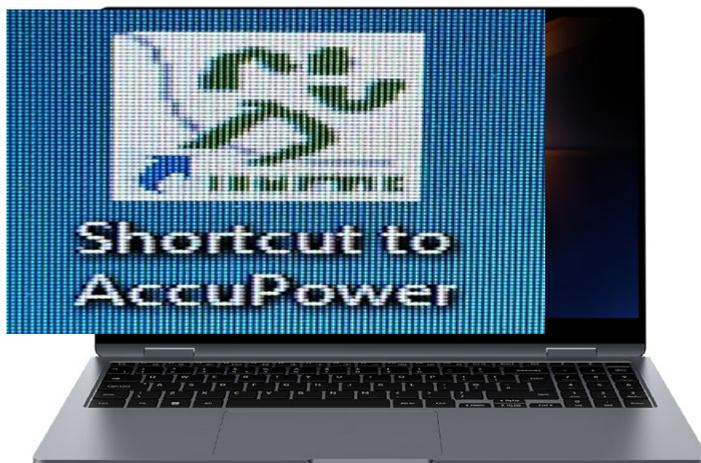
**Figura 2**  
*Keyspan USB to Serial Adapter*



- Ordenador portátil con el software Shortcut to AccuPower (Figura 3). Es necesario un ordenador, preferiblemente un portátil, ya que la plataforma tiene la posibilidad de transportarse y es frecuente su uso en diferentes lugares. Esto facilita que la recogida de datos pueda hacerse en lugares donde sea más accesible para diferentes poblaciones.

**Figura 3**

*Ordenador portátil y software AccuPower*



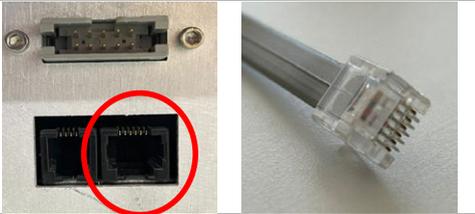
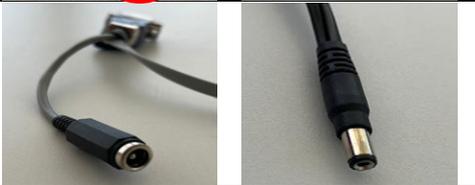
## 2. MONTAJE Y DESMONTAJE

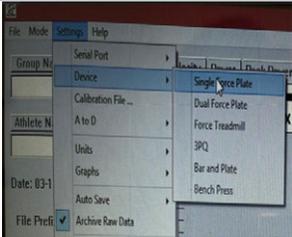
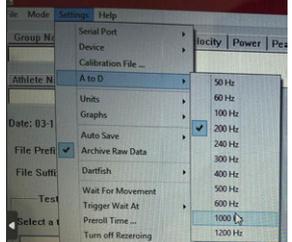
El montaje y desmontaje de la plataforma es sencillo siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

**Tabla 2**

*Pasos para el montaje*

Nº	Descripción paso a seguir	Imagen ilustrativa
1	Colocar la plataforma de fuerza en un lugar estable, seguro y seco.	A top-down view of a grey, rectangular force platform placed on a green carpet. The platform is centered and occupies most of the frame.
2	Conseguir que la plataforma de fuerzas esté estable, esto puede hacerse girando las patas de la plataforma.	A side view of the force platform. A red circle highlights the adjustable legs at the bottom of the platform, which are used to level it.
3	Conectar el cable de potencia al enchufe y unirlo.	Two images: on the left, a black power cable with a three-pronged plug; on the right, a black power supply unit with a power input port.

Nº	Descripción paso a seguir	Imagen ilustrativa	
4	Conectar el cable gris en la plataforma, tiene un lado con un cabezal de ethernet.		
5	Conectar el cabezal redondo del cable gris que se ha enchufado en la plataforma con la salida del cable de potencia.		
6	Conectar el cabezal RS232 del cable gris que se ha enchufado en la plataforma con el Adaptador de USB.		
7	Conectar el cable de USB al adaptador de USB.		
8	Conectar el cable de USB al portátil.		
9	Encender el software de la plataforma.		
10	Pantalla principal del software.		

Nº	Descripción paso a seguir	Imagen ilustrativa
11	Activar la plataforma dentro del software.	
12	Seleccionar la frecuencia de muestreo.	

### 3. CONDICIONES PARA TENER EN CUENTA QUE LAS MEDIDAS SEAN FIABLES Y VÁLIDAS

Para poder realizar una medición fiable y válida es necesario seguir una serie de pasos (Sánchez-Sixto & McMahon, 2022).

1. Estar seguros de que hemos ubicado la plataforma de fuerza en una superficie firme y dura.
2. Colocar en la configuración de la plataforma un tiempo de registro superior a la duración del gesto que vamos a analizar. Esto es determinante para no perder información.
3. Colocar la frecuencia de muestreo que se ajuste a la acción que vamos a registrar, para gestos que se realizan a mayor velocidad, la frecuencia de muestreo tiene que ser superior. La frecuencia de muestreo no suele ser inferior a 500 Hz con estos dispositivos y suele colocarse a 1000 Hz.
4. Antes de comenzar con el registro es necesario realizar un “cero”. Esto es importante para que la plataforma se calibre. Debemos hacerlo sin que haya nada sobre ella, ni nadie en los alrededores pisando, ya que debido a la sensibilidad de la plataforma de fuerzas cualquier pequeña vibración puede afectar significativamente a la medición.

### 4. MANTENIMIENTO/BUENAS PRÁCTICAS

El mantenimiento y buenas prácticas para el uso de la plataforma de fuerzas es relativamente sencillo.

- Almacenamiento. Es necesario almacenar la plataforma en un lugar seguro y seco. Es recomendable que la temperatura de la habitación no

sea excesivamente cálida o fría. Debemos evitar colocar objetos sobre la plataforma.

- Calibración. La plataforma se calibra antes de cada uso, no permite realizar la medición sin la calibración previa, para ello se deben seguir las instrucciones que se explican en la Tabla 3 de este capítulo.
- Protección. A la hora de guardar el ordenador y los cables, la parte más delicada son los cables, estos deben recogerse y guardarse sin que se generen bucles o nudos. Para ellos debemos de ir haciendo un lazo normal y un lazo invertido finalizando como se puede apreciar en la Figura 4.

**Figura 4**

*Cómo doblar un cable*



### **III. PROTOCOLO**

#### **1. PRUEBA/PROTOCOLO/OBJETIVO DE LA TOMA DE DATOS A REALIZAR**

La prueba que se va a explicar es un CMJ sobre plataforma de fuerzas. Este test es probablemente el que se realiza con una mayor frecuencia. Permite conocer la altura de salto, las variables biomecánicas que lo determinan y las diferentes curvas de fuerza, velocidad, desplazamiento o potencia que se generan durante el salto del participante. Esta información es de gran importancia para evaluar el rendimiento deportivo (Sánchez-Sixto et al., 2021), conocer el estado de cualquier tipo de población (Kalapotharakos et al., 2005), controlar el grado de fatiga tras una actividad (Claudino et al., 2017) o conocer el grado de recuperación de un deportista tras una lesión (Mitchell et al., 2021).

#### **2. TIMELINE DEL PROCEDIMIENTO DE MONTAJE, PUESTA A PUNTO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS, TEST Y POSTERIOR EXTRACCIÓN DE DATOS**

Se deben seguir los siguientes pasos para asegurarnos una correcta medición.

1. Colocación plataforma de manera estable (Tabla 2, pasos 1-2).
2. Enchufar todos los cables al ordenador y la corriente (Tabla 2, pasos 3-8).
3. Encender ordenador y entrar en el software (Tabla 2, paso 9).
4. Encender la plataforma y prepararla para la medición (Tabla 2, 10-12).
5. Instruir a los participantes para que realicen una correcta ejecución del test.
6. Realizar la medición del test (Tabla 3).

### 3. PREPARATIVOS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

A la hora de adquirir los datos, en primer lugar, se deben seguir, además del montaje de la plataforma, los pasos del 9 al 11 que aparecen en la sección 6 “Montaje y desmontaje”. Una vez encendida la plataforma y fijada la frecuencia de muestreo debemos seguir los pasos que figuran en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Descripción adquisición de datos*

Nº	Descripción paso a seguir	Imagen ilustrativa
1	Seleccionar un grupo en el desplegable “Group name”. En caso de no existir crear el grupo previamente.	
2	Seleccionar un participante en el desplegable “Athlete Name”. En caso de no existir crear al participante previamente.	
3	Escribir un prefijo y un sufijo para ordenar los datos al guardarnos.	
4	Seleccionar el tipo de test que se va a realizar en el desplegable.	
5	Realizar el 0 en la plataforma, sin que haya nada sobre ella.	
6	Pesar al participante.	
7	Seleccionar el tiempo de registro.	
8	Iniciar el registro.	

### 3.1. PROTOCOLO DE LA PRUEBA

**Calentamiento:** Para realizar un test de CMJ es necesario realizar un calentamiento previo, preferiblemente estandarizado (Vetter, 2007). A la hora de realizar el test los participantes deben subir a la plataforma después de que se haya hecho el “cero” en la plataforma y nos hayamos asegurado de que está preparada para registrar correctamente.

**Colocación del participante:** El participante debe subir a la plataforma y colocarse con los pies separados a la anchura de la cadera, las manos en las caderas, la vista al frente y totalmente estáticos. Una vez se encuentren en esta posición estática, se debe realizar la medición del peso corporal del participante. Tras ello, se iniciará la prueba y cuando hayan pasado al menos 2 segundos se le dará la instrucción al participante para que salte.

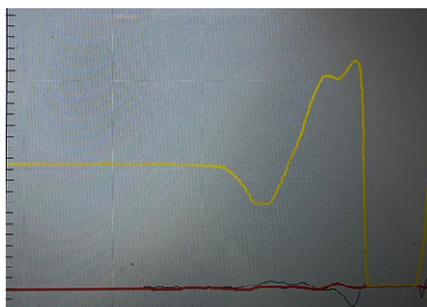
**Indicaciones para el participante:** Esta instrucción afecta significativamente a la ejecución del CMJ, debiendo dar una instrucción u otra en función a las variables que se quieran maximizar (Sánchez-Sixto et al., 2024). De este modo, a modo de ejemplo y por ser lo más habitual, cuando el objetivo de la medición sea conocer la altura máxima que el participante es capaz de saltar, debemos utilizar la instrucción “salta lo más alto posible”.

### 3.2. EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

El software de la plataforma de fuerzas permite calcular numerosas variables cuando se utilizan los test preconfigurados. Esto posibilita una información rápida de las variables más relevantes (Figura 5). No obstante, el software permite exportar los datos que se obtienen de la plataforma en caso de necesitar realizar otro tipo de análisis con ellos. Para ello, tendremos que darle a “sabe data” y se guardará el archivo dentro del ordenador en la carpeta que se especifique. Es importante tener en cuenta que los datos se guardan con la extensión “.acp”. Para obtener los datos brutos, es necesario clicar con el botón derecho, seleccionar “abrir con”, y elegir el bloc de notas o configurar el ordenador para que abra con el bloc de notas los ficheros “.acp”. Una vez guardado de esta manera, los datos se podrán cargar en un Excel u otros programas para analizar los datos.

**Figura 5**

*Ejemplo curva fuerza-tiempo CMJ*



## IV. ALTERNATIVAS

En la actualidad existen algunas alternativas con las que se puede obtener información de algunos de los test que se hacen con la plataforma de fuerzas. Se debe tener en cuenta que este tipo de alternativas no pueden medir la fuerza que se aplica contra el suelo, por lo que no podrían darnos información sobre test de equilibrio, test isométricos o test en los que no haya un despegue del suelo. Centrándonos en el ejemplo del CMJ, existen diferentes maneras de calcular la altura de vuelo que puede conseguir un participante al saltar. La más asequible es la utilización de la aplicación *myjump*, que ha sido validada para este propósito (Balsalobre-Fernández et al., 2020). Con la aplicación podemos ver el vídeo fotograma a fotograma y determinar el instante de despegue y aterrizaje. La aplicación al conocer el número de fotogramas al segundo al que estamos grabando, puede calcular el tiempo de vuelo y, por consiguiente, la altura de vuelo conseguida. Esta información es de interés siendo un método válido para conocer la altura de vuelo. Además de esto, la aplicación estima valores de fuerza, velocidad y potencia, no obstante, a pesar de que se hace una estimación tratando de conocer el desplazamiento recorrido por el centro de masas, estos valores no son precisos, como la plataforma de fuerzas, ya que pequeños cambios en el desplazamiento del centro de masas afectan significativamente a los valores de fuerza obtenidos (Morin et al., 2019).

## V. REFERENCIAS

- Alsalaheen, B., Haines, J., Yorke, A., & Broglio, S. P. (2015). Reliability and Construct Validity of Limits of Stability Test in Adolescents Using a Portable Forceplate System. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96(12), 2194–2200. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.08.418>
- Balsalobre-Fernández, C., Geiser, G., Krzyszkowski, J., & Kipp, K. (2020). Validity and reliability of a computer-vision-based smartphone app for measuring barbell trajectory during the snatch. *Journal of Sports Sciences*, 38(6), 710–716. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1729453>
- Barbosa, F. A., Del Pozo Cruz, J., & Del Pozo Cruz, B. (2016). Whole body vibration in institutionalized older people over the age of 80 to improve static balance. *Retos*, 29, 38–41. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i29.36387>
- Chen, B., & Bates, B. T. (2000). Comparison of F-Scan in-sole and AMTI forceplate system in measuring vertical ground reaction force during gait. *Physiotherapy Theory and Practice*, 16(1), 43–53. <https://doi.org/10.1080/095939800307601>
- Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. In *Journal of Science and Medicine in Sport* (Vol. 20, Issue 4, pp. 397–402). <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Condello, G., Kernozek, T. W., Tessitore, A., & Foster, C. (2016). Biomechanical analysis of a change-of-direction task in college soccer players. *International Journal of Sports*

- Physiology and Performance*, 11(1), 96–101. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0458>
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2005). Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of Applied Biomechanics*, 21(1), 31–43. <https://doi.org/10.1123/jab.21.1.31>
- Kalapotharakos, V. I., Tokmakidis, S. P., Smilios, I., Michalopoulos, M., Gliatis, J., & Godolias, G. (2005). Resistance training in older women: Effect on vertical jump and functional performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(4), 570–575.
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kopal, R., Cal Abad, C. C., Fernandes, V., Ramirez-Campillo, R., & Suohomel, T. (2018). Portable force plates: A viable and practical alternative to rapidly and accurately monitor elite sprint performance. *Sports*, 6(3), 61. <https://doi.org/10.3390/sports6030061>
- Mitchell, A., Holding, C., & Greig, M. (2021). The influence of injury history on countermovement jump performance and movement strategy in professional soccer players: Implications for profiling and rehabilitation foci. *Journal of Sport Rehabilitation*, 30(5), 768–773. <https://doi.org/10.1123/JSR.2020-0243>
- Morin, J. B., Jiménez-Reyes, P., Brughelli, M., & Samozino, P. (2019). When Jump Height is not a Good Indicator of Lower Limb Maximal Power Output: Theoretical Demonstration, Experimental Evidence and Practical Solutions. *Sports Medicine*, 49(7), 999–1006. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01073-1>
- Rogers, S. A., Hassmén, P., Hunter, A., Alcock, A., Crewe, S. T., Strauts, J. A., Gilleard, W. L., & Weissensteiner, J. R. (2019). The Validity and Reliability of the MyJump2 Application to Assess Vertical Jumps in Trained Junior Athletes. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 23(1), 69–77. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2018.1517088>
- Sánchez-Sixto, A., Harrison, A. J., & Floria, P. (2021). Effects of Plyometric vs. Combined Plyometric Training on Vertical Jump Biomechanics in Female Basketball Players. *Journal of Human Kinetics*, 77(1), 25–35. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0009>
- Sánchez-Sixto, A., & McMahon, J. J. (2022). How to Use Force Sensors for Resistance Training in Daily Practice. In *Resistance Training Methods From Theory to Practice* (pp. 195–210). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-81989-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-81989-7_11)
- Sánchez-Sixto, A., McMahon, J. J., & Floría, P. (2024). Verbal instructions affect reactive strength index modified and time-series waveforms in basketball players. *Sports Biomechanics*, 23(2), 211–221. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1836252>
- Vetter, R. E. (2007). Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 819–823. <https://doi.org/10.1519/R-20296.1>

## CAPÍTULO XII

---

# Perfil Fuerza-Velocidad Horizontal: Aplicaciones del radar en su evaluación

**Eduardo José Fernández-Ozcorta<sup>1,3</sup>**

**Rafael Ramos Véliz<sup>2,3</sup>**

*Departamento de Didácticas Integradas. Universidad de Huelva<sup>1</sup>*

*Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU Andalucía*

*2*

*Grupo de Educación, Motricidad e investigación Onubense (Grupo Emotion). Universidad de Huelva<sup>3</sup>*

eduardo.fernandez@dempc.uhu.es

rramos@ceu.es

## I. INTRODUCCIÓN

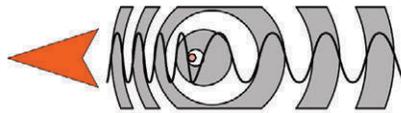
### 1. CONSIDERACIONES ACADÉMICAS Y CIENTÍFICAS DEL USO DEL DISPOSITIVO CONCRETO

Uno de los sistemas de recolección de datos en ciencias del deporte ha sido el radar. Este instrumento ha sido usado comúnmente para valorar la velocidad de un móvil y, en la actualidad, para la medición del perfil de fuerza velocidad horizontal de un atleta.

Una ventaja de este sistema es la inmediatez en la que ofrece los datos y la capacidad de ser usado durante el juego real, aunque es limitado en este sentido (los datos de los desplazamientos han de estar registrados en el mismo plano de movimiento en el que está situado el radar). El radar obtiene su información derivada de su sistema de toma de datos, mediante el efecto Doppler. De forma general, este efecto describe el cambio de frecuencia de una onda debido al movimiento relativo del objeto o persona respecto a su observador. De manera práctica, los radares calculan la velocidad de un objeto o persona mediante el análisis de los cambios en la frecuencia emitida por el radar y reflejada por el móvil o persona. De tal forma que una disminución de la frecuencia reflejada significa que el móvil o persona se aleja, mientras que un aumento de esta frecuencia indica lo contrario, se aproxima.

**Figura 1**

*Cambio de la longitud de onda provocado por el movimiento del emisor. Fuente: Wikimedia Commons*



Las pistolas de radar constan de dos partes: un transmisor y un receptor de radio. Su diseño implica el envío de una señal de radio (transmisor) que luego es recibida tras rebotar esta señal en un objeto o persona (fuente).

Una vez presentado su forma sistema de recolección, si el objeto o persona se acerca o se aleja del radar, la frecuencia de las ondas de radio enviadas cuando regresan es diferente de las ondas transmitidas. Este fenómeno es denominado efecto Doppler.

Dicha pistola radar es un dispositivo que se utiliza en varios deportes para medir la velocidad de los objetos en movimiento, como pelotas, discos, pucks, etc. Por ejemplo, en el béisbol, se utiliza una pistola radar para medir la velocidad de los lanzamientos de los lanzadores y los bateadores. En el baloncesto, se utiliza para medir la velocidad de los tiros y los pases. En el hockey sobre hielo, se utiliza para medir la velocidad de los disparos de los jugadores y los tiros de los porteros. En el fútbol, se utiliza para medir la velocidad de los tiros a gol y los saques de banda. Por lo que la misma se ha hecho un hueco importante para los entrenadores y los jugadores, ya que les permite medir y mejorar su rendimiento.

Sin embargo, para el desarrollo de este capítulo irá enfocado al uso del radar como instrumento de medición del perfil de fuerza-velocidad horizontal.

## **2. MEDIDAS O DATOS QUE EXTRAE EL DISPOSITIVO**

El perfil de fuerza-velocidad horizontal se refiere a la relación entre la fuerza y la velocidad de un movimiento horizontal en un plano. Este perfil se utiliza comúnmente en deportes que implican movimientos explosivos, (e.g., sprint, el salto longitud y el salto con pértiga). De forma general, para una persona deportista, un perfil de fuerza-velocidad horizontal bien desarrollado significa que tiene la capacidad de aplicar una gran cantidad de fuerza en un movimiento horizontal a alta velocidad. Esto puede traducirse en un mayor rendimiento en deportes como el sprint y el salto de longitud.

Un enfoque macroscópico novedoso en la dinámica inversa ha sido desarrollado para determinar la fuerza-velocidad (FV) y las relaciones potencia-velocidad (PV), así como la efectividad mecánica de los parámetros de aplicación de fuerza en el cuerpo del corredor durante la aceleración de sprint (perfil horizontal) y los movimientos balísticos de empuje (perfil vertical). Este enfoque se basa en los parámetros cinemáticos y cinéticos del centro de masa del cuerpo. Los perfiles verticales corresponden a los valores máximos teóricos de fuerza, velocidad

y potencia, además, de permitir la evaluación precisa de la fuerza, velocidad y potencia desarrollada por los miembros inferiores durante la aceleración en carreras de velocidad. Esta técnica proporciona una comprensión más profunda de las propiedades mecánicas máximas y la función de los músculos de la parte inferior del cuerpo. El perfil horizontal brinda información sobre el movimiento específico de la aceleración de sprint, mientras que el perfil vertical proporciona información sobre los niveles máximos de fuerza y velocidad del sistema neuromuscular. Mediante los cálculos indicados desarrollados por Samozino et al. (2016), el perfil de fuerza-velocidad-potencia horizontal describe los valores que pueden encontrarse en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Cálculos realizados mediante la técnica propuesta por Samozino et al. (2016)*

<b>Medida</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Descripción</b>
Fuerza horizontal	HZT-F0 (N/kg)	Es la producción de fuerza máxima (por unidad de masa corporal) en la dirección horizontal. Corresponde al empuje inicial del atleta sobre el suelo durante la aceleración del sprint. Cuanto mayor sea el valor, mayor será la producción de fuerza horizontal específica del sprint.
Velocidad máxima horizontal	HZT-V0 (m/s)	Es la capacidad de velocidad máxima de carrera (sprint) del atleta. Ligeramente más alto que la velocidad máxima real. La velocidad de carrera máxima teórica que el atleta podría alcanzar si las resistencias mecánicas (es decir, internas y externas) contra el movimiento fueran nulas. También representa la capacidad de producir fuerza horizontal a velocidades de carrera muy altas.
Potencia horizontal	HZT-Pmax (W/kg)	Es la capacidad de producir potencia máxima del atleta en la dirección horizontal (por unidad de masa corporal) durante la aceleración (sprint)
Ratio de fuerza	RF (%)	Es la medida directa de la proporción de la producción de fuerza total que se dirige en la dirección de avance del movimiento, es decir, la efectividad mecánica de la aplicación de fuerza del atleta. Cuanto mayor sea el valor, más importante será la parte de producción de fuerza total dirigida hacia adelante.

Medida	Abreviatura	Descripción
Ratio de fuerza máximo	RFmax (%)	Es teóricamente la efectividad máxima de la aplicación de la fuerza. Medida directa de la proporción de la producción de fuerza total que se dirige en la dirección de avance del movimiento al inicio del sprint.
Índice de aplicación de fuerza horizontal	DRF	Describe la capacidad del atleta para limitar la inevitable disminución de la efectividad mecánica con el aumento de la velocidad, es decir, un índice de la capacidad de mantener una producción de fuerza horizontal neta a pesar del incremento de la velocidad de carrera. Cuanto más negativa es la pendiente, más rápida es la pérdida de efectividad de la aplicación de fuerza durante la aceleración, y viceversa.

Concretamente, el perfil de fuerza-velocidad horizontal muestra que hay una relación inversa entre la fuerza y la velocidad en un movimiento horizontal. Esto significa que a medida que aumenta la fuerza, la velocidad del movimiento disminuye, y viceversa. El perfil es capaz de distinguir diferencias en las propiedades mecánicas de atletas de diferentes deportes, niveles de práctica, posiciones de juego, edad y sexo (e.g., Alcazar et al., 2018; Haugen et al., 2019; Stavridis et al., 2019).

Aunque este no sea el objetivo de este trabajo, para mejorar el perfil de fuerza-velocidad horizontal, se recomienda un entrenamiento de fuerza y de velocidad adecuado y específico para el deporte en cuestión. El entrenamiento de fuerza puede incluir ejercicios como sentadillas, peso muerto y press de banca, mientras que el entrenamiento de velocidad puede incluir sprints, saltos y lanzamientos explosivos (Rumpf et al., 2016).

### 3. INVESTIGACIONES QUE USAN DISPOSITIVOS SIMILARES

A continuación, se recogen tres estudios de diferentes tipos de aplicaciones en el estudio del perfil fuerza-velocidad horizontal.

---

Título: **Force-velocity profiling in older adults: An adequate tool for the management of functional trajectories with aging**

---

**Objetivo:** Estudiar los diferentes perfiles de fuerza-velocidad (FV) y el deterioro de la potencia muscular, la función física y cognitiva, la fragilidad y la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) en personas mayores.

**Método:** Se evaluó la función física (velocidad de marcha habitual, prueba cronometrada de levantarse y andar, capacidad para sentarse y levantarse y subir escaleras), función cognitiva, CVRS y fragilidad en 31 sujetos mayores (70-85 años). La relación FV y la potencia muscular máxima (Pmax) se evaluaron en el ejercicio de prensa de piernas. El índice de músculo esquelético (SMI) y el índice de grasa, la actividad física de moderada a vigorosa (MVPA) y el tiempo sedentario se obtuvieron a partir de escaneos DXA y acelerometría, respectivamente.

**Resultados:** Mientras que algunos sujetos mostraron un déficit de fuerza (F DEF), otros presentaron un déficit de velocidad (V DEF), lo que provocó una disminución de la potencia muscular [Tamaño del efecto (ES) = 1,30–1,44] y un probable-muy probablemente moderado daño. efecto en su función física y cognitiva, CVRS y niveles de fragilidad (excepto el grupo V DEF para función cognitiva) [ES = 0,76-1,05]. La masa muscular de las piernas y la fuerza específica se asociaron de manera similar con la fuerza en la Pmax, mientras que la MVPA, pero no el tiempo sedentario, se relacionó con el índice de grasa, la fuerza en la Pmax y los valores de potencia (todos  $p < 0,05$ ). Se encontró una tendencia para la asociación negativa entre el índice de grasa y la P max relativa ( $p = 0,075$ ).

**Conclusión:** Los sujetos mayores exhibieron diferentes mecanismos (déficits de fuerza frente a velocidad) que conducen a una disminución de la potencia muscular. Ambos déficits se asociaron con una menor función física y calidad de vida, y una mayor fragilidad, mientras que sólo un déficit de fuerza se asoció con una menor función cognitiva. Las intervenciones dirigidas a revertir las deficiencias de la fuerza muscular relacionadas con la edad y/o el desuso podrían evaluar el mecanismo responsable específico y actuar en consecuencia.

**Referencia:** Alcazar, J., Rodriguez-Lopez, C., Ara, I., Alfaro-Acha, A., Rodríguez-Gómez, I., Navarro-Cruz, R., Losa-Reyna, J., García-García, F. J., & Alegre, L. M. (2018). Force-velocity profiling in older adults: An adequate tool for the management of functional trajectories with aging. *Experimental Gerontology*, 108, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.03.015>

---

Título: **Sprint mechanical variables in elite athletes: Are force-velocity profiles sport specific or individual?**

---

**Objetivo:** Cuantificar las diferencias en las variables mecánicas del sprint entre deportes y dentro de cada deporte. Los objetivos secundarios fueron cuantificar las diferencias de sexo y las relaciones entre las variables.

**Método:** En este estudio transversal de atletas de élite, 235 mujeres ( $23 \pm 5$  años y  $65 \pm 7$  kg) y 431 hombres ( $23 \pm 4$  años y  $80 \pm 12$  kg) de 23 deportes diferentes (incluidos 128 medallistas de campeonatos mundiales y/o o Juegos Olímpicos) se probaron en una carrera de 40 m en el Centro de Entrenamiento Olímpico de Noruega entre 1995 y 2018. Estos eran datos preexistentes de pruebas trimestrales o semestrales que los atletas realizaban con fines de entrenamiento. Se utilizaron

datos antropométricos y de velocidad-tiempo de sprint para calcular la velocidad máxima teórica, la fuerza horizontal, la potencia horizontal, la pendiente de la relación fuerza-velocidad, la relación máxima de fuerza y el índice de técnica de aplicación de fuerza.

**Resultados:** Se observaron diferencias sustanciales en los perfiles mecánicos en todos los deportes. Los atletas en deportes en los que la habilidad para correr es un indicador importante del éxito (p. ej., carreras de atletismo, saltos y bobsleigh) produjeron los valores más altos para la mayoría de las variables, mientras que los atletas en deportes en los que la habilidad para correr no es tan importante tendieron a producir valores sustancialmente más bajos. Las diferencias de sexo variaron de pequeñas a grandes, dependiendo de la variable de interés. Aunque la mayoría de las variables estuvieron fuertemente asociadas con el tiempo de sprint de 10 y 40 m, se observaron diferencias individuales considerables en las variables mecánicas del sprint entre atletas de igual rendimiento.

**Conclusiones:** Nuestros datos de una gran muestra de atletas de élite evaluados en condiciones idénticas brindan una imagen holística del continuo del perfil de fuerza-velocidad-potencia en los atletas. Los datos indican que las variables mecánicas del sprint son más individuales que específicas del deporte. Los valores presentados en este estudio podrían ser utilizados por los entrenadores para desarrollar intervenciones que optimicen el estímulo de entrenamiento para el atleta individual.

**Referencia:** Haugen, T. A., Breitschädel, F., & Seiler, S. (2019). Sprint mechanical variables in elite athletes: Are force-velocity profiles sport specific or individual? *PLOS ONE*, 14(7), e0215551. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215551>

---

**Título: Differences in the Force Velocity Mechanical Profile and the Effectiveness of Force Application During Sprint-Acceleration Between Sprinters and Hurlers**

---

**Objetivo:** Este estudio transversal tuvo como objetivo comparar el perfil de fuerza-velocidad horizontal y vertical entre mujeres velocistas y corredoras de vallas.

**Método:** Doce atletas de alto nivel (6 velocistas y 6 vallistas) participaron en esta investigación. Los procedimientos de prueba consistieron en dos esprints máximos de 40 m y de cinco a seis saltos verticales con cargas adicionales. Para el rendimiento de aceleración de sprint, los datos de velocidad-tiempo, registrados por una cámara de alta velocidad, se utilizaron para calcular las variables del perfil FV horizontal (valores máximos teóricos de fuerza [HZF-F 0], velocidad [HZF - V 0], potencia [HZF-Pmax], la proporción de la eficacia máxima teórica de la aplicación de fuerza en la dirección anteroposterior [RFmax], y la tasa de disminución en la relación de la fuerza horizontal [DRF]). La mejor prueba de cada condición de salto vertical, obtenida por un sistema de medición óptica, se utilizó para determinar los componentes del perfil FV vertical (valores máximos teóricos de fuerza [VZF-F 0], velocidad [VZF-V 0] y potencia [VZF-Pmáx]).

**Resultados:** Las velocistas femeninas mostraron mayores diferencias estadísticas para HZT-Pmax ( $2,46 \pm 0,67$ ,  $d = 2,1$ ,  $p = 0,004$ ), HZT-V 0 ( $0,45 \pm 0,18$ ,  $d = 1,4$ ,  $p = 0,03$ ) y RFmax% ( $2,9 \pm 0,9$  %,  $d = 1,8$ ,  $p = 0,01$ ) que las mujeres corredoras de vallas. No se observaron diferencias estadísticas para HZT-F 0 ( $0,69 \pm 0,3$ ,  $d = 1,15$ ,  $p = 0,07$ ), DRF% ( $-0,24 \pm 0,4$ %,  $d = 0,3$ ,  $p = 0,62$ ), VTC-F 0 ( $-2,1 \pm 3,8$ ,  $d = 0,3$ ,  $p = 0,59$ ), VTC-V 0 ( $0,25 \pm 0,31$ ,  $d = 0,5$ ,  $p = 0,45$ ) y VTC-Pmax ( $1,75 \pm 2,5$ ,  $d = 0,4$ ,  $p = 0,5$ ).

**Conclusiones:** Las velocistas femeninas pueden aplicar fuerzas orientadas horizontalmente más altas sobre el suelo durante la fase de aceleración que las corredoras de vallas.

**Referencia:** Stavridis, I., Smilios, I., Tsopanidou, A., Economou, T., & Paradisis, G. (2019). Differences in the Force Velocity Mechanical Profile and the Effectiveness of Force Application During Sprint-Acceleration Between Sprinters and Hurdlers. *Frontiers in sports and active living*, 1, 26. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00026>

#### 4. POSIBLES CONTRAINDICACIONES DEL USO DE LOS INSTRUMENTOS

Las pistolas de radar constan de dos partes: un transmisor y un receptor de radio. Su diseño implica el envío de una señal de radio (transmisor) que luego es recibida tras rebotar esta señal en un objeto o persona (fuente).

El instrumento puede ser aplicado a cualquier población, independiente de su estado de salud. Dadas las características técnicas, no implica ningún tipo de efecto secundario con respecto a la persona que es medido por este. Si hay que decir, que lo que trata de evaluar es la velocidad máxima de un objeto o persona, por lo que en poblaciones en cuales la capacidad de llegar a altas velocidades conlleve un peligro (e.g. caídas) se recomienda no usar las pruebas que se describen en este capítulo.

Por otra parte, en la actualidad, algunas características de las pistolas de radar tradicionales, como el elevado precio, el peso y las dimensiones moderadas, así como algunas necesidades de uso (p. ej. colocación en un trípode), reducen la asequibilidad y el uso práctico uso diario de esta tecnología para entrenadores y atletas.

## II. MANEJO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

La pistola radar usada de forma general en la literatura, y la que se describirá en este capítulo, es la Stalker ATS II (Applied Concepts, Inc., Dallas, TX, USA). El dispositivo Stalker ATS II aporta medidas reales como la velocidad (medida por la pistola) y tiempo (asignado por el ordenador). A partir de estos dos datos, informa de la distancia mediante el cálculo de la velocidad por el tiempo y la aceleración (entendida esta por el cambio de velocidad por unidad de tiempo). Según su manual de usuario, el muestreo que efectúa es a  $\approx 47$  Hz, asimismo mide un rango de velocidad comprendidas entre 1 y 480 Km/h., trabajando a una frecuencia de 34,7 GHz (Banda Ka) y ofreciendo una precisión de 0,16 Km/h (0,04 m/seg.). Esta

pistola se conecta a un ordenador portátil con el software del sistema Stalker ATS (Versión 5.0, Applied Concepts, Inc., Dallas, TX, USA) para la adquisición de datos. A continuación, se indica de las partes que consta este equipamiento.

## 1. COMPONENTES Y DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO Y SOFTWARE

Dentro del maletín podremos encontrar (<https://stalker.sport/products/>):

**Figura 2**

*Componentes del maletín del radar Stalker ATS II*



- Mangos con batería extra (versión inalámbrica). Se recomienda encarecidamente una batería extra como reserva. Además, puede utilizar la pistola hasta que se agote la batería, cuando tenga una empuñadura de repuesto lista para usar.
- Empuñadura con cable 12VDC. Se conecta a la toma del encendedor.
- Empuñadura de pantalla. Necesaria cuando se conecta a paneles de visualización externos.
- Mango de interfaz con cable. Dispone tanto de cable de mechero como de puerto de comunicación.
- Paquete de baterías portátiles de 12 voltios. Incluye una toma de mechero para los mangos con cable.
- Fuente de alimentación de CA. Alimenta el Stalker desde una toma de pared. Incluye una toma de mechero para el mango con cable.
- Base de montaje. El Stalker se desliza en esta base de alta calidad y se bloquea en su sitio.
- El soporte se acopla directamente a cualquier trípode de cámara estándar.
- Trípode. Estos trípodes incluyen una zapata de liberación rápida para una fácil instalación y desmontaje.
- Estuche blando. Un estuche blando acolchado personalizado.

- Estuche rígido con cerradura. Incluye acolchado de espuma personalizado.

Asimismo, usaremos un trípode y un adaptador para poder adaptar la pistola al trípode.

## **2. MONTAJE Y DESMONTAJE**

Para describir el proceso de montaje y desmontaje, en este apartado habremos de centrarnos en el software (STALKER 5.0) y del hardware (Stalker ATS II). Toda la información y ayuda se puede encontrar mediante la página web de los desarrolladores de la pistola y su software: <https://stalker.sport/ats-ii/>

Para la instalación del software se detallan los pasos generales que se suelen seguir para instalar un software:

1. Descarga el archivo de instalación del software desde el sitio web oficial del fabricante o una fuente confiable.
2. Haz doble clic en el archivo de instalación descargado para iniciar el proceso de instalación.
3. Sigue las instrucciones en pantalla para completar la instalación, como aceptar los términos y condiciones, elegir la ubicación de instalación, etc.
4. Espera a que se complete el proceso de instalación. Puede tardar varios minutos dependiendo del tamaño del software y la velocidad de tu ordenador.
5. Una vez finalizada la instalación, inicia el software y verifica que funciona correctamente.

Es importante seguir las instrucciones de instalación específicas del software que se está instalando para asegurarse de que todo se configure correctamente. Si tiene problemas con la instalación, puede que desee buscar soluciones específicas para aplicarla o contactar con el soporte técnico del fabricante del software.

Con respecto al montaje de la pistola, e incluso su configuración, podemos encontrar un vídeo ilustrativo del proceso de montaje de la pistola mediante este enlace [https://www.youtube.com/watch?v=4Yh\\_dv5Vr0](https://www.youtube.com/watch?v=4Yh_dv5Vr0)

## **3. CONDICIONES PARA TENER EN CUENTA QUE LAS MEDIDAS SEAN FIABLES Y VÁLIDAS**

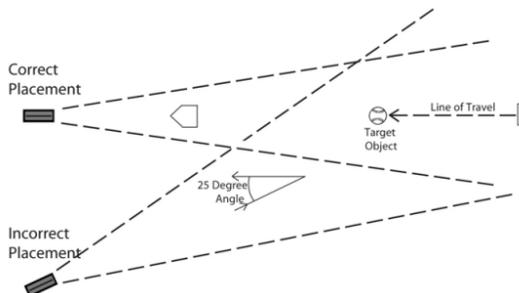
Teniendo en cuenta que el radar calcula la velocidad de los objetos mediante la emisión y recepción de ondas electromagnéticas y su funcionamiento se basa en el principio Doppler, resulta necesario efectuar un proceso de validación y estandarización de los protocolos de medición para evitar, en la medida de lo posible, controlar el rango de error que comportan los datos ofrecidos por el aparato.

Atendiendo a esto, se debería ser extremadamente rigurosos para evitar errores derivados de una inexacta colocación del radar (obteniendo datos con un porcentaje de error debido al ángulo de medición con que se tomen las medidas)

o de la existencia de obstáculos que se interpongan entre el objeto de estudio y la emisión del radar.

**Figura 2**

*Disposición de la pistola según el desplazamiento del objeto o persona. Tomado de S PRO II Professional Sports Radar Owner’s Manual*



La pistola ha de colocarse, normalmente, entre 3 y 10 m detrás de los atletas en la línea de salida a una altura de 1 m (que corresponde aproximadamente a la altura del centro de masa de los sujetos).

**Figura 3**

*Colocación de la pistola radar y la persona a medir*



*Mantenimiento/buen prácticas*

El cuidado y mantenimiento adecuados de una pistola radar son esenciales para garantizar su funcionamiento y precisión. A continuación, se presentan algunas pautas generales que se pueden seguir para cuidar y mantener una pistola radar:

1. Almacenamiento: La pistola radar debe almacenarse en un lugar seco y protegido de la humedad y la luz solar directa. Se debe evitar el almacenamiento en un ambiente extremadamente frío o caliente.
2. Limpieza: Es importante limpiar la pistola radar después de cada uso para mantenerla en buen estado. Se debe usar un paño suave y seco para eliminar el polvo y la suciedad de la superficie exterior de la pistola. No se debe usar agua ni productos químicos agresivos para limpiar la pistola.

3. **Baterías:** Las baterías deben ser retiradas de la pistola cuando no se utiliza durante un periodo prolongado. Además, se deben reemplazar las baterías antes de que se agoten completamente para evitar la corrosión y el daño a la pistola.
4. **Calibración:** La pistola radar debe ser calibrada periódicamente para garantizar su precisión. La calibración se puede realizar a través de un servicio técnico autorizado o siguiendo las instrucciones del fabricante.
5. **Protección:** La pistola radar debe protegerse de golpes, caídas y otros impactos que puedan dañar su precisión. Se pueden utilizar estuches de protección especiales para proteger la pistola durante el transporte y almacenamiento.

Siguiendo estas pautas de cuidado y mantenimiento, se puede prolongar la vida útil de la pistola radar y mantener su precisión a largo plazo.

### **III. PROTOCOLO**

#### **1. PRUEBA/PROTOCOLO/OBJETIVO DE LA TOMA DE DATOS A REALIZAR**

La prueba, por excelencia, para el uso del radar para la medición del perfil horizontal, es el sprint a máxima velocidad en una recta. La distancia de esta recta o del sprint puede ser adecuada según las necesidades de evaluar una distancia en la que se desarrolle la prueba atlética (de forma general entre 20 y 40 metros). En concreto, para la adquisición de los datos de la prueba se puede proceder del siguiente modo.

Además de un uso correcto de la pistola para medir la velocidad o la posición-tiempo la exactitud y fiabilidad del presente método de sprint simple depende también del rigor con el que se establece el protocolo de pruebas y se analizan los datos. A continuación, Samozino (2018) detalla los diferentes puntos prácticos de una típica sesión de pruebas con el método sprint que contribuyen a disminuir los errores de medición:

**Calentamiento.** Dado que nuestro objetivo es evaluar las capacidades individuales de sprint máximo, las personas a evaluar han de realizar un calentamiento específico para el sprint que le permita alcanzar su máximo rendimiento. Por ejemplo, el calentamiento debe comprender de 5 a 10 minutos de carrera a bajo ritmo, seguidos de 3 minutos de muscular de las extremidades inferiores, 5 min de ejercicios específicos de sprint y 3-5 sprints progresivos de 30-40 m separados por 2 min de descanso pasivo.

**Número de pruebas y distancias de sprint.** Después del calentamiento, cada atleta debe realizar al menos dos sprints con el máximo esfuerzo. Es mejor realizar más pruebas (entre 3 y 5) para estar para asegurarse de medir las capacidades máximas del atleta, mientras que el descanso entre las pruebas es suficiente para asegurarse de que no se produce fatiga. A continuación, sólo se tendrá en cuenta para el análisis el mejor rendimiento (por ejemplo, el tiempo en 30 m). Como se ha

mencionado anteriormente, las distancias de los esprints deben ser diferentes según el nivel de los atletas para cubrir toda la fase de aceleración: 30 m para para velocistas no expertos (por ejemplo, jugadores de fútbol o rugby) hasta 50-60 m para velocistas de pista y de atletismo.

Posición de salida. Como se ha mencionado en la sección anterior, cuando se utilizan tiempos parciales (de fotocélulas o cámara de alta velocidad) como medida de entrada, la posición de salida debe ser una posición de tres puntos en cuclillas con el inicio del cronómetro cuando el pulgar abandona el suelo y los tiempos parciales deben corregirse añadiendo 0,1 s. Cuando se mide la velocidad (radar o pistolas láser), la posición de salida puede establecerse según la especificidad de la actividad deportiva: bloques de salida, posición de tres puntos en cuclillas, de pie u otras. La elección debe hacerse con el fin de evaluar las capacidades de producción acorde de la persona en una configuración corporal similar a la de la competición.

#### **Figura 4**

*Alguna de las posiciones de salida para la adquisición de datos*



Calzado y superficies de carrera. Dado que el tipo de superficie del suelo (asfalto, hierba húmeda/seca, tartán hierba seca, tartán®, suelo de madera) y las propiedades de la suela del calzado (zapatillas de (zapatillas clásicas, clavos, tacos) influyen en la fricción entre los pies y el suelo durante la aceleración del sprint, la producción de fuerza horizontal puede verse afectada por ambos.

Obviamente, las pruebas de sprint deben realizarse en condiciones de superficie y calzado similares a las utilizadas en competición. Por lo tanto, para las pruebas de rutina y de seguimiento, es importante que los esprints se realicen siempre en la misma superficie y con el mismo tipo de calzado.

## 2. TIMELINE DEL PROCEDIMIENTO DE MONTAJE, PUESTA A PUNTO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS, TEST Y POSTERIOR EXTRACCIÓN DE DATOS

### ANTES DEL MONTAJE

1. Reúne los componentes
2. Carga la batería
3. Elige una ubicación
4. Familiarizarse con los controles

### AJUSTES DEL RADAR

1. Selecciona el modo
2. Ajusta la velocidad del radar
3. Ajusta el ángulo del radar

### CONSEJOS ADICIONALES

1. Si utilizas el radar en exteriores, asegúrate de que esté protegido del sol, la lluvia y otros elementos
2. No apuntes el radar directamente a los ojos de personas o animales
3. Si tienes problemas para montar o usar el radar, consulta el manual de usuario o ponte en contacto con el servicio de atención al cliente de Stalker Radar

## 3. PREPARATIVOS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

### 3.1. STALKER 5.0

Encontraremos un icono en el escritorio (Figura 5). Una vez este aparezca, hacer doble clic para abrir el software.

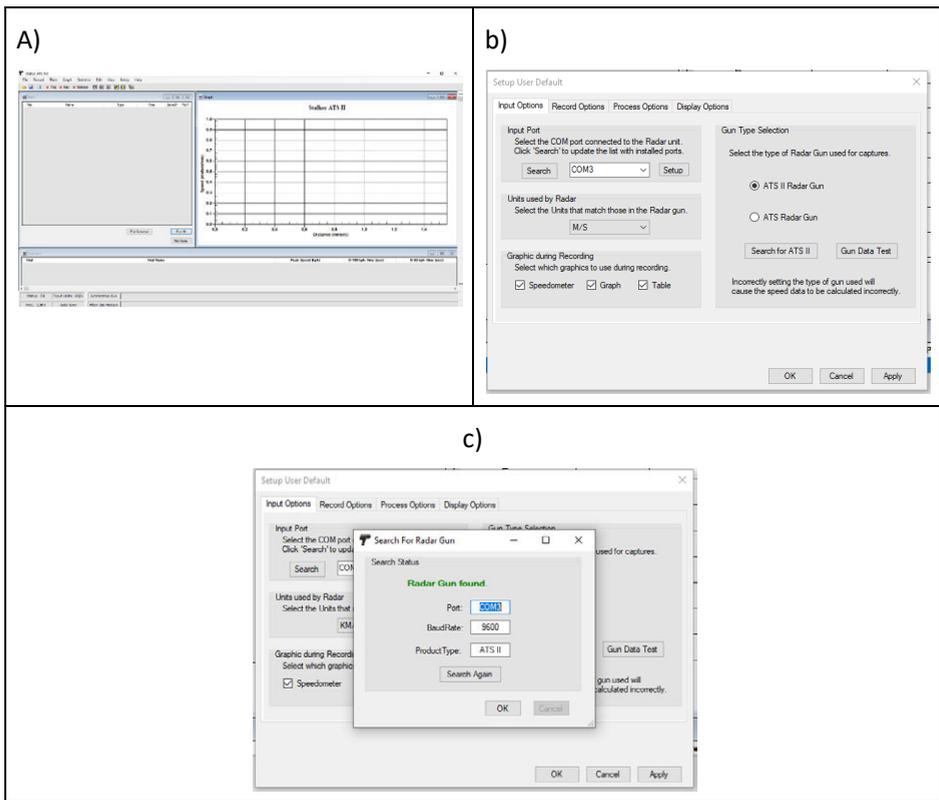
#### Figura 5

Icono de escritorio del software Stalker ATS (ver. 5.0)



Una vez abierto este encontraremos todos los comandos para poder operar con el software y el radar (Figura 6a). Lo primero que hemos de hacer en este punto es configurar el software para los datos que requiere el cálculo del perfil FVP. Para ello nos dirigiremos a la siguiente ruta: Setup/Configuration Setup. Una vez abierto, se desplegará una nueva ventana (Figura 6b). Dentro de esta ventana pasaremos por las diferentes pestañas para comprobar o configurar dispositivo y software.

**Figura 6**  
 Pantalla principal y de configuración del Stalker ATS (ver. 5.0)



*Nota. a) Pantalla principal del software; B) Ventana de configuración de los parámetros de toma de datos; c) Ventana de sincronización entre pistola y software Stalker ATS (ver. 5.0).*

Comenzando por el final, en Display Options, seleccionaremos en el desplegable SI. A continuación, en la pestaña “Process Options”, se indicará en “Default Trial Type” que esté seleccionado “Acceleration Run” y, en el desplegable “Filter Selection”, que se marque “Dig Medium”. para terminar en esta venta, en “Input Options” hemos de asegurar de que radar y software se comuniquen. Para ello nos dirigiremos a “Gun Type Selection” y clicaremos en “Search for ATS II”. Si todo está bien conectado y configurado aparecerá el mensaje “ATS II Radar Gun found using current config settings.”. Una vez aceptemos para que pueda cerrarse dicha ventana, podremos ver los datos del radar (Figura XX). De vuelta a la ventana de “Input Options”, nos cercioraremos de que en el desplegable de “Units used by radar” este seleccionado “M/S”. La configuración de esta ventana habría de quedar igual que la que se muestra en la Figura 6c. Tras completar estas operaciones, presionamos el botón “Apply”, situado abajo a la derecha, para más tarde clicar en el boton “OK”.

Tras la configuración del software, se describirá la configuración de la pistola.

### 3.2. STALKER 5.0

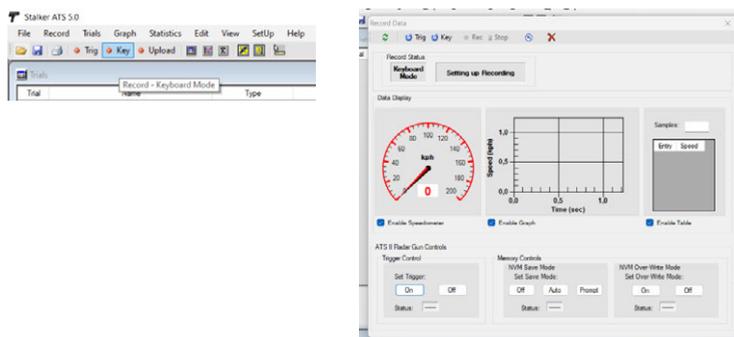
Como se puede observar, la pistola presenta en su parte posterior una pantalla y 6 botones. Lo primero es encender esta mediante el pulsado de la tecla roja "On/Off", situada en la esquina inferior derecha. Una vez presionada, esta se encenderá y procederemos a comprobar si la configuración es la correcta. Para ello, pulsaremos en la tecla "Menu", situada en la esquina inferior izquierda. En la primera pulsación aparecerá en la pantalla "Range". En esta pantalla el valor que ha de aparecer es "2". Al pulsar de nuevo en la tecla "Menu", pasaremos a la pantalla "Dir". En esta ha de aparecer "Outb". Si estos valores son los correctos, podemos pulsar sobre el gatillo de la pistola para salir del menú.

## 4. PROTOCOLO DE LA PRUEBA

El dispositivo de radar se ha de montar en un trípode y este ha de ser colocado detrás de la línea de salida a una distancia de entre 4,6 a 9,6 m, tal y como recomienda el fabricante para registrar las pruebas de aceleración y frenado. Asimismo, el radar se ha de colocar a una altura de 1 m sobre el suelo para que pueda quedar alineado, aproximadamente, con el centro de masa de la persona a evaluar.

### Figura 7

*Adquisición de datos mediante inicio desde el Stalker ATS (ver. 5.0)*



Cuando la persona se encuentre en la posición de salida estacionaria, detrás de la línea de salida. La posición de salida en la literatura puede ser en varias posiciones, las más representadas son de pie con ambos pies a la misma distancia de la línea de salida o con el pie preferido por detrás de la línea de salida.

El registro de datos se inicia mediante la función del software "cualquier tecla". Par poder activar este procedimiento ha de presionarse en la opción "Key" de la cinta de mando (Figura 7). Tras ello se abrirá una nueva ventana, "Record data". En este momento y cuando el investigador/entrenador decida por el transcurrir de la prueba, pulsando cualquier tecla del teclado, el software empezará a recoger los datos que le está aportando la pistola, es decir, desde ese momento

la pistola y el software están recabando datos. Seguidamente, se aporta una instrucción verbal a la persona "salga cuando esté listo". Es decir, los participantes pueden empezar a esprintar en cualquier momento, es decir, los tiempos de carrera no incluyen un tiempo de reacción.

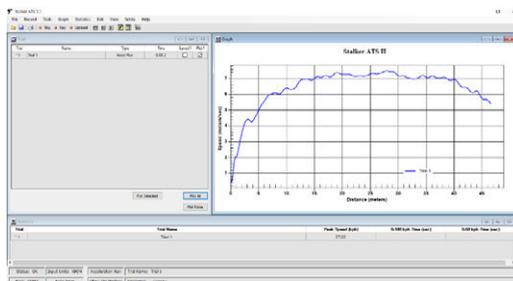
La captura de datos se detiene mediante la función "cualquier tecla" una vez que el participante haya recorrido la distancia preestablecida para la prueba.

## 5. EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

Una vez tomados determinado que la prueba ha terminado, en la pantalla del software aparecerá la imagen que podemos ver en la Figura 8. En ella, se puede observar que se encuentra recogidos los datos que, a su vez, en gráfico similar a una curva aplanada en gran parte de su recorrido.

**Figura 8**

*Datos recogidos por el Stalker ATS (ver. 5.0)*

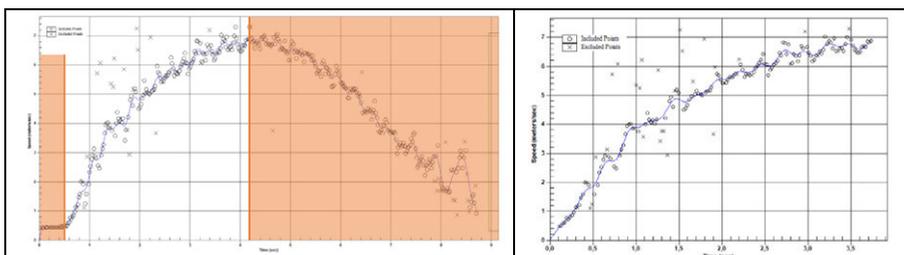


Si no aparece de forma instantánea la curva de la aceleración, haremos doble clic sobre la fila que aparecerá en la ventana con título "Trial". Si todo es correcto aparecerá una nueva ventana llamada "EDITING... (nombre de la prueba)". En ella encontraremos la curva de aceleración.

Tras la adquisición de los datos, y como fase previa al cálculo del perfil horizontal, hay que realizar una depuración de los datos recogidos. Este tratamiento de datos se basa en la eliminación de todos los valores de velocidad medidos antes del inicio real del esprint y todos aquellos que se encuentran después de la meseta de velocidad máxima (Figura 9). Sin embargo, la detección del inicio real del sprint en los datos de velocidad a menudo se ve comprometida por el ruido en la señal de velocidad debido a los movimientos de otros elementos en el campo de medición de la pistola justo antes del inicio del esprint puede generar una sobreestimación de las variables de fuerza y potencia. Por ello, se sugiere eliminar todos los valores para los que existe una duda entre la señal real y el ruido, y luego añadir un tercer parámetro (un retraso de tiempo de inicio de la aceleración).

**Figura 9**

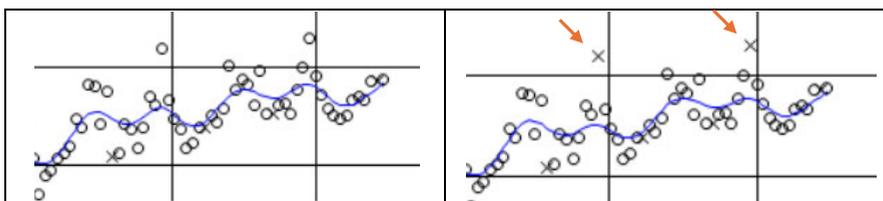
*Eliminación de la fase de parado y desaceleración*



Para este filtrado puede realizarse desde el propio software mediante la edición del gráfico de aceleración, como mediante el borrado de los datos del archivo “.RAD” resultante. En este capítulo, veremos el método gráfico. Para este método, iniciaremos la edición del gráfico clicaremos en “Point Select Mode”. En este momento se activarán los símbolos de “+” y “-“. Con el botón izquierdo se marcará la zona a eliminar, una vez elegida esta, se clicará en el símbolo “-“. Una vez realizado estos cambios, tal como indican los autores, el gráfico quedaría similar al de la Figura 9. Asimismo, se puede eliminar aquellos datos que sean producto del ruido. Para ello, pueden eliminarse los puntos de forma manual solo clicando sobre ellos. Pasarán de ser un círculo para convertirse en una X en el gráfico (Figura 10).

**Figura 10**

*Proceso de eliminación de datos fuera de rango normal*



Una vez terminado el proceso de filtrado de datos, podremos guardar el nuevo archivo de datos. Este nos servirá para exportar los datos a la hoja de cálculo facilitada por el Doctor Jean-Benoît Morin. En ella se encuentran todos los cálculos para poder realizar el estudio del perfil. Se puede descargar un libro de hojas de cálculo de [https://jbmorinnet.files.wordpress.com/2022/09/fvpsprint\\_splits-and-speed.xlsx](https://jbmorinnet.files.wordpress.com/2022/09/fvpsprint_splits-and-speed.xlsx) desde la página personal del Doctor Jean-Benoît Morin (<https://jbmorin.net/>). En el libro descargado, podremos encontrar tres hojas en las que, según el sistema utilizado para recabar los datos, usaremos una en concreto. En el caso que nos ocupa usaremos la titulada: “From speed-time curves”.

Antes de poder copiar los datos que necesitamos en la hoja de cálculo del Doctor Jean-Benoît Morin, se ha de realizar una modificación en la presentación de los datos que nos da el software Stalker ATS (ver. 5.0). El archivo resultante se denomina con el nombre que le hayamos indicado (por defecto, Trial 1) y con una

extensión de archivo “.RAD”. Este archivo con extensión “.RAD” puede ser abierto por el procesador de hojas de cálculo Excel de Microsoft. Sin embargo, cuando este sea abierto aparecerá con todos los datos recogidos en una misma columna (Figura 11a).

Para poder rescatar los datos necesarios para poder trasvasarlos al libro de cálculo descargado, se ha de pasar los datos a cada columna correspondiente y separadas entre sí. Para ello, desde la hoja de cálculo de Excel en la que se ha abierto el archivo con extensión “.RAD”, seleccionaremos la primera columna, a continuación, en la cinta de opciones clicaremos en “Datos” y seguidamente en “Texto en columnas”. Tras ello se abrirá una nueva ventana llamada “Asistente para convertir texto en columnas”. En esta ventana solo tendemos que darle a “Siguiente” hasta que se active el botón de “Terminar”.

**Figura 11**

*Lectura de datos del archivo con extensión “.RAD” por el software de Microsoft Excel*

a)						b)					
	A	B	C			A	B	C	D	E	
1	STALKER Version 5.020 using ATS II					1	STALKER Ver	sion	5.020 usi	ng ATS II	
2						2					
3	TRIAL NAME : Trial 11					3	TRIAL NAME :	T	rial 11		
4	10/05/2022 10:01:34 (mm/dd/yyyy)					4	10/05/2022	10:00	1:34 (mm/d	d/yyyy)	
5	1					5	1				
6	prueba 1					6	prueba 1				
7						7					
8	SAMPLE RATE : 46,875					8	SAMPLE RATE :		46,875		
9	SAMPLES : 175					9	SAMPLES :		175		
10						10					
11	DATA TYPE : 0 : Acceleration Run					11	DATA TYPE :	0 : Ac	celeratio	n Run	
12	UNITS : 3 : SI					12	UNITS :	3 : SI			
13	Speed Units : meters/sec					13	Speed Units :	m	eters/sec		
14	Accel Units : meters/s/s					14	Accel Units :	m	eters/s/s		
15	Dist Units : meters					15	Dist Units :	m	eters		
16						16					
17						17					
18	Sample	Time	Speed	Accel	Dist	18	Sample	Time	Speed	Accel	Dist
19						19					
20	0	0,00	0,03	3,88	0,00	20	0	0	0,03	3,88	0
21	1	0,02	0,11	3,88	0,00	21	1	0,02	0,11	3,88	0
22	2	0,04	0,19	3,87	0,00	22	2	0,04	0,19	3,87	0
23	3	0,06	0,28	3,78	0,01	23	3	0,06	0,28	3,78	0,01
24	4	0,09	0,36	3,60	0,02	24	4	0,09	0,36	3,6	0,02
25	5	0,11	0,43	3,39	0,02	25	5	0,11	0,43	3,39	0,02
26	6	0,13	0,50	3,19	0,03	26	6	0,13	0,5	3,19	0,03

*Nota. 1) Archivo con extensión “.RAD” abierto desde el procesador de hoja de cálculo de Microsoft Excel con los datos exportados en una sola columna; 2) Archivo con extensión “.RAD” abierto desde el procesador de hoja de cálculo de Microsoft Excel con los datos exportados repartidos entre columnas.*

Una vez descargada y seleccionada la hoja indicada, importaremos los datos de tiempo y velocidad instantánea de carrera (desde la exportación realizada en el archivo con extensión“.RAD”). En la pestaña “From speed-time curves” se incluirán nuestros datos, concretamente en las columnas A y B, la hoja del cálculo hará las mediciones (Figura 12). Para ello, solo habremos de copiar y pegar los datos del archivo con extensión “.RAD”, sobre los datos de la hoja de cálculo del Doctor Jean-Benoît Morin.

**Figura 12**  
Columnas A y B de la hoja “From speed-time curves”

	A	B
	Time (s)	Radar Speed (km/h)
1		
2	0	0,108
3	0,02	0,648
4	0,04	1,08
5	0,06	1,404
6	0,09	1,692
7	0,11	1,908
8	0,13	2,16
9	0,15	2,448
10	0,17	2,844
11	0,19	3,384
12	0,21	4,104

Cuando se hayan copiado, se ha de ajustar la longitud de las columnas en comparación con la plantilla, eliminando líneas de datos o añadiendo líneas replicando todas las fórmulas de las celdas C a O hasta el último valor de velocidad/tiempo. Asimismo, se han de incluir los datos del peso de la persona (kg), altura (m), temperatura (C°) y presión (mmHg) (Figura 13).

**Figura 13**  
Localización de los datos de peso de la persona, altura, temperatura y presión

Vmax (m/s)	7,516172584
Mass (kg)	72
Height (m)	1,77
T° (°C)	25
P (mmHg)	760
Tau (s)	1,07359649
Time delay (s)	0,033140206
SUM of square differences	42,84
Air friction coefficient k (kg/m)	0,27
rho (kg/m³)	1,18 see Arsac et
Af (m²)	0,50 al. 2002
Cd	0,9
Drf	-0,083

Una vez seguidos los pasos anteriores, un elemento importante para el cálculo del perfil, es reducir la suma de las diferencias de los cuadrados (aparece como “SUM of square differences”). Para ello, en la cinta de opción clicaremos en “Datos” y, estando en este apartado, clicar en “Solver” (sino aparece esta opción consultar [aquí](#)). Una vez clicado, se abrirá una nueva ventana en la que se solo tendremos que asegurar que la celda a tartar sea la que desprenda el resultado de “SUM of square differences”. Una vez comprobado, clicaremos en “Resolver”. El



sus objetivos y necesidades específicas.

- Interfaz gráfica intuitiva: El software cuenta con una interfaz gráfica intuitiva que permite a los usuarios visualizar y analizar los datos en tiempo real. La interfaz también permite la comparación de datos entre diferentes atletas y sesiones de entrenamiento.
- Sincronización con dispositivos móviles: *My Sprint* se puede sincronizar con dispositivos móviles para una fácil captura de datos durante las sesiones de entrenamiento.
- Reportes y análisis: *My Sprint* permite generar informes y análisis personalizados para evaluar el rendimiento de los atletas y hacer ajustes en el entrenamiento en consecuencia.

En resumen, *My Sprint* es un software especializado para el análisis de datos biomecánicos en el deporte, que permite a los entrenadores y atletas recopilar y analizar datos de movimiento para mejorar el rendimiento deportivo.

## V. REFERENCIAS

- Alcázar, J., Rodríguez-López, C., Ara, I., Alfaro-Acha, A., Rodríguez-Gómez, I., Navarro-Cruz, R., Losa-Reyna, J., García-García, F. J., & Alegre, L. M. (2018). Force-velocity profiling in older adults: An adequate tool for the management of functional trajectories with aging. *Experimental Gerontology*, 108, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.03.015>
- Haugen, T. A., Breitschädel, F., & Seiler, S. (2019). Sprint mechanical variables in elite athletes: Are force-velocity profiles sport specific or individual? *PLOS ONE*, 14(7), e0215551. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215551>
- Rumpf, M. C., Lockie, R. G., Cronin, J. B., & Jalilvand, F. (2016). Effect of different sprint training methods on sprint performance over various distances: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(6), 1767-1785. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001245>
- Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez de Villarreal, E., & Morin, J.-B. (2016). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(6), 648–658. <https://doi.org/10.1111/sms.12490>
- Stavridis, I., Smilios, I., Tsopanidou, A., Economou, T., & Paradisis, G. (2019). Differences in the Force Velocity Mechanical Profile and the Effectiveness of Force Application During Sprint-Acceleration Between Sprinters and Hurdlers. *Frontiers in sports and active living*, 1, 26. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00026>
- Samozino, P. (2018). *A Simple Method for Measuring Force, Velocity and Power Capabilities and Mechanical Effectiveness During Sprint Running*. En: Morin, JB., Samozino, P. (eds) *Biomechanics of Training and Testing* (pp.237-267). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05633-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05633-3_11)