

CAPÍTULO XII

Perfil Fuerza-Velocidad Horizontal: Aplicaciones del radar en su evaluación

Eduardo José Fernández-Ozcorta^{1,3}

Rafael Ramos Véliz^{2,3}

Departamento de Didácticas Integradas. Universidad de Huelva¹

Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola. Fundación San Pablo - CEU Andalucía²

Grupo de Educación, Motricidad e investigación Onubense (Grupo Emotion). Universidad de Huelva³

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 EXTRAER 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)

Medida	Abreviatura	Descripción
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 ± 5 años y 65 ± 7 kg) y 431 hombres (23 ± 4 años y 80 ± 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 Hurdles

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 [HZT-F 0], velocidad [HZT - V 0], potencia [HZT-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 [VTC-F 0], velocidad [VTC-V 0] y potencia [VTC-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 ≈ 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 portátil 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

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

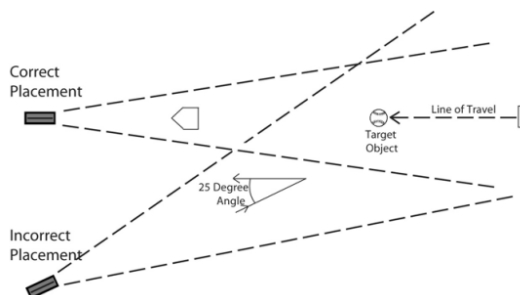
Teniendo en cuenta que el radar calcula la velocidad de los objetos mediante la emisión y recepción de ondas electromagnéticas y su funcionamiento se basa en el principio Doppler, resulta necesario efectuar un proceso de validación y estandarización de los protocolos de medición para evitar, en la medida 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

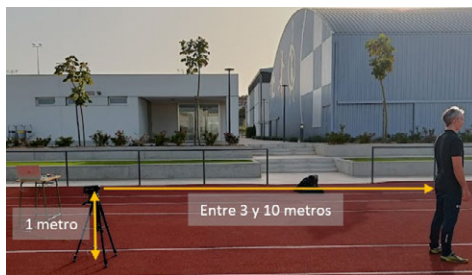
Disposición de la pistola según el desplazamiento del objeto o persona. Tomado de S PRO II Professional Sports Radar Owner's Manual



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.

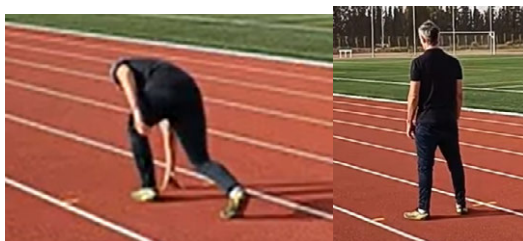
Número de pruebas y distancias de sprint. Después del calentamiento, cada atleta debe realizar al menos dos sprints con el máximo esfuerzo. Es mejor realizar más pruebas (entre 3 y 5) para estar para asegurarse de medir las capacidades máximas del atleta, mientras que el descanso entre las pruebas es 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 sprints 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 sprints 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

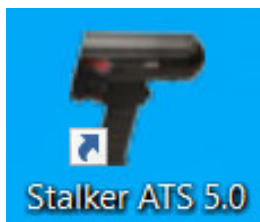
3. PREPARATIVOS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

3.1. STALKER 5.0

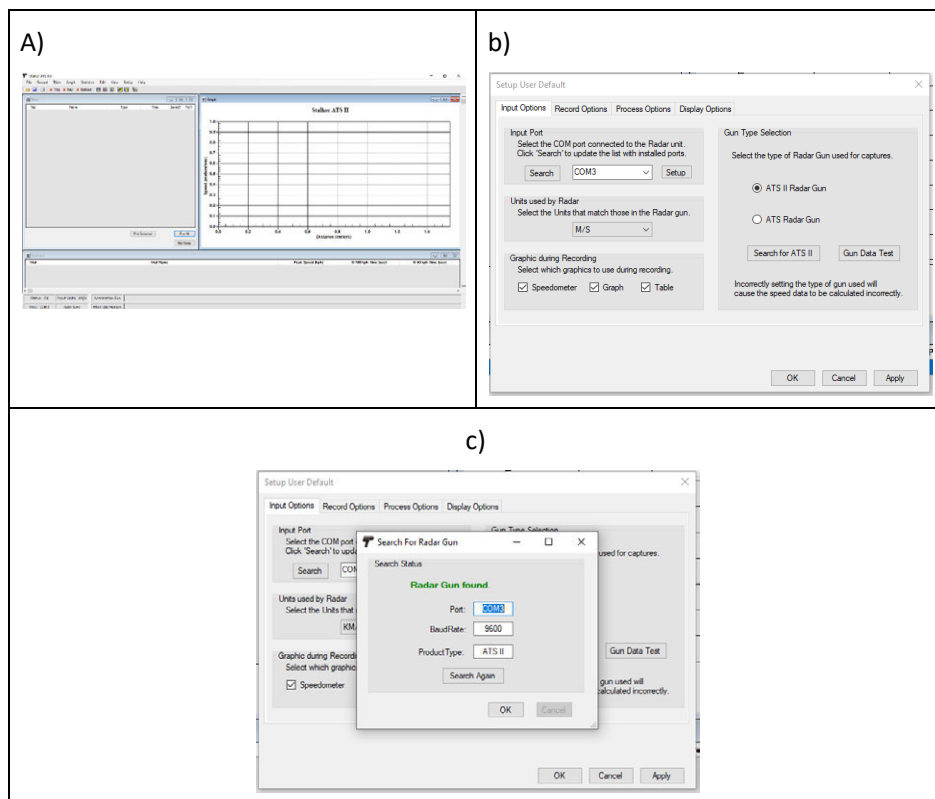
Encontraremos un icono en el escritorio (Figura 5). Una vez este aparezca, hacer doble clic para abrir el software.

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

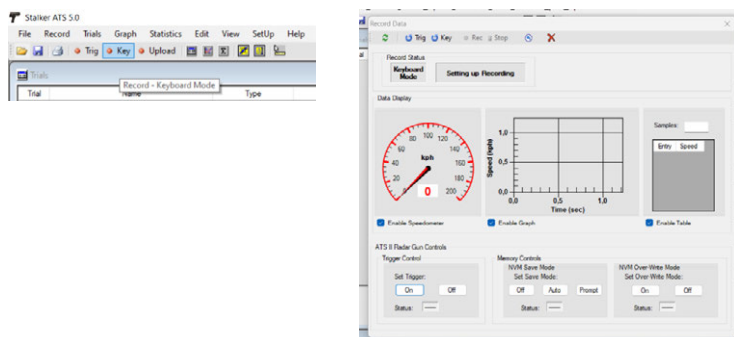
Como se puede observar, la pistola presenta en su parte posterior una pantalla y 6 botones. Lo primero es encender esta mediante el pulsado de la tecla roja "On/Off", situada en la esquina inferior derecha. Una vez presionada, esta se encenderá y procederemos a comprobar si la configuración es la correcta. 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.

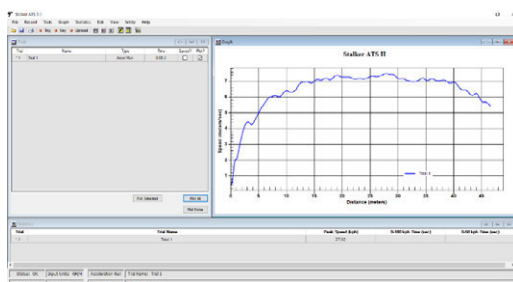
La captura de datos se detiene mediante la función "cualquier tecla" una vez que el participante haya recorrido la distancia preestablecida para la prueba.

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)

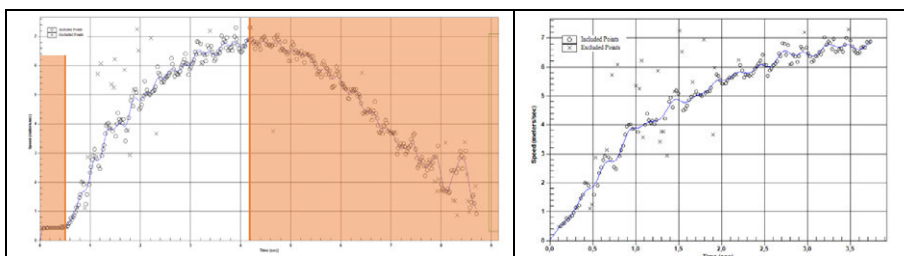


Si no aparece de forma instantánea la curva de la aceleración, haremos doble clic sobre la fila que aparecerá en la ventana con título "Trial". Si todo es correcto aparecerá una nueva ventana llamada "EDITING..." (nombre de la prueba)". En ella encontraremos la curva de aceleración.

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

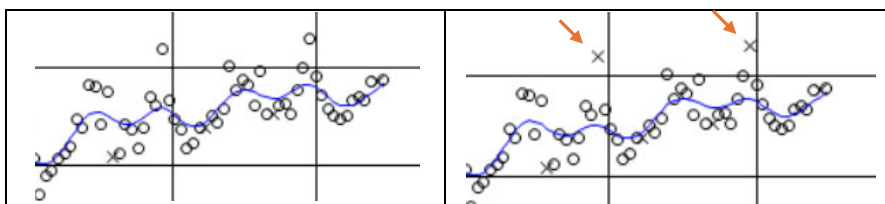
Eliminación de la fase de parado y desaceleración



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 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 tendremos 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)

	A	B	C
1	STALKER Version 5.020 using ATS II		
2			
3	TRIAL NAME : Trial 11		
4	10/05/2022 10:01:34 (mm/dd/yyyy)		
5	1		
6	prueba 1		
7			
8	SAMPLE RATE : 46,875		
9	SAMPLES : 175		
10			
11	DATA TYPE : 0 : Acceleration Run		
12	UNITS : 3 : SI		
13	Speed Units : meters/sec		
14	Accel Units : meters/s/s		
15	Dist Units : meters		
16			
17			
18	Sample	Time	Speed Accel Dist
19			
20	0	0,00	0,03 3,88 0,00
21	1	0,02	0,11 3,88 0,00
22	2	0,04	0,19 3,87 0,00
23	3	0,06	0,28 3,78 0,01
24	4	0,09	0,36 3,60 0,02
25	5	0,11	0,43 3,39 0,02
26	6	0,13	0,50 3,19 0,03

b)

	A	B	C	D	E				
1	STALKER Ver	sion	5.020 usi	ng ATS II					
2									
3	TRIAL NAME	:	T	rial 11					
4	10/05/2022		10:00	1:34 (mm/d	d/yyyy)				
5	1								
6	prueba 1								
7									
8	SAMPLE RATE :		46,875						
9	SAMPLES :		175						
10									
11	DATA TYPE :		0 : Ac	celeratio	n Run				
12	UNITS :		3 : SI						
13	Speed Units	:	m	eters/sec					
14	Accel Units	:	m	eters/s/s					
15	Dist Units	:	m	eters					
16									
17									
18	Sample	Time	Speed	Accel	Dist				
19									
20	0	0	0,03	3,88	0				
21	1	0,02	0,11	3,88	0				
22	2	0,04	0,19	3,87	0				
23	3	0,06	0,28	3,78	0,01				
24	4	0,09	0,36	3,6	0,02				
25	5	0,11	0,43	3,39	0,02				
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)
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)	7,516172594
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
Af (m²)	0,50
Cd	0,9
Drf	-0,083

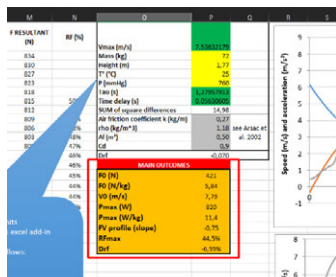
Una vez seguidos los pasos anteriores, un elemento importante para el cálculo del perfil, es reducir la suma de las diferencias de los cuadrados (aparece como “SUM of square differences”). Para ello, en la cinta de opción clicaremos en “Datos” y, estando en este apartado, clicar en “Solver” (sino aparece 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

valor se aproximará a “0” reduciendo las diferencias existentes entre los datos tomados y el modelo exponencial propuesto.

Una vez realizado estos pasos, podremos encontrar los datos descriptivos del perfil, tal y como se muestran en la Figura 14.

Figura 14

Resultados del perfil de potencia-fuerza-velocidad horizontal



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