



---

# DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE CARRERA EN DIFERENTES POBLACIONES DEPORTIVAS

---

TRABAJO DE FIN DE GRADO CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD  
FÍSICA Y EL DEPORTE

PÉREZ GARCÍA, JOSE MIGUEL

SÁNCHEZ ROSA, ANTONIO DAVID

PROFESOR: GÓMEZ PIRIZ, PEDRO TOMÁS  
CURSO: 2018/2019

<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁG.</b>
<b>1 RESUMEN.</b> _____	<b>1</b>
<b>2 INTRODUCCIÓN.</b> _____	<b>3</b>
<b>3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.</b> _____	<b>6</b>
<b>3.1 ECONOMÍA DE CARRERA.</b> _____	<b>6</b>
<b>3.2 BIOMECÁNICA DE LA CARRERA.</b> _____	<b>7</b>
3.2.1 FASES DE LA CARRERA. _____	8
3.2.2 VARIABLES INTRÍNSECAS. _____	9
3.2.2.1 VARIABLES ESPACIO-TEMPORALES. _____	10
3.2.2.2 VARIABLES CINEMÁTICAS. _____	14
3.2.2.3 RANGO DE ESFUERZO PERCIBIDO (RPE). _____	15
3.2.2.4 RESUMEN DE VARIABLES DETERMINANTES EN LA CARRERA RELACIONADAS CON EL ESTUDIO. _____	16
3.2.3 DIFERENCIAS ENTRE LA CARRERA EN EL TAPIZ RODANTE Y LA CARRERA EN EL EXTERIOR. _____	17
3.2.4 DIFERENCIAS EN LA ECONOMÍA DE CARRERA SEGÚN EL GÉNERO. _____	18
3.2.5 DIFERENCIAS EN LA ECONOMÍA DE CARRERA SEGÚN EL NIVEL DE LOS CORREDORES. _____	19
3.2.6 INCIDENCIA LESIONAL SEGÚN PATRÓN DE CARRERA. _____	20
<b>4 OBJETIVOS.</b> _____	<b>23</b>
<b>5 MÉTODO.</b> _____	<b>24</b>
<b>5.1 PARTICIPANTES.</b> _____	<b>24</b>
<b>5.2 VARIABLES DE ESTUDIO.</b> _____	<b>26</b>
<b>5.3 PROCEDIMIENTO.</b> _____	<b>28</b>

<b>5.4</b>	<b>MATERIAL.</b>	<b>30</b>
5.4.1	Polar M200.	31
5.4.2	Lumo Run.	32
5.4.3	Myotest.	33
5.4.4	Tápiz rodante.	36
<b>6</b>	<b>RESULTADOS.</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>DISCUSIÓN.</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>PERSPECTIVAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.</b>	<b>50</b>
<b>10</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b>	<b>52</b>
<b>11</b>	<b>ANEXOS.</b>	<b>59</b>
11.1	Índice de tablas.	59
11.2	Índice de ilustraciones.	59
11.3	Índice de gráficos.	60



## **1 RESUMEN.**

El principal objetivo de este estudio ha sido la descripción del perfil de carrera en adultos de diferentes poblaciones deportivas. Se contó con una muestra total de 15 sujetos, 11 hombres y 4 mujeres, con edades comprendidas entre 21 y 42 años, pertenecientes o bien al alumnado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, karatecas o atletas. Los sujetos fueron sometidos a 2 pruebas en un tapiz rodante (al 50% y 70% de la velocidad máxima) con el fin de obtener diversos parámetros biomecánicos del ciclo de la marcha, medidos con distintos acelerómetros, previo análisis de la velocidad máxima.

Los resultados muestran mayores velocidades pico en hombres con respecto a mujeres, incremento de la cadencia, tiempo de frenado, balanceo y rotación de cadera al 70% de la velocidad máxima, y datos muy heterogéneos correspondientes a la rigidez.

Palabras clave: Economía de carrera, tapiz rodante, biomecánica, ciclo de la marcha, acelerómetro.

## **ABSTRACT.**

The aim of this study was the description of the running profile in adults of different sports populations. There was a total sample of 15 subjects, 11 men and 4 women, between the ages of 21 and 42. There are students of Physical Activity and Sports Sciences, karateka or athletes. Subjects underwent 2 tests on a treadmill (50% and 70% of the maximum speed) in order to obtain various biomechanical parameters of the gait

cycle, measured with different accelerometers, previous evaluation of the maximum velocity.

The results show peak speeds in men from women, increase in cadence, braking time, swing and hip rotation at 70% of maximum speed, and very heterogeneous data corresponding to stiffness.

Keywords: Running Economy, Treadmill, Biomechanics, Gait Cycle, Accelerometer.

## 2 INTRODUCCIÓN.

Muchos son los estudios que abordan la carrera, tema de interés actual desde que el running está en continuo auge. Principalmente estos tratan sobre parámetros de rendimiento que afectan a la hora de correr, ya sea desde el punto de vista de la biomecánica, la fisiología o el entrenamiento.

Este incremento del running va ligado también a aspectos sociales y saludables aparte del rendimiento deportivo, y es que, la carrera trae potencialmente beneficios al estado de salud en una sociedad con necesidad de desarrollo y mantención de estilos de vida saludables, en la que cada vez hay mayor empoderamiento del autocuidado. Por otra parte, es un deporte de fácil acceso, ya que solo necesitas calzarte unas zapatillas y salir a correr. Si a todo ello le sumamos que es un deporte masivo, por lo que influye en muchas personas, el resultado es la competitividad entre runners y la gran cantidad de carreras que se dan a lo largo de cada año (De la Fuente, 2016).

La práctica deportiva de la carrera a pie ha aumentado en popularidad durante la última década, de forma que en España es la quinta actividad física más practicada (García Ferrando y Llopis Goig, 2010). Del total de personas que realiza actividad física, el 22.6% afirma que realiza carrera a pie (García Ferrando y Llopis Goig, 2010). Paralelamente, el número de carreras populares ha aumentado un 50% desde el 2008, llegando a celebrarse, a día de hoy, cerca de 3000 carreras populares anuales repartidas por toda la geografía española (Suances, 2014). Y no sólo han aumentado el número de eventos celebrados, sino también el número de participantes en las mismas. Por ejemplo, en la San Silvestre Vallecana se ha pasado de 6500 corredores a 40000 desde el año 1999 al 2015 (Suances, 2014). Este tipo de carreras populares se celebran sobre diferentes

distancias, que normalmente van desde los 5 km a los 42.195 km de la maratón, lo que la International Association of the Athletics Federations (IAAF, s. f.) denomina como carreras de fondo o larga distancia. A continuación, podemos ver un gráfico que muestra el incremento del número total de corredores llegados a meta, en los maratones disputados en España esta última década (Ilustración 1).

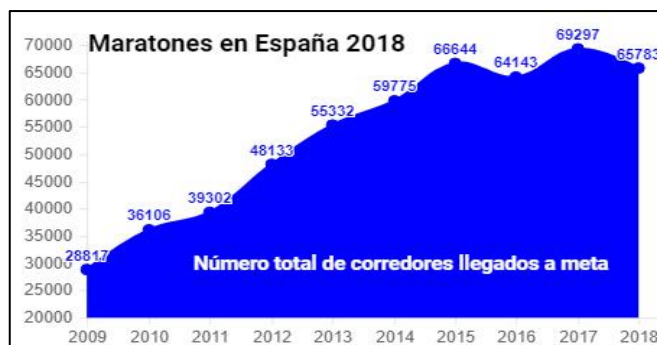


Ilustración 1. Corredores llegados a meta en España en la última década.

Siendo Valencia, Barcelona y Sevilla, las ciudades con más participación en maratones estos últimos años (Ilustración 2). En las mismas se dan cita desde los mejores atletas del país hasta corredores de nivel más popular, siendo el abanico de rendimiento muy variado.

Llegados a meta 2018		
19.249 Valencia	954 Palma	259 Tenerife
13.535 Barcelona	902 Gran Canaria	249 Ciudad Real
9.492 Sevilla	849 Bilbao	214 Empúries
8.827 Madrid	655 A Coruña	202 Girona VV
2.407 Málaga	599 Zaragoza	202 Navajas VV
2.343 San Sebastián	580 Lanzarote	183 Pamplona
958 Castellón	560 Vitoria	172 Laredo
	466 Ibiza	148 Burgos
	413 Badajoz	140 Logroño
	394 Murcia	109 Plazaola VV
	292 Tarragona	76 Arganda VV
	282 Alcalá	47 Toledo
		25 Aguilar de Campóo

Ilustración 2. Corredores llegados a meta en España, ordenados por ciudades.



El propósito de nuestro trabajo es analizar una serie de parámetros que pueden resultar de gran utilidad en la descripción de perfiles de diferentes poblaciones, según la relación que puedan tener estos con la carrera. Utilizando información objetiva y dispositivos que nos aporten información relevante, para poder seguir avanzando en el análisis de la carrera y sus factores diferenciadores.

### **3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

En este apartado describiremos todos los componentes que hemos considerado determinantes a la hora de llevar a cabo nuestro estudio. Entre los cuales abordaremos variables biomecánicas que influyen en la carrera, así como estos modifican la economía de carrera.

A continuación, expondremos principalmente los parámetros que hemos tenido como referencia para construir el perfil de carrera de los sujetos medidos.

Además, compararemos las diferencias fundamentales entre los diversos grupos de población que han sido estudiados en nuestro trabajo, los cuales son estudiantes de Ciencias de la Actividad Física y del deporte, karatecas y corredores de 800m y 3000 m respectivamente. También contrastaremos el uso del tapiz rodante como medio de realizar la carrera en función de las diferencias y similitudes con la carrera en el exterior.

#### **3.1 ECONOMÍA DE CARRERA.**

La economía de carrera es comúnmente definida como “el gasto energético o VO<sub>2</sub> consumido a una velocidad de carrera determinada” (Saunders et al. 2004).

Así, los corredores con una mejor economía de carrera presentan un menor consumo de oxígeno a la misma velocidad y justifica, en gran medida, su mayor rendimiento en las carreras de fondo y medio fondo (Saunders et al. 2004).

Moore (2016) afirma que ciertos factores pueden modificar la economía de carrera, y uno de dichos factores es la biomecánica individual llevada a cabo durante el ciclo de la marcha.

Saunders et al (2004) en su estudio agrupan 5 grandes grupos de factores que resultan determinantes en la economía de carrera de nuestros atletas, y puede servirnos de guía para la mejora del rendimiento de estos (Ilustración 3).

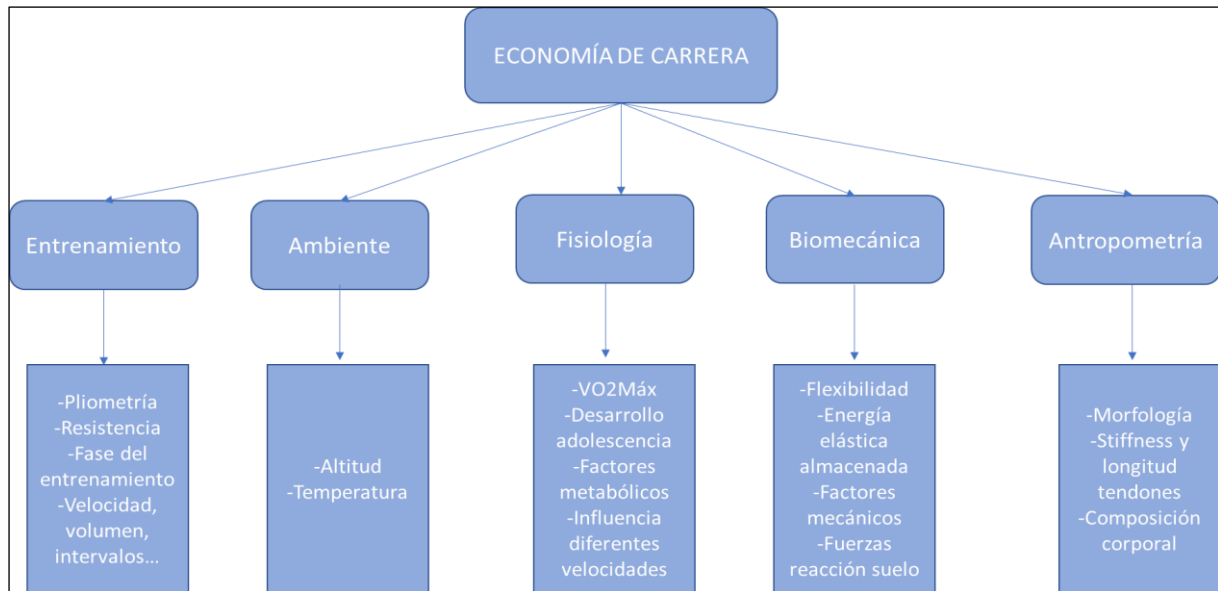


Ilustración 3. Factores que afectan a la economía de carrera. Adaptado de Saunders et al. (2004)

### 3.2 BIOMECÁNICA DE LA CARRERA.

“Generalmente, la biomecánica es definida como el área de estudio del conocimiento y los métodos de la mecánica, que son aplicados a la estructura y función del sistema de locomoción humana” (José, 2009). Este mismo autor nos cita que el objetivo del biomecánico deportivo es el estudio de las características físicas del cuerpo humano y los principios de la mecánica con el fin de guiar la efectividad de los movimientos que realiza el atleta. Con lo cual, le hemos dado un valor importante a la fundamentación de este apartado, ya que consideramos fundamental el conocimiento de las variables biomecánicas que pueden influir en el patrón de carrera de nuestros deportistas.

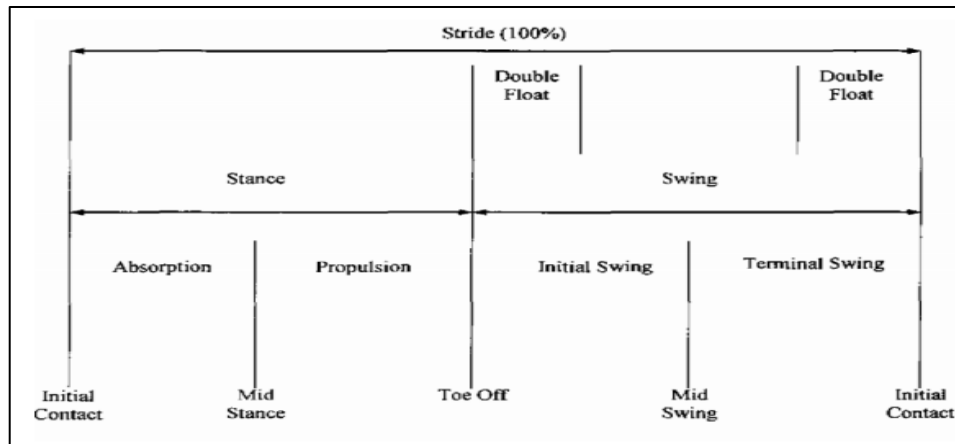
Existen tanto variables biomecánicas intrínsecas como extrínsecas, sin embargo, en nuestro trabajo hemos desarrollado principalmente factores intrínsecos que son aquellos que se han abordado en el estudio.

### 3.2.1 FASES DE LA CARRERA.

Antes de desarrollar las distintas variables, hemos considerado oportuno definir las distintas fases que se dan durante el ciclo de la carrera.

*“La carrera no es más que una sucesión de apoyos unipodales (sucesivamente de una pierna y otra), sin embargo, debido a la repetición del gesto, el más mínimo defecto adquiere proporciones importantes”* (Brigaud, 2016).

En lo referente a la biomecánica de carrera, podemos distinguir entre varias fases: fase de contacto inicial de un pie, fase de balanceo de la pierna contralateral, fase de despegue del pie y fase de contacto del pie contralateral (Ilustración 4). En algunos casos la fase de balanceo la diferencian en 3, por las características de trabajo muscular y movimiento articular que se producen en esas fases. Estas fases de balanceo son: balanceo inicial, balanceo medio y balanceo tardío (Thordarson, 1997).



*Ilustración 4 Fases de la carrera. Tomado de Thordarson (1997).*

Como podemos ver en la imagen, la fase de apoyo cuenta con un periodo de absorción y uno de propulsión, que finaliza cuando el pie pierde el contacto con el suelo, dando comienzo la fase de balanceo, en la que el pie se encuentra en suspensión.

Brigaud (2016) cita que la fase de suspensión determina la calidad del apoyo, cobrando una gran importancia en dicha fase la pelvis y la columna vertebral, ya que sirven de sostén cuando el pie no está sometido a ninguna tensión de apoyo.

### 3.2.2 VARIABLES INTRÍNSECAS.

Según Moore (2016), los factores intrínsecos hacen referencia a variables biomecánicas individuales de cada corredor, y se pueden categorizar en factores espacio-temporales (parámetros relacionados con cambios en fases del ciclo de la zancada), cinéticos (fuerzas que causan movimiento), cinemáticos (patrones de movimientos) y neuromusculares (variables en relación a nervios y músculos).

En nuestro estudio nos basaremos principalmente en variables espacio-temporales, ya que son aquellas que hemos tenido la posibilidad de medir con nuestros aparatos.

A continuación, se muestra una tabla con la revisión realizada por Moore (2016), en la cual se muestran algunas de las variables que vamos a citar (contorno rojo), concluyendo que existen algunas que tienen una mayor evidencia científica que otras.

Tabla 1. ¿Existe una técnica de carrera económica? Tomada de Moore (2016)

Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy					803
Evidenced effect on RE	Intrinsic				Extrinsic
	Spatiotemporal	Kinetics	Kinematics	Neuromuscular	
Beneficial	Self-selected stride length (minus 3%)	Greater leg stiffness	Less leg extension at toe-off	Low muscle activation during propulsion	Firm, compliant shoe-surface interaction
	Low vertical oscillation	Alignment of GRF and leg axis during propulsion	Large stride angle	Low agonist-antagonist coactivation	Barefoot or lightweight shoes (<440 g)
Conflicting	Ground contact time	Low lower limb moment of inertia	Maintain arm swing	Biarticular coactivation	Orthotics
	Swing time	Impact force	Trunk lean		
Limited or unknown	Horizontal distance between the foot and CoM at initial contact	Anterior-posterior forces	Swing phase	Vastus medialis preactivation	
	Braking/deceleration time	Impulses	Foot-strike pattern		
	Speed lost during ground contact		Breast kinematics		

*CoM* centre of mass, *GRF* ground reaction force, *RE* running economy

### 3.2.2.1 VARIABLES ESPACIO-TEMPORALES.

Las variables espacio temporales que hemos medido en nuestro estudio son: frecuencia y longitud de zancada, oscilación vertical, caída pélvica, tiempo de contacto y velocidad.

Hace años, Williams y Cavanagh (1987) cifraron que el 54% de la variabilidad interindividual de la economía de carrera podría deberse a diferencias en estos

parámetros. Sin embargo, hasta que los sistemas de medición no han avanzado y permitido su registro de manera más sencilla, los estudios al respecto han sido escasos (Ogueta-Alday y García, 2016).

El análisis de las características espacio-temporales de la marcha permiten un estudio detallado de esta actividad física. Para la realización de este tipo de análisis no hace falta una cara instrumentación. Esto hace de este tipo de análisis un método adecuado para un estudio detallado de la marcha en instituciones donde no hay una gran infraestructura. (Tobalina, 2011).

A continuación, se describen las variables citadas:

**- Frecuencia y longitud de zancada:**

La frecuencia o cadencia es el número de pasos o zancadas que da un sujeto en un tiempo determinado, mientras que la longitud, es la distancia entre sucesivos puntos de contacto de pies alternos con el suelo (Tobalina, 2011).

Moore (2016) afirma que, si la velocidad se mantiene constante, el incremento de la longitud de zancada o bien de la frecuencia produce una disminución de la otra variable.

Este mismo autor en su revisión nos muestra como el hecho de disminuir la longitud de zancada un 3% puede mejorar la economía de carrera (Tabla 2).

**- Oscilación vertical, balanceo y rotación de la cadera**

La estabilidad pélvica ha sido definida como “la posición eficaz de las articulaciones de la pelvis a cada demanda de carga específica a través de una compresión conjunta, mediante la gravedad, que se adapta adecuadamente mediante las fuerzas

coordinadas de músculos y ligamentos, que producen fuerzas de reacción conjuntas que son eficaces bajo condiciones cambiantes” (Vleeming, Mooney y Stoeckart, 2007).

Sin embargo, existen situaciones de inestabilidad pélvica que dan lugar a alteraciones en el patrón de movimiento, como son la oscilación vertical, balanceo (pelvis drop) y rotación de la cadera.

En primer lugar, la oscilación vertical, se produce por una inestabilidad de la musculatura del core y de la cadera durante la carrera. El aumento del desplazamiento vertical del centro de masas predice un mayor momento extensor máximo de rodilla, una fuerza de reacción vertical máxima contra el suelo (GRF) incrementada, así como un mayor impulso de frenado durante la carrera. Un exceso de desplazamiento vertical puede reflejar un mal vector horizontal, una mala extensión de cadera o extensión temprana de tobillo (Wille et al., 2014).

Por otro lado, el balanceo de cadera o pelvis drop se produce durante la carrera en fase de apoyo monopodal. Cuando la pelvis no está bien estabilizada, se produce una caída hacia el lado contralateral. Esta caída pélvica traerá una serie de reacciones en cadena en el miembro inferior y tronco (Takacs y Hunt, 2012). Estas reacciones como resultado de una debilidad de los abductores de cadera, aumenta el momento de abducción de rodilla (Knee abduction moment, KAM), lo cual se encuentra ligado a un aumento del dolor y deterioro del cartílago articular, provocando oseoartritis de rodilla (Blanco, 2017).

Por último, con respecto a la rotación de cadera, ésta tiende a alargar la zancada, dándose una correlación entre dicha rotación y la velocidad; así a mayor rango menor velocidad. De ahí que, una gran rotación pélvica descende más el CGC (doble apoyo), el cual debe oscilar poco, tratando de seguir una trayectoria casi horizontal para disminuir



el gasto energético, siendo la marcha más efectiva (Barreto, Villaroya-Aparicio y Calero, 2017).

Además, las rotaciones de las cinturas escapular y pélvica son opuestas, arrastrando consigo a los miembros superiores. La sincronización de estos movimientos tiene como función absorber y contrabalancear las rotaciones, así coordinará y equilibrará la movilidad de las extremidades inferiores, lo cual ayuda a disminuir el gasto energético durante la marcha atlética (Barreto, Villaroya-Aparicio y Calero, 2017).

**- Tiempo de contacto:**

Es el tiempo que el pie se encuentra en contacto con el suelo, empieza con el contacto inicial del talón de un pie en el suelo y termina con el contacto final del antepié del mismo pie en el suelo (Tobalina, 2011).

Según los estudios revisados por Moore (2016) existen autores que defienden que un menor tiempo de contacto requiere un mayor gasto metabólico debido a que se necesita producir fuerza más rápidamente, sin embargo, otros citan que sucede lo contrario, que un mayor tiempo de contacto supone un coste metabólico más elevado debido a que el producir fuerza más lentamente desencadena en una mayor fase de frenado.

Con lo cual, dado a que el análisis de esta variable puede resultar conflictivo, nos centraremos más en otros aspectos que pueden influir más en la economía de carrera.

**- Velocidad:**

Es la distancia que recorre una persona en un tiempo determinado. La transición de la marcha a la carrera empieza a producirse de acuerdo con las características o preferencias de las personas. Tobalina (2011) explica que la velocidad depende de la

longitud y el tiempo de zancada, y que la variación de la misma se produce por una variación conjunta de estas dos variables.

En deportes cíclicos como la natación o la carrera a pie, se utiliza habitualmente la velocidad como indicador de la intensidad del ejercicio. La velocidad puede ser un índice que refleje fielmente el gasto energético del deportista en condiciones constantes, pero este no suele ser el caso en deportes con condiciones ambientales cambiantes, por ejemplo, el ciclismo (Mujika, 2006).

### 3.2.2.2 VARIABLES CINEMÁTICAS.

*“La cinemática es el término usado para describir el movimiento espacial del cuerpo, sin considerar las fuerzas que causan dicho movimiento, incluyendo desplazamientos lineares y angulares, velocidades y aceleraciones”* (Winter, 1987).

En este apartado, hablaremos de la *rigidez o stiffness*, parámetro biomecánico relacionado con el rendimiento.

Durante la carrera, los principales músculos extensores de las articulaciones del tobillo y la rodilla (i.e., tríceps sural y cuádriceps, respectivamente) contribuyen en más de un 70% al trabajo mecánico total realizado (Sasaki y Neptune, 2006). En este complejo mecanismo, músculo y tendón deben ser considerados como una unidad de transmisión de energía (Dumke, Pfaffenroth, McBride y McCauley, 2010), y si los convertimos en un modelo de muelles (i.e., “spring-mass model”), se puede decir que el “leg-stiffness” de las piernas es la relación entre la fuerza máxima aplicada al “muelle” (i.e., la máxima fuerza aplicada contra el suelo) y la máxima compresión del mismo (i.e., el descenso del centro de gravedad) (Morin, Samozino, Zameziati y Belli, 2007). La energía almacenada

en estos “muelles” podría disminuir la activación muscular y el gasto energético que ésta conlleva, dentro de una limitación temporal, ya que el sistema muscular de los seres vivos es viscoelástico, y no puramente elástico. Así, se conoce que existe una relación positiva entre el “leg-stiffness”, la economía de carrera y el rendimiento (Ogueta-Alday & García-López, 2016).

Brigaud (2016) nos cita en su libro la complejidad que tiene el análisis de esta variable, ya que cada sistema tisular (articular, tendinoso y muscular) muestra su propio nivel de elasticidad, la cual no controlan de manera voluntaria, sin embargo, participa en la variación del ángulo de las distintas articulaciones. Este mismo autor manifiesta que prefiere hablar de amortiguación motriz, en vez de rigidez.

El stiffness cobra gran importancia a la hora de adaptar nuestras articulaciones a terrenos diversos, por ejemplo, cuando la superficie es muy dura se reduce la rigidez con el fin de que haya una mayor amortiguación, mientras que ante una superficie más blanda sucede lo contrario, se requiere una mayor stiffness para reducir la amortiguación.

### 3.2.2.3 RANGO DE ESFUERZO PERCIBIDO (RPE).

Otra de las variables que tendremos en cuenta será la valoración subjetiva del esfuerzo, conocida como RPE o escala de Borg, la cual según Mujika (2006) es una de las herramientas más utilizadas desde hace décadas para llevar a cabo una valoración subjetiva del esfuerzo.

Esta escala responde a factores psicofisiológicos, y se han establecido relaciones entre el valor de RPE a distintas intensidades de ejercicio, por una parte, y la frecuencia cardíaca y la concentración de lactato sanguíneo por otra (Borg y col. 1987). Las dos variaciones de esta escala (tanto la que va de 6 a 20 puntos como la que va de 0 a 10

puntos) han sido y siguen siendo utilizadas para evaluar y cuantificar la intensidad del entrenamiento (Mujika, 2006).

### 3.2.2.4 RESUMEN DE VARIABLES DETERMINANTES EN LA CARRERA RELACIONADAS CON EL ESTUDIO.

Se relacionan las distintas variables que, controladas, permitirían establecer un perfil adecuado del deportista para las multitudes aplicaciones. Estas son (Tabla 2):

*Tabla 2. Resumen de las variables determinantes en la carrera relacionadas con el estudio*

<b>Parámetro</b>	<b>Medida</b>	<b>Concepto</b>
Tiempo de contacto	s	Tiempo que el pie se queda en el suelo durante cada paso
Distancia CDG	cm	Desplazamiento del CDG horizontal
Amplitud CDG	cm	Desplazamiento del CDG vertical
Rigidez	Kn/m	Capacidad o propiedad biomecánica del músculo de oponerse al estiramiento
Reactividad	s	Capacidad para cambiar rápidamente de una acción excéntrica a una acción concéntrica
Regularidad	%	Se corresponde con el cálculo promediado de la variabilidad de los parámetros analizados
Cadencia (Cadence)	Step	Sucesión de pasos en el suelo
Tiempo de frenado (Braking)	m/s	Disminución de la velocidad del cuerpo en cada paso
Oscilación vertical (Bounce)	cm	Movimiento ascendente y descendente del centro de gravedad
Balaceo de cadera (Drop)	Grados (°)	Caída de la pelvis, hacia arriba y abajo
Rotación de cadera (Rotation)	Grados (°)	Rotación pélvica, hacia izquierda y derecha

### 3.2.3 DIFERENCIAS ENTRE LA CARRERA EN EL TAPIZ RODANTE Y LA CARRERA EN EL EXTERIOR.

El tapiz rodante se suele usar para entrenar la resistencia, pero estas también son válidas para estudiar la biomecánica de la carrera desde un punto de vista científico, ya que podemos evaluarla bajo condiciones controladas.

Como en nuestro proyecto vamos a usarlo para aprovechar estas condiciones controladas, hemos revisado qué dice la literatura científica sobre esta en comparación con la carrera en el exterior.

En una revisión de comparaciones de parámetros cinemáticos de correr en el tapiz rodante y sobre tierra, Williams (1985) concluyó que la mayoría de comparaciones mostraron que no había diferencias significativas y que las únicas diferencias significativas ocurrieron a velocidades mayores que 5.0 m/s.

Ya en 1995, Nigg y colaboradores declararon que correr en el tapiz altera el patrón en la fase inicial de contacto, tendiendo a contactar con el mediopie, como principal diferencia con correr en superficie exterior. Y que las diferentes adaptaciones de los parámetros en la cinta diferían de forma individualizada.

En el estudio de Riley et al. (2007), en el que realizaron una comparación cinemática y cinética entre la carrera en el exterior y en el tapiz rodante, se encontró que las características cinéticas y cinemáticas en cuanto a biomecánica de la marcha fueron similares en ambas superficies. Sin embargo, las diferencias fueron significativas en la cinemática de la rodilla (diferentes picos de extensión y flexión), el valor pico de reactividad, joint moment y joint power.

Por otra parte, Fellin et al. (2010) observaron una disminución de 4.5 grados en la dorsiflexión del pie al contactar con el tapiz.

Chambon et al. (2014) concluye que a pesar de que con el tapiz podemos adaptar individualmente la variabilidad de la carrera, no llega a representar de manera justa la ejecución de esta sobre el exterior.

### 3.2.4 DIFERENCIAS EN LA ECONOMIA DE CARRERA SEGÚN EL GÉNERO.

El género tiene una gran influencia en el rendimiento de las carreras de fondo. Por ejemplo, en los últimos JJOO de Río 2016, el ganador masculino de la maratón (Eliud Kipchoge) consiguió un tiempo de 2:08:44 , mientras que la ganadora (Jemima Sumgong) necesitó 2:24:04, una diferencia de más de 15 minutos.

Una posible explicación podría residir en los menores valores de fuerza y VO<sub>2</sub>max que presentan las mujeres frente a los hombres. Los hombres muestran ~ 20-25% mayor VO<sub>2</sub>max que las mujeres a cualquier edad (McArdle y col., 2004).

Desde el punto de vista fisiológico, los hombres y mujeres poseen rasgos claramente diferenciados, lo que explica en cierto modo resultados deportivos, las mujeres han accedido con mucho retraso al deporte de competición, por lo que las marcas han sido más discretas; pero conforme se han ido incorporando a programas de competición similares a los de los chicos las diferencias de las marcas se han reducido, siendo la mejora de las mismas en ellas mucho más rápida que en la de ellos (Pérez, 2009).

En general se cree que una mujer debe tener un consumo superior a 65 ml- Kg. – min para alcanzar una posición élite en las competiciones de resistencia, sin embargo, como argumenta Pérez (2009) existen otras variables influyentes como la velocidad de

carrera, la velocidad de comienzo de acumulación del lactato en la sangre o el umbral del lactato, variables que reflejan la capacidad de eliminación del lactato de una persona. Estos factores determinan el éxito cuando el VO<sub>2</sub>Máx de las competidoras es similar.

### 3.2.5 DIFERENCIAS EN LA ECONOMÍA DE CARRERA SEGÚN EL NIVEL DE LOS CORREDORES.

Un runner es una persona que desarrolla el running una distancia mínima a la semana (se cita a menudo entre 20-30 km) sobre una superficie regular y que haya corrido regularmente por un periodo mínimo de tiempo (habitualmente se cita entre 1-3 años) (Hreljac, 2005).

Santos et al (2013) llevaron a cabo un estudio en el cual investigaron las relaciones entre diferentes variables biomecánicas y la economía de carrera tanto en corredores recreativos como en corredores entrenados. En este estudio tomaron como muestra a 11 atletas populares y 14 atletas entrenados, los cuales completaron estadios de 4 minutos en tapiz rodante a diferentes velocidades, más concretamente comenzaban con una velocidad de 9 km/h e iban incrementando 1,5 km/h cada 4 minutos hasta el agotamiento.

En primer lugar, en este estudio se concluyó que los corredores entrenados son más económicos que los recreacionales a velocidades submáximas. Además, con respecto a las variables biomecánicas se confirman diferencias significativas en velocidades por encima de 9 km/h, siguiendo los atletas entrenados un patrón de carrera característico por una mayor longitud de zancada, menor frecuencia de dichas zancadas, menor tiempo de contacto y mayor balanceo que permite un uso energético más eficiente por zancada. (Santos et al. 2013).

### 3.2.6 INCIDENCIA LESIONAL SEGÚN PATRÓN DE CARRERA.

Como cita Ceysens (2019) una desventaja de la carrera es el alto riesgo de padecer una lesión relacionada con la propia carrera. En corredores novatos, la razón más común para parar de correr es el lesionarse. (Fokkema et al. 2019) El rango de incidencia lesional referido de los corredores va de un 3 a un 85% de los corredores (Kluitenberget al. 2015, van Gent et al. 2007) y de 2,5 a 33 lesiones por cada 1000h de carrera (Viadeaek et al. 2015). También Hreljac (2005) menciona que se espera que entre un 27-70% de los runners sufra al menos una lesión durante cualquier periodo del año.

La gran variación que se muestra en esta incidencia lesional podría ser explicada por la gran diferencia existente entre la población que practica running, seguido de la duración de las investigaciones y la disparidad de definiciones que concluyen lo que es una lesión relacionada con la carrera según cada estudio (Kluitenberget al. 2015 y 2016, Williams, P. et al. 2014, Yamato, 2015).

Según van Gent y colaboradores (2007) las zonas de mayor incidencia lesional en el runner son la rodilla con un rango del 7-50 % del total de lesiones, la porción inferior de la pierna con un rango de 9-32%, el pie con 6-39%, la porción superior del muslo con 3-38%, el tobillo con 4-17% y la cadera y pelvis con 3-12%.

Frecuentemente, se catalogan como lesiones relacionadas con la carrera el dolor patelofemoral, el síndrome de la banda iliotibial, el síndrome del tibial medial, la tendinopatía aquilea y la fascitis plantar (Lopes A. et al. 2012, Taunton, J. 2002).

Nicola et Jewison (2012) estudiaron las irregularidades biomecánicas más comunes durante la carrera y su relación con las lesiones (Tabla 3).



Tabla 3. Alteraciones biomecánicas comunes asociadas con lesiones. Adaptada de Nicola, y Jewison, (2012)

Table 1 Common biomechanical abnormalities and associated injuries					
Injury	Pelvis	Hip	Knee	Ankle	Foot
IT band syndrome	Increased anterior or posterior tilt <sup>4,15</sup>	Increased hip adduction <sup>42</sup> Femoral neck anteversion <sup>36</sup>	Genu varum <sup>4</sup>		
Posterior tibial tendonopathy					Hyper/hypo- pronation <sup>36</sup>
Hamstring strain	Excessive anterior pelvic tilt <sup>1,27,28</sup>			Ankle equines <sup>4</sup>	
Medial/lateral/anterior compartment syndrome			Patella alta <sup>36</sup>		
Flexor hallucis longus tendonitis					Cavus foot/flat foot <sup>36</sup>
Patellofemoral pain	Anterior pelvic tilt <sup>4</sup>	Weak hip abductors <sup>41</sup>	Excessive Q angle, <sup>36</sup> Genu Varum <sup>4</sup>		Overpronation <sup>4</sup>
Stress fractures		Increased hip adduction <sup>20,37</sup>	Squinting patella, <sup>36</sup> hypermobile patella, <sup>36</sup> Genu varum <sup>4</sup>		Hindfoot varus, <sup>20,37,38</sup> oversupination, <sup>4</sup> overpronation <sup>4</sup>
Achilles tendonopathy			External tibial torsion <sup>36</sup>	Ankle equines <sup>4</sup>	Overpronation <sup>4</sup>
Sesamoiditis					Overpronation, <sup>4</sup> forefoot valgus <sup>4</sup>
Low back pain	Anterior pelvic tilt <sup>1,40</sup>	Leg length discrepancy <sup>36</sup>			
Medial tibial stress syndrome					Overpronation <sup>39</sup>
Plantar fasciitis					Forefoot valgus/varus, <sup>36</sup> overpronation, <sup>4</sup> oversupination, <sup>4</sup> ankle equines <sup>4</sup>
Sacroiliac dysfunction	Increased pelvic rotation <sup>15</sup>				
Patellar tendonitis	Anterior pelvic tilt <sup>4</sup>		Genu varum <sup>4,36</sup> Genu valgum <sup>36</sup>		Overpronation <sup>4</sup>
Peroneal tendiopathy					Oversupination <sup>4</sup>

En nuestro trabajo nos centraremos principalmente en la relación de la acción de la cadera y la pelvis, y la incidencia lesional. Ya que nuestros dispositivos de medición nos proporcionarán datos de la oscilación vertical de la pelvis, de la rotación de la misma y de la caída pélvica (drop pélvico) durante la carrera.

La estabilidad pélvica es imprescindible para una correcta biomecánica del miembro inferior y tronco ya que es la encargada de gestionar las fuerzas ascendentes de las fuerzas reactivas del suelo y las fuerzas descendentes de la masa del cuerpo, además, si no está estable se producirán alteraciones biomecánicas. (Snijders, Vleeming, Stoeckart, 1993; Vleeming, Volkers, Snijder, Stoeckart, 1990)

Una asimetría de las estructuras de la pelvis o una estabilidad disminuida puede estar asociado con dolor durante el deporte. Asimismo, una alteración del control neuromuscular de la musculatura abductora de cadera se suele relacionar con algunos tipos de lesiones. (Brooks, Fuller, Kempt Reddin, 2006)

Dicha musculatura juega un rol importante para la locomoción manteniendo el equilibrio (Pool-Goudzwaard, Vleeming, Stoeckart, Snijders, Mens, 1998). De los abductores de cadera, el glúteo medio es el principal músculo y la alteración de este, se relaciona con esguinces de tobillos y lesiones en rodilla como el síndrome patelofemoral o cintilla iliotibial. Otros grupos musculares que son importantes para mantener la estabilidad de la pelvis son el glúteo mayor, el tensor de la fascia lata y la banda iliotibial (Schmitz, Riemann, Thompson, 2002).

Es por ello que cuando se da un drop pélvico, por la falta de estabilidad y coordinación de la musculatura del Core y de la cadera, desencadena un aumento de las fuerzas de aducción de rodilla, provocando mayor carga medial en la rodilla cuanto mayor es la caída pélvica (Gribble, Hertel, Plisky, 2012).

## **4 OBJETIVOS.**

Con este trabajo de fin de grado se pretenden conseguir una serie de objetivos, los cuales van a quedar detallados a continuación:

- Conseguir información fiable en el campo de la carrera por medio de diferentes dispositivos.
- Describir el perfil de carrera en adultos de diferentes poblaciones deportivas.
- Poder establecer las variables seleccionadas como indicadores de un perfil técnico individual de la carrera.

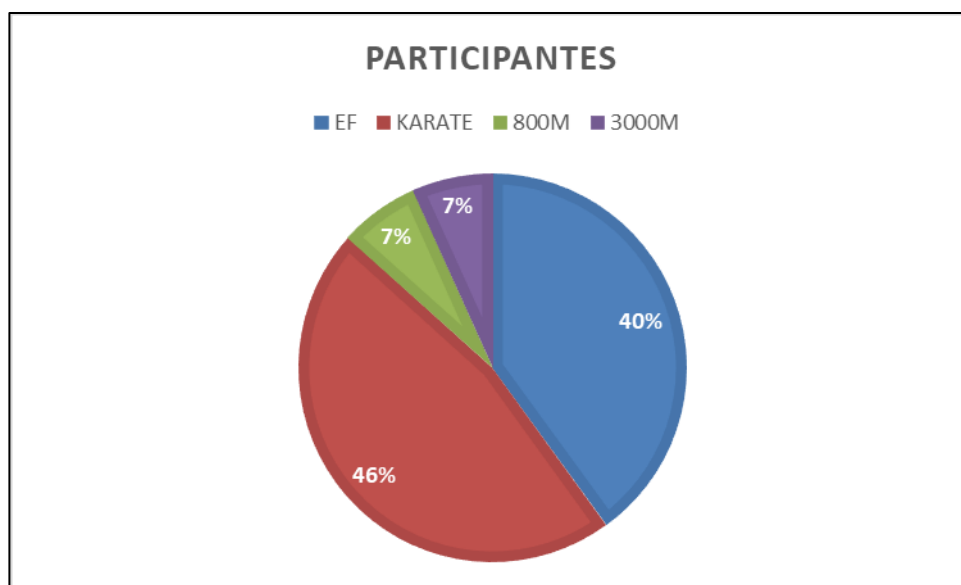
## 5 MÉTODO.

Para la realización de este trabajo se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica mediante la búsqueda en diversas bases de datos como Dialnet, Sportdiscus, Pubmed y Google Académico, seleccionando en ellas documentos que pudieran ser útiles para nuestro estudio, tales como artículos, trabajos de fin de grado y tesis doctorales. Además, se han obtenido libros disponibles en línea en el Catálogo Fama de la Universidad de Sevilla. Tanto de forma electrónica, como en formato papel adquiridos de la biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Educación.

Para la búsqueda de la documentación las palabras claves utilizadas han sido: Running Economy. Treadmill. Biomechanics. Gait Cycle. Accelerometer

### 5.1 PARTICIPANTES.

En nuestro estudio participaron 15 sujetos adultos activos de diferentes poblaciones deportivas años,  $27,67 \pm 6,88$ ; altura,  $173,3 \pm 7,33$  cm; peso,  $67,93 \pm 8,3$ kg; actividad física semanal,  $6,13 \pm 3,6$  h): 6 alumnos de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, 7 karatecas y 2 corredores de 800 y 3000 metros respectivamente.



*Ilustración 5. Porcentajes de participantes por población*

A todos los sujetos medidos se les tomaron los datos de su peso, altura, número de horas que practican actividad física durante la semana, así como si son atletas federados y si compiten actualmente.

Por último, citar que todos los participantes fueron informados previamente de la investigación, participando de forma voluntaria en la misma.

A continuación, se mostrarán tablas descriptivas sobre la muestra. Haciendo una breve reseña sobre qué tipo de población ha participado en el estudio.

En la tabla 5 vemos el total de los datos de la muestra (15 participantes), los cuales pertenecen a grupos de población diferentes. De esta tabla podemos recopilar la siguiente información:

- Se observa que ha sido mayor el número de participación del género masculino en el estudio, siendo 11 el número de hombres y 4 el de mujeres.

- Los alumnos del Grado de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, de forma general, realizan más horas de actividad física semanales que los demás sujetos de estudio, a excepción de uno de los atletas.
- Los estudiantes, a pesar de que realizan más horas de actividad física, no están federados en ningún deporte y por lo tanto no compiten en ninguno. A diferencia de los karatecas y atletas, los cuales están todos federados en sus deportes, aunque solo compiten un 30% del total.

Tabla 4. Características de la muestra.

	<b>Género</b>	<b>n</b>	<b>Edad (SD)</b>	<b>Peso (SD)</b>	<b>Altura (SD)</b>	<b>Horas de AF/Semana (SD)</b>	<b>Federado (Compite)</b>
Alumnos Ciencias Actv. Física y Deporte	Hombres	6	21,86 (1,46)	70,67 (8,55)	177,5 (7,64)	6,83 (3,43)	0 (0)
	Mujeres	0	-	-	-	-	-
Karatecas	Hombres	4	35,5 (6,95)	73 (6,22)	172,75 (4,5)	4,25 (1,5)	4 (0)
	Mujeres	3	30 (4,36)	60 (5,57)	166 (6,24)	4,66 (2,08)	3 (1)
Atletas	Hombres	1	24	62	180	15	1 (1)
	Mujeres	1	26	61	170	5	1 (1)

## 5.2 VARIABLES DE ESTUDIO.

Bloque I. En velocidad máxima se establecen las siguientes: Cadencia, Regularidad, desplazamiento del centro de gravedad horizontal, desplazamiento del centro de gravedad en vertical, rigidez y reactividad (Tabla 6). Estas variables serán medidas con el acelerómetro Myotest.

Tabla 5. Resumen variables determinantes relacionadas con el estudio, medidas con el acelerómetro Myotest.

<b>Parámetro</b>	<b>Medida</b>	<b>Concepto</b>
Tiempo de contacto	s	Tiempo que el pie se queda en el suelo durante cada paso.
Cadencia	Step	Sucesión de pasos en el suelo.
Distancia CDG	cm	Desplazamiento del CDG horizontal.
Amplitud CDG	cm	Desplazamiento del CDG vertical.
Rigidez	Kn/m	Capacidad o propiedad biomecánica del músculo de oponerse al estiramiento.
Reactividad	s	Capacidad para cambiar rápidamente de una acción excéntrica a una acción concéntrica.
Regularidad	%	Se corresponde con el cálculo promediado de la variabilidad de los parámetros analizados y estima la consistencia de las distintas repeticiones.

Bloque II. A un porcentaje de velocidad máxima (50% y 70%) se valorarán:

Cadencia, oscilación vertical, tiempo de frenado, balanceo de cadera y rotación de cadera (Tabla 7). Estas variables serán medidas con el acelerómetro LumoRun.

Tabla 6. Resumen de las variables determinantes relacionadas con el estudio, medidas con acelerómetro LumoRun.

<b>Parámetro</b>	<b>Medida</b>	<b>Concepto</b>
Cadencia (Cadence)	Step	Sucesión de pasos en el suelo

Tiempo de frenado (Braking)	m/s	Disminución de la velocidad del cuerpo en cada paso
Oscilación vertical (Bounce)	cm	Movimiento ascendente y descendente del centro de gravedad
Balaceo de cadera (Drop)	Grados (°)	Caída de la pelvis, hacia arriba y abajo
Rotación de cadera (Rotation)	Grados (°)	Rotación pélvica, hacia izquierda y derecha

### 5.3 PROCEDIMIENTO.

En primer lugar, tras una fase de activación, se realiza la primera prueba, que consiste en realizar un sprint en un recorrido de 30 metros de distancia al aire libre mediante el cual obtuvimos la velocidad máxima alcanzada por los participantes por medio de un reloj que integra un GPS. De esta primera prueba también obtendremos los datos del acelerómetro.

Posteriormente, una vez obtenida la velocidad, se realizaría la prueba en el laboratorio.

En dicha prueba, se llevaría a cabo una primera fase de calentamiento, constituida por un calentamiento general durante 5 minutos y una parte más específica alternando distintos ritmos de carrera durante otros 5 minutos. Tras esto, cada sujeto se dirige hacia el tapiz rodante para realizar 3 minutos corriendo al 50% de su velocidad máxima (obtenida previamente).

Una vez concluido el calentamiento da comienzo el test, el cual consta de 2 pruebas: una primera consistente en correr durante 1 minuto y medio al 70% de su velocidad máxima, más 1 minuto de vuelta a la calma al 40% de su velocidad máxima.



Por último, se lleva a cabo la segunda prueba, consistente en correr durante 1 minuto y medio al 50% de su velocidad máxima, más 1 minuto de vuelta a la calma al 40% de su velocidad máxima.



*Ilustración 6. Primera prueba: sprint 30 metros*



*Ilustración 7. Segunda prueba: sujeto realizando carrera sobre tapiz rodante*

#### 5.4 MATERIAL.

En la actualidad, medir se encuentra al alcance de cualquier entrenador, siendo esto fundamental a la hora de cuantificar las cargas de cada entrenamiento. Se hace necesario orientar el modelo de cuantificación hacia variables que en el ámbito de entrenamiento sean útiles y relativamente fáciles de usar. (Gómez-Píriz, 2011)

En primer lugar, para nuestras mediciones utilizaremos la tecnología GPS, la cual como nos mencionaba Riewalds (2008) se está generalizando en el ámbito deportivo, especialmente en las especialidades que se ejecutan en el exterior.

Además de la tecnología GPS, usaremos la acelerometría, siendo esta una de las técnicas más fiables en el registro y almacenamiento de la cantidad y el nivel de actividad

física realizada por cada persona y en un periodo de tiempo determinado (Aguilar et al., 2014).

Además, utilizaremos una aplicación para smartphones, ya que estas cada vez son más habituales en el ámbito deportivo y, también en el campo de la evaluación.

#### 5.4.1 Polar M200.

El Polar M200 es un running watch resistente al agua con medición de las pulsaciones en la muñeca, seguimiento de la actividad diaria y GPS integrado. Dicho GPS utiliza la tecnología de predicción de satélite SiRFInstantFix™ para la rápida localización de satélites.

La tecnología del M200 predice de forma precisa las posiciones de los satélites hasta tres días. De esta forma, si vuelves a entrenar en los tres días siguientes, este modelo sabe dónde buscar los satélites.

En nuestro estudio lo hemos utilizado para la obtención de la velocidad máxima alcanzada en un sprint de 30 metros, con el fin de llevar a cabo posteriormente la obtención de los porcentajes de velocidad máxima con los que hemos trabajado.



*Ilustración 8. Polar M200*

#### 5.4.2 Lumo Run.

Lumo Run (Personal Coach from Coach and Mobile Performance) es un aparato que utiliza un sensor de 9 ejes, lo cual es un acelerómetro de 3 ejes más un giroscopio de 3 ejes y un magnetómetro de otros 3 ejes, esto le permite percibir el movimiento bastante mejor que aquellos sensores que dependen solo del acelerómetro.

Dicho aparato nos aporta información sobre importantes parámetros de la carrera como son la cadencia, oscilación vertical (rebote), frenado, caída de la pelvis y rotación de la misma. Aportando feedback en tiempo real sobre el rendimiento a través de una aplicación para smartphones.

Además, la aplicación nos muestra unos valores de referencia, los cuales hemos contrastado con lo que dice la ciencia.

Otra de las cosas interesantes que nos aporta la aplicación, es un programa de monitorización para aquellas variables que deba mejorar el deportista.

Con el avance de las tecnologías y el aumento de aplicaciones móviles (app) , usaremos para completar nuestro trabajo, y medir los demás parámetros, la app LumoRun y su dispositivo, en interior.



*Ilustración 9. Dispositivo Lumo Run*

#### 5.4.3 Myotest.

El Myotest (Myotest SA, Sion, Switzerland) es un acelerómetro 3D portable que proporciona factores cinemáticos en tiempo real y puede capturar numerosos movimientos cíclicos (Gindre et al. 2015).

Gómez Piriz y Trigo Sánchez (2012) realizaron la comparación del acelerómetro con el dinamómetro inercial T-Force, medidor de posicionamiento lineal. Los autores declararon que no existía confiabilidad entre ambos aparatos, y recomiendan el uso de uno de los instrumentos y la comparación de los resultados con el mismo en las distintas mediciones. De este modo, no habría confusión en la interpretación de los datos de los

test que se harían para cuantificar los efectos de entrenamiento o al introducir valores de referencia en las investigaciones.

Según la investigación de Gindre et al, (2015) los parámetros de carrera que han sido derivados del uso del Myotest, es decir, tiempo de contacto, tiempo de vuelo y frecuencia de pasos, son adecuados para la realización de evaluaciones de la carrera.

Estos hallazgos sugirieron que este acelerómetro es útil para la monitorización de individuos, y la cuantificación de cambios en el rendimiento de carrera de los mismos.

Sin embargo, al compararlo con células fotoeléctricas y sistemas video, la validez se muestra únicamente en el tiempo de contacto y con el tiempo de vuelo. Mostrando que hay discrepancias en ambos sistemas de medida.

En la misma línea Casartelli, Müller y Maffioletti (2011), mostraron también discrepancias entre el Myotest y las células fotoeléctricas al valorar el rendimiento en la altura en el salto vertical, debido a la sobreestimación de la altura de salto del acelerómetro. Por lo que aconsejan que la información de ambos sistemas no se cruce.

A pesar de que el uso de una cinta de correr podría ofrecer condiciones más seguras y más controladas. La calidad de medición del Myotest sería adecuada en principio para mediciones en el exterior como por ejemplo en una pista de atletismo.

Se ha demostrado que la marcha difiere según se corra en la cinta de correr o en una pista externa (Kirtley, 2006), respaldando por tanto las condiciones experimentales para las que Myotest está diseñado (Gouttebauge et al. 2015).



*Ilustración 10. Acelerómetro Myotest.*



*Ilustración 11. Colocación del acelerómetro Myotest.*

#### 5.4.4 Tápiz rodante.

El tapiz rodante se corresponde con el modelo Quasar de h/p/ cosmos. Este modelo dispone de una superficie de carrera de 170 cm. x 65 cm. que unido a la anchura de 105 cm. de su chasis, facilita el movimiento en carrera y ofrece una gran estabilidad, por lo que se utiliza principalmente para pruebas de esfuerzo y ergo-espirometrías de deportistas. Es el tapiz más pequeño que se recomienda para trabajar con deportistas.



*Ilustración 12. Tápiz rodante*

Además, dispone de un detector Polar de ritmo cardíaco.



## 6 RESULTADOS.

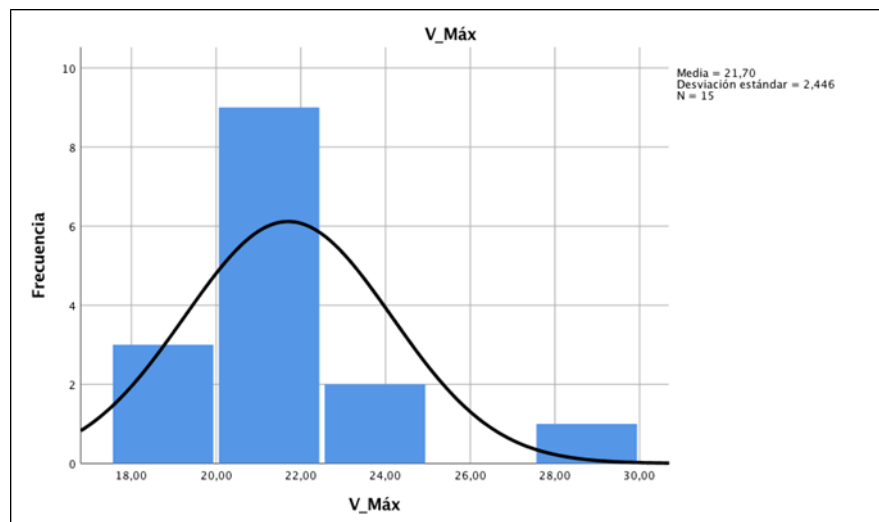
En este apartado, se procederá al análisis de los resultados. Teniendo en cuenta los objetivos de nuestro estudio y las condiciones de investigación.

En primer lugar, se obtuvo el pico de velocidad máxima en una distancia de 30m. La mayoría de los participantes oscilan entre velocidades de 20-22 km/h de velocidad pico. Tres de los participantes se encuentran en velocidades por debajo de los 20 km/h y otros dos en el rango de 22-24 km/h. Destacando tan solo uno con una velocidad superior

a los  
km/h.

Gráfico 1. V\_Máx/Frecuencia

28



En la tabla 7 se describen los datos de las velocidades pico alcanzadas según una diferenciación por sexo. Las velocidades son mayores en los hombres, con una diferencia de 1,05 km/h entre las medias y con más amplia gama de resultados, aunque hay que decir que la muestra de estos es más del doble que de la de mujeres.

37

Tabla 7. Velocidades pico distinguidas por género

	N	Media	SD
<i>Hombres</i>	11	21.99	2,61
<i>Mujeres</i>	4	20,94	1,88

En las siguientes tablas (tabla 6 y 7) mostramos los resultados de la medición de las variables cinéticas y cinemáticas. Diferenciando en primer lugar los parámetros relacionados con la Velocidad Máxima, medidos por medio de la acelerometría (Tabla 6), y en segundo lugar aquellos parámetros tomados de la aplicación Lumo Run, y que se dividen a su vez en dos porcentajes de la velocidad máxima, siendo estos el 50% y el 70% de la misma (Tabla 7).

En cuanto a los factores medidos tras la prueba a velocidad máxima, se observa que los datos más semejantes entre los sujetos se encuentran en la variable reactividad ( $1,41 \pm 0,32$ ), seguida del desplazamiento vertical del CDG ( $5,73 \pm 1,32$ ) y del desplazamiento horizontal del CDG ( $5,73 \pm 1,32$ ), ya que la desviación típica es menor en estos.

Por otro lado, se ve como los resultados son dispares en la Rigidez ( $88,13 \pm 28,94$ ), la Cadencia ( $234,80 \pm 22,71$ ), el Tiempo de Contacto ( $108,07 \pm 14,96$ ), y en la Regularidad ( $69,47 \pm 14,45$ ).

Tabla 8. Datos obtenidos con Myotest correspondientes a la velocidad máxima.

<b>Parámetros</b>	<b>n</b>	<b>Media (SD)</b>
Desplazamiento CDG Horizontal (cm)	15	24,73 (6,39)
Desplazamiento CDG Vertical (cm)	15	5,73 (1,32)
Rigidez (kN/m)	15	88,13 (28,94)
Reactividad	15	1,41 (0,32)
Cadencia	15	234,80 (22,71)
Regularidad (%)	15	69,47 (14,45)
Tiempo de contacto	15	108,07 (14,96)

A partir de los datos obtenidos con la acelerometría en velocidad máxima, se han extraído una serie de relaciones entre variables que se cree que son de transcendencia. Las cuales mostramos a continuación:

- A mayor pico de velocidad máxima, el desplazamiento vertical del centro de gravedad es menor. En una relación lineal descendente. (Gráfico 2)
- La cadencia también se relaciona de forma lineal descendente con el tiempo de contacto. Siendo menor el tiempo de contacto cuanto mayor es la cadencia. (Gráfico 3)
- El desplazamiento horizontal del centro de gravedad se relaciona de forma lineal ascendente con el tiempo de contacto. Ya que cuando el tiempo de

contacto es mayor, hay más desplazamiento del centro de gravedad.

(Gráfico 4)

Gráfico 3. Velocidad máxima/CDG Vertical

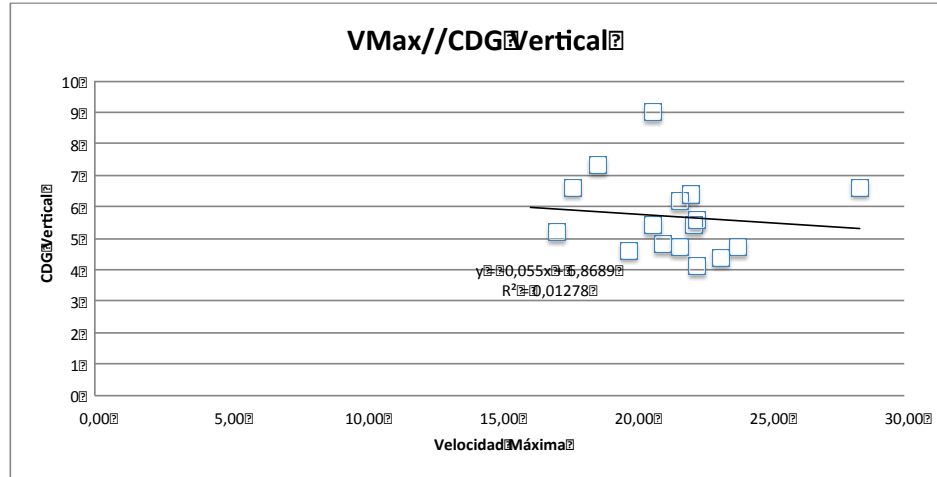


Gráfico 4. Tiempo de contacto/Cadencia

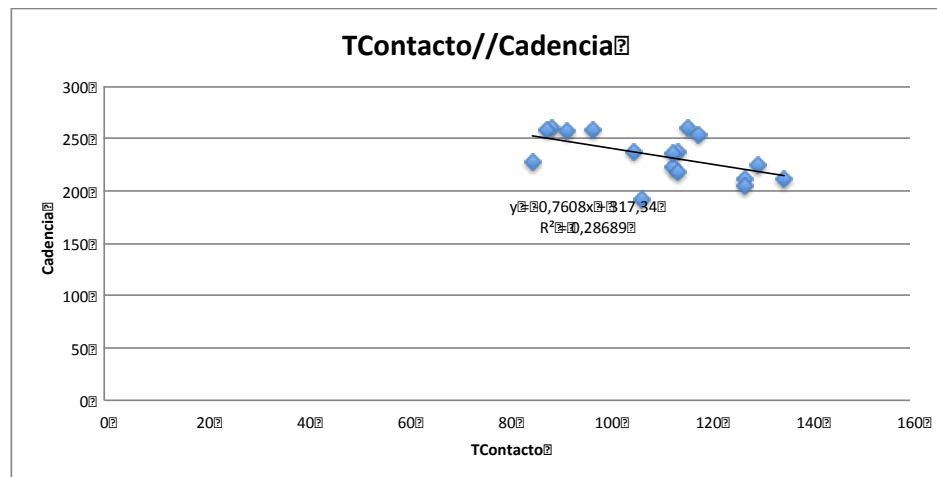
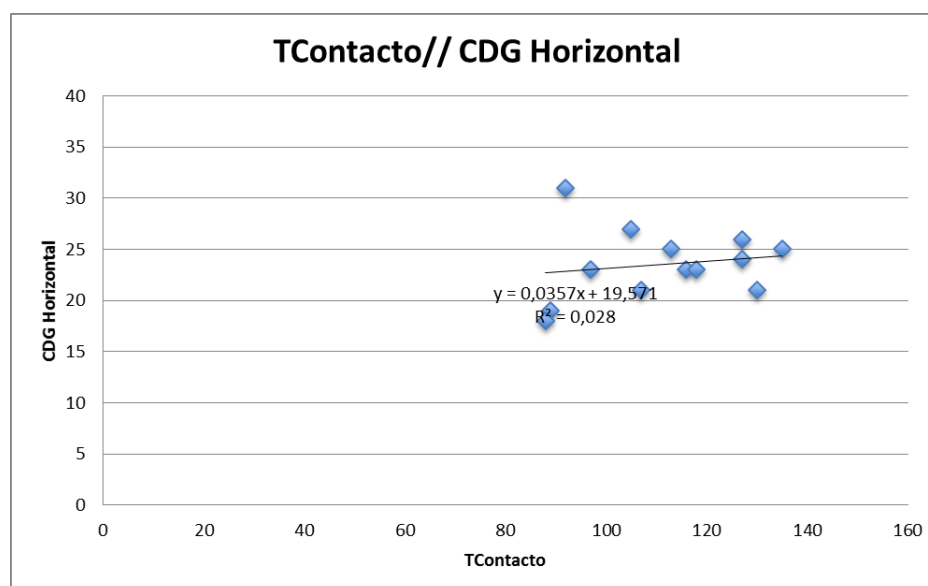


Gráfico 5. Tiempo de contacto/CDG Horizontal



Por otra parte, en la Tabla 9, los parámetros proporcionados por el acelerómetro Lumo Run están divididos según el porcentaje de velocidad utilizado en su medición en el tapiz rodante.

Pudiéndose comparar los mismos, en relación a la velocidad en la que se ejecuta la carrera. En primer lugar, la cadencia alcanza valores más altos a más velocidad ( $164,33 \pm 7,83$  y  $180,73 \pm 8,35$  respectivamente) con una diferencia de 16,4 ppm. La cadencia es también la que tiene la distribución menos simétrica de las variables. Sin embargo, la oscilación vertical disminuye en el 70% con respecto al 50% de la velocidad máxima ( $10,43 \pm 1,49$ ;  $8,81 \pm 1,16$ ). Si lo comparamos con los datos del acelerómetro Myotest, el valor de este parámetro también es menor a una velocidad mayor como es el 100% del pico de velocidad máxima. Esto se ve reflejado en los Gráficos 5, 6 y 7, correspondiendo los números del eje X a cada uno de los participantes, y los del eje Y, a la cadencia obtenida a cada una de las velocidades.

Gráfico 6. Cadencia-50% Velocidad Máxima

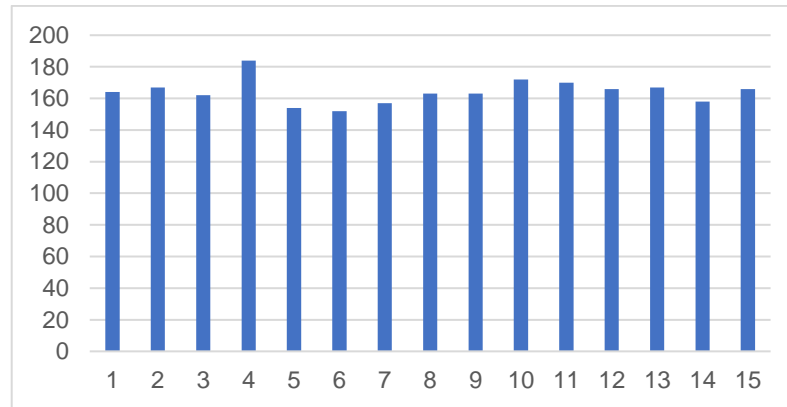


Gráfico 7. Cadencia-70% Velocidad Máxima

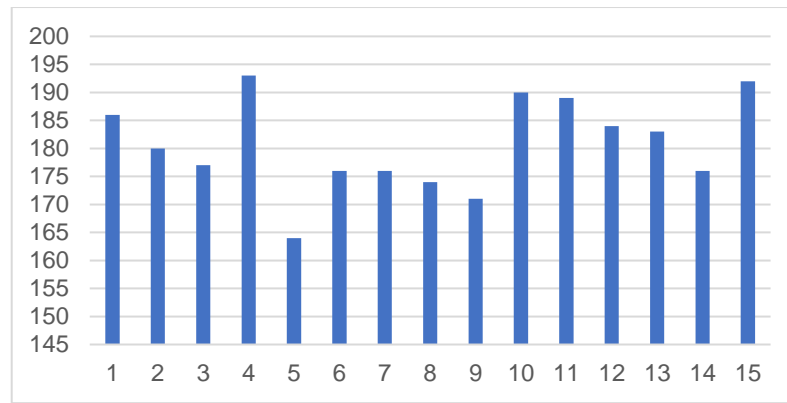
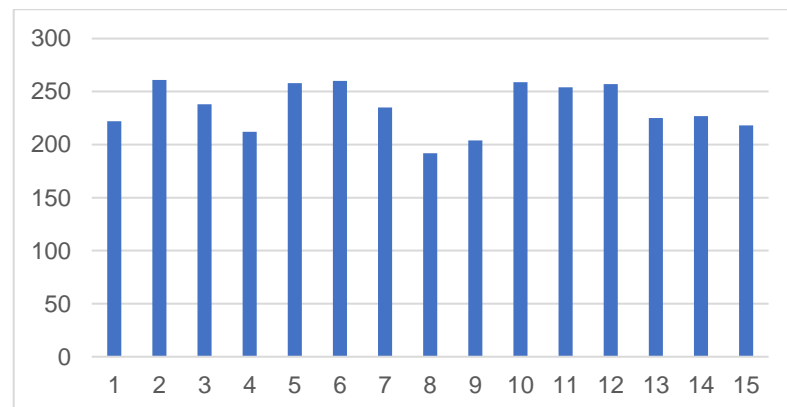


Gráfico 8. Cadencia- Velocidad Máxima



El tiempo de frenado aumenta también al 70% de la velocidad máxima ( $0,44 \pm 0,11$  y  $0,57 \pm 0,11$  respectivamente), al igual que los grados de balanceo ( $9,13 \pm 2,17$ ;  $10,6 \pm$

2,13) y rotación de la cadera ( $15,67 \pm 5,79$ ;  $18,53 \pm 6,05$ ). Asimismo, la percepción del esfuerzo es casi el doble durante la prueba a una velocidad superior. ( $3,6 \pm 1,55$  y  $7,07 \pm 1,83$  respectivamente)

En general, todos los datos aumentan al intensificar la velocidad, a excepción de la Oscilación Vertical del centro de gravedad.

*Tabla 9. Datos obtenidos con Lumo Run, correspondientes al 50% y al 70% de la velocidad máxima.*

<b>Parámetros</b>	<b>% Velocidad Máx.</b>	<b>n</b>	<b>Media (SD)</b>
Cadencia	50%	15	164,33 (7,83)
	70%	15	180,73 (8,35)
Oscilación Vertical (cm)	50%	15	10,43 (1,49)
	70%	15	8,81 (1,16)
Tiempo de Frenado (m/s)	50%	15	0,44 (0,11)
	70%	15	0,57 (0,11)
Balanceo de cadera (grados)	50%	15	9,13 (2,17)
	70%	15	10,6 (2,13)
Rotación cadera (grados)	50%	15	15,67 (5,79)
	70%	15	18,53 (6,05)
RPE (1-10)	50%	15	3,6 (1,55)
	70%	15	7,07 (1,83)





## 7 DISCUSIÓN.

Partiendo de la base de que uno de los factores más influyentes en la economía de carrera del deportista es la biomecánica individual del mismo (Moore, 2016), esto nos ha llevado a investigar las distintas variables mostradas en nuestro estudio (Cadencia, longitud de zancada, tiempo de frenado, tiempo de contacto, oscilación vertical, balanceo de cadera, rotación de cadera, distancia CDG, amplitud CDG, rigidez, reactividad y regularidad).

Según Brigaud (2016), a medida que el cansancio hace su presencia, la zancada evoluciona: se acorta, los apoyos son más pesados, se prolonga el contacto con el suelo. Además, Champman (2012) encontró un decremento lineal en los tiempos de contacto y un incremento en la cadencia al aumentar la velocidad en el tapiz rodante.

Según el estudio de Warne y colaboradores (2018) la cadencia puede depender de variables como los zapatos, encontrando diferencias de siete zancadas por minuto utilizando zapatos minimalistas. Aunque no hay evidencias de que esto mejore la economía de carrera. Por el contrario, en la investigación de Van Overen (2017) sugieren que los corredores sin experiencia pueden obtener beneficios directos en términos de coste energético de aumentar su cadencia. Parece de menor importancia que los corredores adapten su cadencia a velocidades específicas, ya que el rango de velocidad comúnmente utilizado de corredores inexpertos será bastante limitado. Muestran diferencias individuales altas por lo que rehúyen del consejo generalizado de algunos autores de correr a 83 ppm. Hay que mencionar que se han logrado récords mundiales y medallas olímpicas en varias distancias con cadencias que van desde 170 hasta 212 ppm. Por lo que probablemente haya una cadencia óptima para cada corredor (Holmer, 2019).

En nuestra muestra, la cadencia se encuentra dispersa entre los sujetos, encontrando indicios de que, como se menciona anteriormente, este parámetro es individual y no existe un marcador general al que ceñirse.

Un mayor tiempo de contacto supondría también un mayor tiempo de frenado (Moore, 2016). En lo referente a nuestro estudio vemos como al aumentar la velocidad en el tapiz rodante (70% de la velocidad máxima), la cadencia y el tiempo de frenado aumenta, pudiendo esta última tener relación con un mayor tiempo de contacto del pie en el suelo. Sin embargo, cabe destacar que la variable tiempo de contacto, aunque hay indicios de que tenga relación con un mayor gasto energético, no presenta relaciones consistentes con la economía de carrera según Moore (2016).

Con el cansancio, la organización del cuerpo pierde estabilidad y el reparto de la presión entre los elementos deja de ser homogéneo (Brigaud, 2016), esto nos lleva a situaciones de desequilibrio como lo es la rotación de cadera. Barreto et al. (2017) afirman que una elevada rotación pélvica provoca un descenso del centro de gravedad, el cual, para disminuir el gasto energético debería seguir una trayectoria casi horizontal. En nuestra investigación hemos podido ver que tanto el balanceo de cadera, como la rotación de la misma aumentan al incrementar la velocidad del 50% al 70%. Sería interesante encontrar las correlaciones entre los grados de rotación de la cadera de ambos grupos, debido a las diferencias antropométricas entre hombres y mujeres.

Siguiendo con las diferencias entre géneros, en nuestro estudio se prevén las diferencias entre velocidades según hombres y mujeres. Alcanzándose mayores picos de velocidades en los sujetos varones. Se cree que una posible explicación puede ser los menores valores de fuerza y VO<sub>2</sub>max que presentan las mujeres frente a los hombres (McArdle y col., 2004). Pero en nuestro estudio estos parámetros no se conocen, así que

no podemos generalizar ni sacar conclusiones. Pérez (2009) argumenta que hay otras variables influyentes en la carrera cuando el VO<sub>2</sub>máx de ambos es similar, de modo que, podría ser materia de próximos estudios comparar estas variables biomecánicas en sujetos hombres y mujeres que posean marcadores fisiológicos similares. Hemos de decir que en las muestras hay una mayor participación de hombres, por lo que no podemos sacar conclusiones congruentes.

Brigaud (2016), en lo referente a la rigidez, o amortiguación motriz, afirma la gran complejidad de este parámetro, debido a las diferencias existentes entre los niveles de elasticidad de cada sistema tisular. En nuestro estudio se puede ver como los datos de rigidez presentan una gran variabilidad de un sujeto a otro, y, por lo tanto, no podemos sacar conclusiones consistentes con una muestra tan reducida. Varios autores coinciden en la relación positiva existente entre una mayor rigidez, la economía de carrera y el rendimiento (Brigaud, 2016; Moore, 2016).

Con respecto a la escala de Borg, Seiler y Klerland (2006) concluyeron en su análisis que el RPE, es un método práctico para controlar las cargas de entrenamiento, especialmente en atletas entrenados. Además, indicaron que el RPE se correlaciona positivamente con la Frecuencia Cardíaca y el Lactato en un 92% de las mismas. Con lo cual esto nos hace valorar el hecho de incluir un periodo de adaptación previo al uso de esta variable para los atletas no entrenados. En nuestro estudio se puede intuir una mayor adaptabilidad y posiblemente debido a ello menores valores de RPE en los dos atletas medidos con respecto al resto del grupo, siendo para estos últimos los valores muy heterogéneos y con un alto porcentaje de percepción del esfuerzo en la carrera al 70% de la velocidad máxima.

Para finalizar, podemos seguir citando a Moore (2016) el cual recomienda abordar con cautela la técnica de carrera en relación con la economía de carrera. Así como no centrar las investigaciones en variables aisladas, sino evaluar de forma integrada enfoques cinéticos, cinemáticos y neuromusculares. Además, nos dice que, para evitar las diferencias individuales se deberían realizar intervenciones longitudinales y evaluar a los corredores de forma individual.

## **8 CONCLUSIONES.**

Con esta investigación se ha buscado la descripción de un perfil de carrera para poblaciones diferentes. Lo cual ha concluido con la obtención de diversos parámetros biomecánicos que pueden resultar útiles a la hora de mejorar dicho perfil de carrera. Además, el hecho de realizar un estudio con diferentes tipos de población, nos lleva a intuir ciertas similitudes y desemejanzas en los patrones de carrera de un grupo y otro, las cuales se podrían corroborar en estudios posteriores.

Por último, la medición de los parámetros biomecánicos a diferentes velocidades nos ha permitido ver la evolución que siguen dichas variables conforme aumenta la velocidad, pudiendo hacer predicciones como:

- La oscilación vertical disminuye con el aumento de velocidad.
- La cadencia y el tiempo de frenado aumentan al incrementar la velocidad.
- El balanceo y la rotación de la cadera es mayor a velocidades más elevadas.

## **9 PERSPECTIVAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.**

- En primer lugar, sería interesante continuar la investigación con una muestra poblacional mayor, ya que con 15 participantes es difícil sacar conclusiones de peso. Además, lo óptimo sería tener el mismo número de participantes hombres que mujeres, con el fin de realizar una comparación entre ambos grupos.
- Otra de las perspectivas futuras será la solicitud de un mayor número de aparataje tecnológico, ya que el hecho de contar solamente con los materiales citados anteriormente, nos ha limitado tanto en tiempo como en recopilación de datos.
- Tras un futuro estudio de mayores dimensiones, podremos plantearnos la posibilidad de trabajar de forma interdisciplinar con otros profesionales del ámbito de la salud, como por ejemplo fisioterapeutas y podólogos, en la búsqueda de un patrón de carrera más eficiente y menos lesivo.
- La inclusión de variables extrínsecas como la utilización o no de calzado, también puede ser un tema interesante a tratar en futuras investigaciones.
- Por último, otra de las perspectivas futuras será la medición de un mayor número de deportistas de atletismo (ya que en nuestro estudio sólo hemos podido evaluar a dos) y comparar los parámetros obtenidos con otras disciplinas deportivas.



## 10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Aguilar Cordero, M. J., Sánchez López, A. M., Barrilao, G., Rodriguez Blanco, R., Noack Segovia, J., & Cano, P. (2014). Descripción del acelerómetro como método para valorar la actividad física en los diferentes periodos de la vida: revisión sistemática. *Nutrición hospitalaria*, 29(6), 1250-1261.
2. Barreto Andrade, J., Villarroya-Aparicio, A., & Calero Morales, S. (2017). Biomecánica de la marcha atlética. Análisis cinemático de su desarrollo y comparación con la marcha normal. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(2), 53-69.
3. Blanco Traba, M. (2017). Estabilidad dinámica de la pelvis y su relación con la cinética y cinemática del pie.
4. Brigaud, F. (2016). *La carrera: postura, biomecánica y rendimiento*. Badalona: Paidotribo.
5. Borg, G., P. Hassmen, M, M Lagerstrom (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 65, 679-685
6. Brooks, J. H., Fuller, C. W., Kemp, S. P., & Reddin, D. B. (2006). Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *The American journal of sports medicine*, 34(8), 1297-1306.
7. Casartelli, N.; Müller, R., & Maffiuletti, N. (2011) Validity and reliability of the Myotest accelerometric system for the assessment of vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11), 3186–3193.



8. Ceyskens, L., Vanelderen, R., Barton, C., Malliaras, P., & Dingenen, B. (2019). Biomechanical risk factors associated with running-related injuries: a systematic review. *Sports medicine*, 1-21.
9. Chapman, R. F., Laymon, A. S., Wilhite, D. P., Mckenzie, J. M., Tanner, D. A., & Stager, J. M. (2012). Ground Contact Time as an Indicator of Metabolic Cost in Elite Distance Runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(5), 917–925.
10. De la Fuente, C. (2016) *Consideraciones Biomecánicas de la Carrera*. X Running Universidad Católica de Chile. Recuperado el 9 de Abril de 2019 de [https://www.researchgate.net/publication/303313710\\_Consideraciones\\_biomecánicas\\_en\\_el\\_running](https://www.researchgate.net/publication/303313710_Consideraciones_biomecánicas_en_el_running)
11. Dorn, T., Schade, A., & Pandy, M. (2012). Muscular strategy shift in human running: dependence of running speed on hip and ankle muscle performance. *The journal of experimental biology*, 194-1956.
12. Fokkema T, Hartgens F, Kluitenberg B, Verhagen E, Backx FJG, van der Worp H, et al. (2019) Reasons and predictors of discontinuation of running after a running program for novice runners. *J Sci Med Sport*. 22(1), 106–11.
13. Gindre, C., Lussiana, T., Hebert-Losier, K., & Morin, J. B. (2016). Reliability and validity of the Myotest® for measuring running stride kinematics. *Journal of sports sciences*, 34(7), 664-670.
14. Gómez-Píriz, P. T., Sánchez, M. E. T., Manrique, D. C., & González, E. P. (2011). Confiabilidad entre instrumentos (T-Force® y Myotest®) en la valoración de la fuerza. (Inter-machine Reliability (T-Force® y Myotest®) in strength assessment). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 8(27), 20-30.

15. Gouttebarga, V., Wolfard, R., Griek, N., de Ruiter, C. J., Boschman, J. S., & van Dieën, J. H. (2015). Reproducibility and validity of the myotest for measuring step frequency and ground contact time in recreational runners. *Journal of human kinetics*, 45(1), 19-26.
16. Gribble, P. A., Hertel, J., & Plisky, P. (2012). Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of athletic training*, 47(3), 339-357.
17. Higashihara, A., Ono, T., Kubota, J., Okuwaki, T., & Fukubayashi, T. (2010). Functional differences in the activity of the hamstring muscles with increasing running speed. *Journal of Sports Sciences*, 28(10), 1085-1092.
18. Holme, B. (2019) Optimize Running Cadence to Improve Performance: HVMN. Recuperado de <https://hvmn.com/blog/training/optimize-running-cadence-to-improve-performance#Vanoeveren2017>
19. Hreljac, A. (2005). Etiology, prevention, and early intervention of overuse injuries in runners: a biomechanical perspective. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, 16(3), 651-667.
20. José, A. (2009). *Biomecánica deportiva y control del entrenamiento* (Vol. 4). Funámbulos Editores.
21. Kirtley C. (2006) *Clinical gait analysis: theory and practice*. London: Churchill Livingstone.
22. Kluitenberg B., van Middelkoop M., Diercks R., van der Worp H. (2015) What are the differences in injury proportions between different populations of runners? A systematic review and metaanalysis. *Sports Med.* 45(8), 1143–61.

23. Kluitenberg B., et al. (2016) The impact of injury definition on injury surveillance in novice runners. *J Sci Med Sport*. 19(6), 470–5.
24. Lopes A., Hespanhol Junior L., Yeung S., Costa L. (2012) What are the main running-related musculoskeletal injuries? A systematic review. *Sports Med*. 42(10), 891–905
25. McArdle, W. D.; Katch, F. I., y Katch, V. L. (2004). *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. Aravaca (Madrid): McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.
26. Moore, I.S. (2016) Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. *Sports Med*, 46:793–807
27. Mujika, I. (2006). Métodos de cuantificación de las cargas de entrenamiento y competición. *La revista universitaria de la educación física y el deporte*, 5
28. Nicola, T. L., & Jewison, D. J. (2012). The anatomy and biomechanics of running. *Clinics in sports medicine*, 31(2), 187-201.
29. Ogueta-Alday, A., & García-López, J. (2016). Factores que afectan al rendimiento en carreras de fondo. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 12(45), 278-308.
30. PEREZ, R. Z. (2009). *Diferencias significativas entre el hombre y la mujer deportista en cuanto a la capacidad de rendimiento deportivo*. Científica: Rendimiento Deportivo, 4.
31. Píriz, P. T. G. (2011). *El entrenamiento deportivo en el siglo XXI*. Formación Alcalá.
32. Pool-Goudzwaard, A. L., Vleeming, A., Stoeckart, R., Snijders, C. J., & Mens, J. M. A. (1998). Insufficient lumbopelvic stability: a clinical, anatomical and biomechanical approach to ‘a-specific’ low back pain. *Manual therapy*, 3(1), 12-20.
33. Riewald, S. (2008). GPS applications in sport. *Olympic Coach*, 20(4)

34. Riley, P. O., Dicharry, J., Franz, J. A. S. O. N., Della Croce, U., Wilder, R. P., & Kerrigan, D. C. (2008). A kinematics and kinetic comparison of overground and treadmill running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(6), 1093-1100
35. Santos-Concejero, J., Granados, C., Irazusta, J., Bidaurrezaga-Letona, I., Zabala-Lili, J., Tam, N., & Gil, S. M. (2013). Influence of the biomechanical variables of the gait cycle in running economy. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 10(36), 95-108.
36. Saunders, P. U.; Pyne. D. B.; Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). *Factors affecting running economy in trained distance runners*. *Sports Medicine*, 34(7), 465-485
37. Schmitz, R. J., Riemann, B. L., & Thompson, T. (2002). Gluteus medius activity during isometric closed-chain hip rotation. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(3), 179-188.
38. Seiler, K. y Klerland, G. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an optimal” distribution? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 16 (1), 49-56.
39. Snijders C., Vleeming A., Stoeckart, R. (1993) Transfer of lumbosacral load to iliac bones and legs. Part 1: Biomechanics of self-bracing of the sacroiliac joints and its significance for treatment and exercise. *Clin Biomech*. 8(6), 285-94
40. Takacs J, Hunt MA. The effect of contralateral pelvic drop and trunk lean on frontal plane knee biomechanics during single limb standing. *J Biomech*. 2012; 45:2791-6
41. Taunton J., Ryan M., Clement D., McKenzie D., Lloyd-Smith D., Zumbo B. (2002) A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med*. 36(2):95–101.

42. Thordarson, D. B. (1997). Running biomechanics. *Clinics in sports medicine*, 16(2), 239-247.
43. Tobalina, J. C. (2011). Análisis de la marcha: sus fases y variables espacio-temporales. *Entramado*, 7(1), 160-173.
44. Van Gent R., Siem D., van Middelkoop M., van Os A., Bierma-Zeinstra S., Koes B. (2007) Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *Br J Sports Med.* 41(8), 469–80.
45. Van Oeveren, B. T., De Ruyter, C. J., Beek, P. J., & Van Dieën, J. H. (2017). Optimal stride frequencies in running at different speeds. *PloS one*, 12(10).
46. Videbaek S., Bueno A., Nielsen R., Rasmussen S. (2015) Incidence of running-related injuries per 1000 h of running in different types of runners: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 45(7), 1017–26.
47. Vleeming, A., Volkers, A. C., Snijders, C. J., & Stoeckart, R. (1990). Relation between form and function in the sacroiliac joint. Part II: Biomechanical aspects. *Spine*, 15(2), 133-136.
48. Vleeming A, Mooney V, Stoeckart R. (2007). Movement, stability and lumbopelvic pain. Integration of research and therapy. New York: Churchill Livingstone
49. Warne, J., Moran, K. A., & Warrington, G. D. (2018). Small Step Frequency Changes Due to Footwear Condition Have No Effect on Running Economy. *Sports medicine international open*, 2(02), 41-45
50. Williams P. (2014) Reduced total and cause-specific mortality from walking and running in diabetes. *Med Sci Sports Exerc.* 46(5), 933–9.

51. Williams, K. R., & Cavanagh, P. R. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology*, 63(3), 1236-1245
52. Winter, D. A. (1987). *The biomechanics and motor control of human gait*. Waterloo.
53. Yamato T., Saragiotto B., Lopes A. (2015) A consensus definition of running-related injury in recreational runners: a modified Delphi approach. *J Orthop Sports Phys Ther.* 45(5), 375–80.

## 11 ANEXOS.

### 11.1 Índice de tablas.

Tabla 1. ¿Existe una técnica de carrera económica? Tomada de Moore (2016) .	10
Tabla 2. Resumen de las variables determinantes en la carrera relacionadas con el estudio.....	16
Tabla 3. Alteraciones biomecánicas comunes asociadas con lesiones. Adaptada de Nicola, y Jewison, (2012).....	21
<i>Tabla 4. Características de la muestra.....</i>	<i>26</i>
Tabla 5. Resumen variables determinantes relacionadas con el estudio, medidas con el acelerómetro Myotest.....	27
Tabla 6. Resumen de las variables determinantes relacionadas con el estudio, medidas con acelerómetro LumoRun.....	27
Tabla 7. Velocidades pico distinguidas por género .....	38
Tabla 8. Datos obtenidos con Myotest correspondientes a la velocidad máxima. ....	39
Tabla 9. Datos obtenidos con Lumo Run, correspondientes al 50% y al 70% de la velocidad máxima.....	43

### 11.2 Índice de ilustraciones.

Ilustración 1. Corredores llegados a meta en España en la última década. ....	4
Ilustración 2. Corredores llegados a meta en España, ordenados por ciudades. ...	4

Ilustración 3. Factores que afectan a la economía de carrera. Adaptado de Saunders et al. (2004) .....	7
Ilustración 4 Fases de la carrera. Tomado de Thordarson (1997). .....	9
Ilustración 5. Porcentajes de participantes por población .....	25
Ilustración 6. Primera prueba: sprint 30 metros.....	29
Ilustración 7. Segunda prueba: sujeto realizando carrera sobre tapiz rodante....	30
Ilustración 8. Polar M200 .....	32
Ilustración 9. Dispositivo Lumo Run.....	33
Ilustración 10. Acelerómetro Myotest. ....	35
Ilustración 11. Colocación del acelerómetro Myotest. ....	35
Ilustración 12. Tapiz rodante .....	36

### 11.3 Índice de gráficos.

Gráfico 1. V_Máx/Frecuencia .....	37
Gráfico 2. V_Máx/Frecuencia .....	37
Gráfico 3. Velocidad máxima/CDG Vertical .....	40
Gráfico 4. Tiempo de contacto/Cadencia .....	40
Gráfico 5. Tiempo de contacto/CDG Horizontal.....	41
Gráfico 6. Cadencia-50% Velocidad Máxima.....	42
Gráfico 7. Cadencia-70% Velocidad Máxima.....	42



Gráfico 8. Cadencia- Velocidad Máxima ..... 42