

Article

Evaluación y Entrenamiento de la Fuerza como Medio para la Optimización del Rendimiento Neuromuscular en Deportes Acíclicos

Lic. Andrés Lépori

Licenciado en Educación Física. Docente en Profesorado y Universidad Nacional en Educación Física. Docente en cursos virtuales de www.g-se.com. Coordinador del Grupo Biotraining (capacitaciones presenciales y virtuales en entrenamiento): Biotraining Group.

Índice:

Parte I:

- Objetivos del manuscrito.
- Introducción: Enunciados habituales en el entrenamiento de Fuerza.
- Conceptos, cálculos y unidades de medida: fuerza, potencia, velocidad, aceleración
- ¿Cómo mejora la Fuerza, como mejora la velocidad, como mejora la aceleración, como mejora la potencia? Ejemplos en distintos gestos: sentadilla, sprint, saltos. Puede mejorar una sin que lo hagan las otras? Hay excepciones?
- Objetivos del entrenamiento de la Fuerza: ¿es la mejora de la Potencia el objetivo del entrenamiento en deportistas?
- ¿Evaluación de la Fuerza: que test usamos?Cuál es el indicador de que mejora la Fuerza?

Parte II:

- Variables de prescripción del entrenamiento de Fuerza: tipos de ejercicios, características y transferencia al deporte.
- Producción de Fuerza-Potencia-Velocidad en distintos ejercicios.
- ¿Hay ejercicios mejores que otros? ¿Los dosificamos adecuadamente?
- Variables de programación del entrenamiento de Fuerza: selección de la intensidad y volumen según el tipo de ejercicio.
- Ejemplo de programas de entrenamiento en deportes acíclicos.
- Aplicaciones prácticas. Conclusiones.

Objetivos del manuscrito:

- Determinar con precisión el concepto-significado de variables como: Fuerza, Potencia, Velocidad, Aceleración, que faciliten la interpretación de la literatura.
- Que el lector comprenda que el único objetivo posible del entrenamiento con sobrecarga es incrementar la Fuerza aplicada en los gestos de competición.
- Aportar una batería de test de simple aplicación y alta validez ecológica: es decir, que midan gestos similares a los

específicos del deporte, para valorar las adaptaciones generadas por el entrenamiento neuromuscular.

- Brindar herramientas que permitan programar de manera práctica, simple y basada en la evidencia científica actual, el entrenamiento para la mejora de la prestación neuromuscular en deportes acíclicos.
- Realizar una propuesta metodológica de las variables de programación y prescripción del entrenamiento, seleccionando la dosificación adecuada en función del tipo de ejercicio.

INTRODUCCIÓN

Este artículo es la parte I de dos publicaciones en las que se intenta esbozar un posicionamiento en relación al entrenamiento de la Fuerza en deportistas, luego de haber realizado amplia una revisión bibliográfica (libros, investigaciones, revisiones, metaanálisis, artículos, etc) durante muchos años, además de la experiencia personal relacionada al trabajo con deportistas de distintos niveles (profesionales y amateurs), de deportes de equipo: Básquet, Fútbol y Rugby. Lo que se redacta a continuación es una producción personal (que obviamente se sustenta en lo que proponen distintos autores de la literatura científica), mientras que muchos de los datos que se citan como ejemplos son extraídos de mediciones realizadas en los últimos años, al igual que las propuestas de programación y prescripción del entrenamiento de Fuerza, que se basan en lo aplicado en la realidad del campo de intervención práctica.

Habitualmente se escucha e incluso se publican en la literatura científica enunciados tales como: entrenamiento-fase-etapa-ejercicios-cargas para aumentar la “Fuerza máxima”, la “Potencia”, la “Fuerza rápida”, la “Fuerza explosiva”, la “Velocidad”, etc” con el objetivo de la mejora en el rendimiento neuromuscular en deportistas. Tales afirmaciones indican que cada una de ellas refiere a capacidades distintas, que se entrenan de forma diferente, y que de alguna manera son excluyentes entre sí, es decir que la mejora de una de ellas implica la no mejora, e incluso empeoramiento de las otras.

Cuando se habla de entrenamiento de “Fuerza máxima” se alude generalmente a ejercicios “tradicionales” de empuje-tracción, cadera-rodilla dominantes, con cargas >80% de 1 RM, 1-6 repeticiones por serie, pausas de >3 min, donde el principal objetivo es en principio la mejora de la 1 RM en el ejercicio entrenado.

Al hacer referencia al entrenamiento de la Potencia, aparecen tantos posicionamientos como autores hay: algunos indican que implica la utilización de ejercicios “balístico-explosivos” con acciones de ciclo estiramiento (de ahora en más C.E.A.) largo >250 ms: saltos, lanzamientos, por ejemplo: sentadilla con salto, press de banco con lanzamiento de la barra, sin cargas añadidas o con cargas ligeras (<50% 1 RM), o corto <250 ms: rebotes, variantes de multisaltos en distintos vectores, drop jumps, segundos de triple, carrera saltada, etc.

([Schmidtbleicher](#), 1992). Otros autores proponen que el entrenamiento de la “Potencia” refiere a la realización de ejercicios secuenciales, o derivados de levantamiento olímpico de pesas, como la Cargada, el Arranque, Segundo tiempo de Potencia (en adelante D.L.P.) con cargas entre el 70-90% 1 RM, series de 1-6 rep, pausas de >3 min (Cormie, 2007, Naclerio, 2008). Mientras que si se quiere entrenar con ejercicios tradicionales (empuje-tracción) en la “zona de Fuerza-Potencia” se sugiere hacerlo con cargas entre el 60-80% de 1 RM (Naclerio, 2008), haciendo mención que las cargas que más Potencia generan en ejercicios como Press banco se encuentran próximas al 40% de 1 RM, y en Sentadilla, (dependiendo si se considera el peso corporal o no como parte de la resistencia a superar), oscilan entre el 50-65% de 1 RM, aclarando que tales valores son bastante menores que los obtenidos con los D.L.P. y éstos a su vez son superados por los ejercicios de C.E.A. como los saltos counter move jump (CMJ) sin carga añadida. (Cormie, 2007)

Por otro lado, algunos autores diferencian ejercicios de “Fuerza rápida-cíclicos” y “Fuerza explosiva-acíclicos”, haciendo la distinción en que los primeros refieren a gestos de alta velocidad, pero que al *no* realizar una acción “balística” al final de la fase concéntrica (salto o lanzamiento), existe una fase de frenado que disminuye la producción de fuerza, potencia, velocidad, aceleración; aumentando así el tiempo de aplicación de la Fuerza, mientras que cuando la misma acción finaliza con un gesto “balístico” desaparece la fase de frenado, por lo que el gesto se convierte en explosivo. (Cappa, 2019).

Ejemplos del primer grupo de ejercicios son la Sentadilla, el Press banco plano, Peso muerto, Dominadas, Hip thrust. Mientras que en el segundo grupo se incluirían la Sentadilla con salto, el Press de banco con lanzamiento, Saltos al cajón, Lanzamientos de pelota medicinal, etc. A su vez, el mismo autor diferencia a las acciones de “fuerza rápida” y “fuerza explosiva” en función del tiempo de aplicación de la misma: >250 ms y <250 ms respectivamente.

En relación al grupo de ejercicios de “Velocidad”, algunos investigadores (Giménez Reyes, Morin, Samozino, 2016) proponen ejercicios con el propio peso corporal, sin carga añadida, e incluso con cargas “aligeradas” como por ejemplo: saltos verticales asistidos con banda elástica, empujes horizontales con los pies contra la pared, acostado sobre un carro con ruedas (simulando un salto sin carga gravitatoria), al fundamentar que los mismos mejoran el rendimiento en el sector de la curva Fuerza-Velocidad donde se genera alto valor de Velocidad y baja producción de Fuerza.

Con respecto al entrenamiento en la “zona de Fuerza explosiva” muchos autores proponen la utilización de ejercicios tradicionales, ej: Sentadilla, con cargas ligeras: 30-60% 1 RM (Naclerio, 2008), ejercicios de C.E.A. largo, C.E.A. corto (sin carga añadida o cargas ligeras), y también D.L.P. (con cargas > 80% 1 RM), siempre con la utilización de volúmenes bajos (pocas repeticiones por serie y pausas completas de recuperación).

Ahora bien, si analizamos a cada una de las capacidades mencionadas anteriormente: Fuerza, Potencia, Velocidad, Aceleración, desde el punto de vista de la física y la fórmula correspondiente para calcularlas, realmente estamos hablando de capacidades excluyentes una de la otra?, es factible la mejora de una de ellas, sin que las demás lo hagan? Intentaremos responder a tales preguntas a continuación.

Conceptos, cálculos y unidades de medida

A continuación se conceptualizará brevemente cada capacidad, el cálculo para su obtención, y la forma de incrementarlas, brindando ejemplos en distintos gestos: Saltos, Sentadillas, Sprints. Con la idea de simplificar la interpretación de la información se usarán siempre los mismos ejemplos de resultados de test en las 3 acciones mencionadas.

Cabe aclarar que según el test y el instrumento de medición, cada una de las variables que se mencionan podrán tener diferentes “subtipos”. Por ejemplo, si se mide el rendimiento en un ejercicio de Fuerza como la Sentadilla con un encoder lineal, se obtendrán datos de Velocidad, Aceleración, Fuerza, Potencia y a su vez distintos “subtipos” de cada uno de ellos:

Media total: el promedio de los valores obtenidos en cada milisegundo a lo largo de toda la fase concéntrica (incluye fase de aceleración positiva, desaceleración y frenado).

Media impulsiva: el promedio de los valores obtenidos en cada milisegundo a lo largo de la fase acelerativa (aceleración positiva) dentro de la fase concéntrica, aquí se descartan los datos que poseen aceleración negativa.

Media propulsiva: el promedio de los valores obtenidos en cada milisegundo a lo largo de la fase propulsiva, que comprende: la fase acelerativa (aceleración positiva) + la fase en la que la aceleración está en el rango de 0 y -9,81 (el valor de aceleración es negativa aunque aún se aplica Fuerza).

Pico: el valor más alto de todos los obtenidos en cada milisegundo durante la fase concéntrica.

No se profundizará sobre cada una de ellas y cuál debería seleccionarse en función del ejercicio ya que sería demasiado extenso y no es el objetivo de este artículo. Nota: en negrita las variables que se modifican en el test II.

Velocidad: espacio-distancia recorrida en unidad de tiempo. Cálculo: espacio/tiempo. Unidad de medida: mts * seg o km/h. Por ejemplo: 10 mts en 2 seg = 5 m/s. La mejora de esta capacidad se produce cuando se recorre la misma distancia en menos tiempo:

Ejemplos:

Variable	Test I	Test II
Distancia empuje mts	0,35	0,35
Tiempo seg	0,233	0,224
Velocidad media m/s	1,5	1,56
Altura cm	45	50

Tabla 1: Velocidad media en el CMJ vertical

Variable	Test I	Test II
Masa kg	60	60
Distancia mts	0,6	0,6
Tiempo seg	0,6	0,55
Velocidad media m/s	1	1,09

Tabla 2: Velocidad media en sentadilla completa

Variable	Test I	Test II
Distancia mts	10	10
Tiempo seg	2	1,8

Velocidad media m/s	5	5,56
---------------------	---	-------------

Tabla 3: Velocidad media en un sprint de 10 mts con partida detenida

Aceleración: Fuerza aplicada sobre una masa. Incremento de Velocidad en unidad de tiempo. Cálculo: Velocidad final - Velocidad inicial/tiempo. Unidad de medida: m/s² Ejemplo: Vel final: 7 m/s - Vel inicial: 0 m/s/2 seg = 3,5 m/seg² La mejora de esta capacidad se produce cuando se produce mayor velocidad final para la misma distancia y velocidad inicial, por lo tanto, en menos tiempo:

Variable	Test I	Test II
Velocidad final m/s	3,6	3,74
Velocidad inicial m/s	0	0
Tiempo seg	0,233	0,224
Aceleración media m/s ²	15,45	16,71
Altura cm	45	50

Tabla 4: Aceleración media en el CMJ vertical

Variable	Test I	Test II
Masa kg	60	60
Velocidad final m/s	1,6	1,65
Velocidad inicial m/s	0	0
Tiempo seg	0,6	0,55
Aceleración m/s ²	2,67	3

Tabla 5: Aceleración media en sentadilla completa

Variable	Test I	Test II
Velocidad final m/s	7	7,7
Velocidad inicial m/s	0	0
Tiempo seg	2	1,8
Aceleración media m/s ²	3,5	4,28

Tabla 6: Aceleración media en un sprint de 10 mts con partida detenida

Fuerza: causa capaz de modificar el estado de reposo (generando movimiento) o movimiento (desacelerando-deteniendo el movimiento) de un cuerpo, modificando su aceleración (cambiándole la velocidad). Cálculo: masa * Aceleración. Unidad de medida: Newtons (N) . Ejemplo: 100 kg * 10 m/s² = 1000 N. La mejora de esta capacidad se produce cuando se logra aplicar mayor aceleración con la misma masa, la misma aceleración movilizand o mayor masa, o bien incrementando ambas variables. En el ejemplo de la tabla 7, la masa es la misma, se incrementó la aceleración, y el CMJ en 5 cm:

Variable	Test I	Test II
Masa kg	82	82
Aceleración m/s ²	15,45	16,71
Fuerza N	1267	1370
Altura cm	45	50

Tabla 7: Fuerza media en el CMJ vertical

En el ejemplo de la tabla 8, el sujeto aumentó 3 kg, la masa es mayor, la aceleración se mantuvo, la fuerza es mayor, aunque el rendimiento en el CMJ es el mismo:

Variable	Test I	Test II
Masa kg	82	85

Aceleración m/s ²	15,45	15,45
Fuerza N	1267	1313
Altura cm	45	45

Tabla 8: Fuerza media en el CMJ vertical

En el ejemplo de la tabla 9, se modificó la aceleración para la misma masa en kg:

Variable	Test I	Test II
Masa kg	60	60
Velocidad final m/s	1,6	1,65
Velocidad inicial m/s	0	0
Tiempo seg	0,6	0,55
Aceleración m/s ²	2,67	3
Fuerza N	700	780

Tabla 9: Fuerza media en sentadilla completa

En el ejemplo de la tabla 10 se incrementó la masa para la misma aceleración:

Variable	Test I	Test II
Masa kg	60	70
Velocidad final m/s	1,6	1,6
Velocidad inicial m/s	0	0
Tiempo seg	0,6	0,6
Aceleración m/s ²	2,67	2,67
Fuerza N	700	775

Tabla 10: Fuerza media en sentadilla completa

En el ejemplo de la tabla 11 se incrementó la aceleración para la misma masa corporal:

Variable	Test I	Test II
Masa kg	82	82
Velocidad final m/s	7	7,7
Velocidad inicial m/s	0	0
Tiempo seg	2	1,8
Aceleración media m/s ²	3,5	4,28
Fuerza N	**	***

Tabla 11: Fuerza media en un sprint de 10 mts con partida detenida

Aclaración: no se registran valores de Fuerza debido a que su medición debería realizarse paso por paso durante el sprint (plataformas dinamométricas) o promediada (con radar) y obtener los valores horizontal, vertical y resultante. En el ejemplo de la tabla 12 el sujeto aumentó la masa corporal, y mantuvo la aceleración, lo que se tradujo en valores de Fuerza más altos:

Variable	Test I	Test II
Masa kg	82	85
Velocidad final m/s	7	7
Velocidad inicial m/s	0	0
Tiempo seg	2	2
Aceleración m/s ²	3,5	3,5

Fuerza N	**	****
----------	----	------

Tabla 12: Fuerza media en un sprint de 10 mts con partida detenida

Potencia: trabajo producido en unidad de tiempo, producto de la Fuerza * la Velocidad de movimiento. Cálculo: $F (m * a) * V (e/t)$ o Trabajo (Fuerza * Espacio)/tiempo. Unidad de medida: Watts (W). Ejemplo: $F: 800 \text{ N} * V: 0,8 \text{ m/s} = 640 \text{ W}$. La mejora de esta capacidad se produce cuando se logra aplicar:

- **más Fuerza: + aceleración** * = masa y por lo tanto, **más Velocidad:** = distancia * - tiempo.
- **más Fuerza: + masa** * = Aceleración y por lo tanto, la misma Velocidad: = distancia * = tiempo.

En el ejemplo de la tabla 13 el sujeto aumentó la Potencia en el test II como consecuencia de haber incrementado la Fuerza: + **Aceleración** * = masa, por lo tanto + **Velocidad**, y + **altura del CMJ**:

Variable	Test I	Test II
Masa kg	82	82
Fuerza media N	1267	1370
Velocidad media m/s	1,5	1,56
Potencia media W	1900	2137
Altura cm	45	50

Tabla 13: Potencia media media en el CMJ vertical

En el ejemplo de la tabla 14 el sujeto aumentó la Potencia en el test II como consecuencia de haber mejorado la Fuerza: = Aceleración * + **masa**. Sin embargo, al no haber incrementado la Velocidad, no se modificó la altura del CMJ:

Variable	Test I	Test II
Masa kg	82	85
Fuerza media N	1267	1313
Velocidad media m/s	1,5	1,5
Potencia media W	1900	1970
Altura cm	45	45

Tabla 14: Potencia media en el CMJ vertical

En el ejemplo de la tabla 15 el sujeto aumentó la Potencia como consecuencia de haber mejorado la Fuerza: + **Aceleración** * = masa, y por lo tanto + **Velocidad**:

Variable	Test I	Test II
Masa kg	60	60
Fuerza N	700	780
Velocidad m/s	1	1,09
Potencia W	700	850

Tabla 15: Potencia media en sentadilla completa

En el ejemplo de la tabla 16 el sujeto aumentó la Potencia como consecuencia de haber mejorado la Fuerza: = Aceleración * + **masa**, y por lo tanto = Velocidad:

Variable	Test I	Test II
Masa kg	60	70
Fuerza N	700	775
Velocidad m/s	1	1
Potencia W	700	775

Tabla 16: Potencia media en sentadilla completa

En el ejemplo de la tabla 17 el sujeto aumentó la Potencia como consecuencia de una **mayor Velocidad**: (= distancia * - tiempo) y **Fuerza** (+ **aceleración** * = masa):

Variable	Test I	Test II
Masa kg	82	82
Velocidad media m/s	5	5,56
Fuerza media N	**	****
Potencia media W	**	****

Tabla 17: Potencia media en un sprint de 10 mts con partida detenida

Aclaración: no se registran valores de Fuerza y Potencia debido a que su medición debería realizarse paso por paso durante el sprint (plataformas dinamométricas) o promediadas (con radar) y obtener los valores horizontal, vertical y resultante.

En el ejemplo de la tabla 18 el sujeto aumentó la Potencia como consecuencia de haber aplicado **mayor Fuerza** (= aceleración * + **masa**), sin embargo no mejoró la velocidad:

Variable	Test I	Test II
Masa kg	82	85 kg
Velocidad media m/s	5 m/s	5 m/s
Fuerza media N	**	****
Potencia media N	**	****

Tabla 18: Potencia media en un sprint de 10 mts con partida detenida

Aclaración: no se registran valores de Fuerza y Potencia debido a que su medición debería realizarse paso por paso durante el sprint (plataforma dinamométrica) o promediadas (con radar) y obtener los valores horizontal, vertical y resultante.

Habiendo aclarado el significado de cada variable, la forma de obtenerla y las modificaciones que deben producirse para incrementarlas, surge un interrogante: se pueden producir mejoras en alguna de ellas sin que lo hagan las demás?

Esta inquietud se genera porque es muy frecuente leer afirmaciones publicadas en la literatura tales como:

“El entrenamiento con cargas altas generó incrementos de la Fuerza máxima, aunque no hubo cambios en la Potencia...”

“El entrenamiento de saltabilidad indujo adaptaciones beneficiosas en la Potencia, aunque no generó cambios en la Fuerza máxima”

“El objetivo en determinadas etapas del entrenamiento en deportistas es la mejora de la Fuerza máxima, y en otras el desarrollo de la Potencia...”

“La Fuerza máxima se entrena con cargas que generen velocidades <0,5 m/s, mientras que para entrenar la Fuerza explosiva, las cargas deben corresponder a velocidades >1 m/s”.

“El principal hallazgo del estudio fue que la Fuerza máxima es la variable que mayor correlación tiene con la Potencia”

“Se debe construir una buena base de fuerza máxima a baja velocidad, para luego desarrollar la potencia neuromuscular con gestos de saltos y lanzamientos”

Para responder a la pregunta realizada en los párrafos anteriores, deberíamos analizar las variables medidas en algunos estudios, los datos obtenidos y la interpretación realizada los autores de los mismos. Por ejemplo, cuando se afirma que “x entrenamiento ha mejorado la “Fuerza máxima”, pero no la “Potencia”, y se analizan los datos, resulta ser que midieron (como referencia de la primera variable) a la 1 RM del ejercicio, y (de la segunda variable), a la altura, distancia, o potencia alcanzadas en un gesto generalmente “balístico-explosivo” como un salto o lanzamiento.

Se evidencia aquí el primer inconveniente: se midieron dos variables distintas para valorar el efecto del entrenamiento: kilos con las cargas altas y potencia o altura-distancia alcanzadas con las cargas bajas.

Se sabe que cada ejercicio de Fuerza posee una velocidad media propulsiva (VMP) propia (máxima en intención durante la fase concéntrica), bastante estable para cada porcentaje de 1 RM, independientemente del nivel de Fuerza de los sujetos (ver tabla 1)

% 1 RM	Press plano	Dominadas	Sentadilla	Remo en tabla	Cargada	Arranque
50%	0,95		1,14	1,2	1,7	1,75
60%	0,79		1	1,06	1,54	1,6
70%	0,62	0,74	0,84	0,92	1,38	1,45
80%	0,47	0,57	0,68	0,78	1,22	1,3
90%	0,32	0,39	0,5	0,65	1,06	1,15
100%	0,18	0,2	0,33	0,52	0,9	1,04

Tabla 19: VMP para cada % de 1 RM en distintos ejercicios. González Badillo, (2019)

Como se observa en la tabla 19, cada % posee una VMP máxima diferente según el ejercicio, lo que hace que la clasificación arbitraria en “zonas u orientaciones de entrenamiento” según la velocidad, como algunos autores proponen, no sea del todo correcta. Abajo se muestra un ejemplo de ello:

“Zona de Fuerza explosiva”: >1 m/s

“Zona de Potencia”: 1 a 0,75 m/s

“Zona de Fuerza-Velocidad”: 0,75 a 0,5 m/s

“Zona de Fuerza máxima”: <0,5 m/s.

Si elegimos una VMP de 0,8 m/s, (que según el criterio anterior encuadraría dentro de la “zona de Potencia”), ésta representa los siguientes % de 1 RM para cada ejercicio:

Press banco: 60%

Sentadilla: 72%

Remo acostado: 80%

Mientras que en los ejercicios de levantamiento olímpico y sus derivados no se llega nunca a ese valor de VMP (la VMP se aproxima a 1 m/s con la 1 RM).

Por esta razón, lo correcto es diferenciar la VMP de cada ejercicio, asociarlas a su % de 1 RM correspondiente (no es imprescindible) y no determinar arbitrariamente “zonas u orientaciones de entrenamiento” según valores absolutos de velocidad.

Ahora bien, suponiendo que un sujeto, producto de un proceso de entrenamiento, mejora su 1 RM en sentadilla completa, pasando de 100 a 110 kg, y sin embargo, la altura del CMJ pre-post se mantiene en 45 cm (la velocidad media para un salto vertical de 45 cm es de aproximadamente 1,5 m/s)

Cuáles fueron las adaptaciones: “mejoró la Fuerza máxima y no mejoró la Potencia?”

Si en el test I su 1 RM era 100 kg, y estuvo bien medida, la VMP tuvo que ser muy próxima a 0,33 m/s. Si en el test II, la 1 RM aumentó a 110 kg, la VMP debió estar nuevamente muy cerca de 0,33 m/s.

De estos datos deviene una pregunta: ¿a qué VMP movió 100 kg en el test II?

Para responder a ella, tenemos que calcular qué % de 1 RM representó en el test II 100 kg externos: $100 \times 100/110 = 90,9\%$. Esto significa casi el 91% de la nueva RM, por lo que la VMP a la que los debería haber levantado en la segunda oportunidad tuvo que aproximarse a 0,5 m/s (ver datos de la tabla 19).

Por tanto, lo que sucedió al mejorar la 1 RM, es que en el test II se generó una mayor VMP con 100 kg respecto al test I: 0,5 vs 0,33 m/s respectivamente. Esto significa que aplicó mayor aceleración (mayor aumento de velocidad) a la misma masa, es decir, más fuerza: la única forma de mover una misma masa a mayor velocidad es aplicándole más fuerza. Y si esto ocurre, como consecuencia (inevitablemente) la potencia generada será mayor.

A su vez, si el rendimiento en el CMJ no se modificó, la velocidad de despegue tuvo que ser la misma en ambos test (recordemos que la altura del CMJ depende directamente de la velocidad de despegue), por lo que la velocidad media tampoco varió: 1,5 m/s. Entonces, si la masa corporal y la velocidad (altura) del CMJ no se modificaron, la Fuerza aplicada fue la misma (= masa * aceleración), por lo que la Potencia generada tampoco cambió.

¿Cuál sería la interpretación adecuada de esta información?

- Se produjo una mejora de la Fuerza aplicada, la Velocidad, y necesariamente la Potencia al mover cargas altas, en este ejemplo 100 kg.
- Sin embargo, con cargas ligeras (p.c.) no hubo cambios en ninguna de las 3 variables.

Si los resultados hubieran sido opuestos, es decir: aumento de la altura del CMJ de 45 (velocidad media: 1,5 m/s) a 50 cm

(velocidad media: 1,56 m/s), sin cambios en la 1 RM en sentadilla: 100 kg, las conclusiones más habituales dirían:

“El entrenamiento realizado mejoró la Potencia, sin cambios en la Fuerza máxima”

Sin embargo, lo que realmente habría sucedido es que para saltar 5 cm más alto en el test II, tuvo que aplicar mayor velocidad al momento del despegue, por lo que tuvo que acelerar más la misma masa corporal: **+ aceleración * = masa: + fuerza aplicada, + fuerza a + velocidad = + potencia.**

En este caso, la interpretación adecuada sería:

- El deportista mejoró la Fuerza, e indefectiblemente la Velocidad y la Potencia, ante cargas ligeras (propio peso corporal), manifestadas en una mayor altura del CMJ.
- No se produjeron mejoras de la Fuerza, ni obviamente de la Velocidad y Potencia, ante cargas altas (si la 1 RM no se modifica, seguramente se mueven las cargas altas a una VMP muy similar en ambas mediciones).

Por tanto, hasta aquí podemos decir que desde el punto de vista de la física, es imposible, si las condiciones en que se mide en el test I y test II son las mismas: peso, distancia, exista un incremento de la Fuerza máxima, sin que lo haga la Potencia y la Velocidad, o al revés: que aumente la Potencia y la Velocidad, sin que lo haga la Fuerza máxima aplicada. La única manera de mejorar la Fuerza ante una misma carga es moverla a mayor velocidad, por lo que también se producirá mayor Potencia mecánica.

Lo que si genera el entrenamiento neuromuscular es que las mejoras de Fuerza (Velocidad y Potencia) pueden producirse en:

- toda la curva F-V, es decir, desde cargas muy ligeras hasta las más altas,
- o bien en sectores puntuales de la misma, ya sea, en la zona de cargas ligeras y altas velocidades, o en la zona de cargas altas, o bajas velocidades.

Estas adaptaciones serán dependientes del nivel de entrenamiento del sujeto: a mayor desarrollo de la Fuerza, mayor especificidad de los efectos producidos, su potencial adaptativo y de las características de los ejercicios y su dosificación, entre otras variables.

¿Hay excepciones o matices?

Como en cualquier situación-contexto, podemos mencionar algunas excepciones a la regla. En el ejemplo de la tabla 20 la altura pre-post del CMJ no se modificó, el peso corporal se incrementó en 3 kg, la distancia y tiempo de empuje se mantuvieron, por lo que la Velocidad y la Aceleración fueron idénticas. Por tanto: **+ Fuerza (+ masa * = Aceleración) * = Velocidad: + Potencia.**

Variable	Test I	Test II
CMJ (cm)	45	45
P.C. (kg)	82	85
Distancia empuje (mts)	0,35	0,35
Tiempo empuje (seg)	0,233	0,233
Velocidad pico (m/s)	3,6	3,6
Velocidad media (m/s)	1,5	1,5
Aceleración (m/s ²)	15,45	15,45
Fuerza (N)	1267	1313
Potencia (W)	1900	1970

Tabla 20: Variables medidas en el CMJ vertical

Aquí se produjeron aumentos de la Fuerza y la Potencia, sin cambios en la Velocidad y altura del CMJ. Esto se debe a que hay una variable “extraña” que se modificó: la masa movilizada es mayor en el test II. Como se puede observar, no siempre la mejora de la Potencia se asocia a un mayor rendimiento, de hecho el CMJ pre-post se mantuvo en 45 cm.

En la tabla 21 se presenta algo muy particular: la altura del CMJ (la Velocidad) y el peso corporal no se modificaron, sin embargo, en el test II se incrementó la Fuerza y Potencia, ¿por qué sucedió esto?

Variable	Test I	Test II
CMJ (cm)	45	45
P.C. (kg)	82	82
Distancia empuje (mts)	0,35	0,30

Tiempo empuje (seg)	0,233	0,20
Velocidad pico (m/s)	3,6	3,6
Velocidad media (m/s)	1,5	1,5
Aceleración (m/s ²)	15,45	18
Fuerza (N)	1267	1476
Potencia (W)	1900	2214

Tabla 21: Variables medidas en el CMJ vertical

La respuesta es que en el test II el deportista incrementó la **Aceleración**, con la misma Velocidad, porque la distancia y el tiempo fueron menores. Es decir, alcanzó la misma Velocidad con un menor recorrido en fase concéntrica, lo cual se tradujo en la misma altura en el CMJ, aunque con valores de **Fuerza y Potencia** mayores.

Mostramos otra situación: en el ejemplo de la tabla 22, el sujeto aumentó de peso corporal, mantuvo la altura del salto en el test II, y a pesar de eso, obtuvo menos Fuerza y Potencia en el test II. ¿Por qué?

Variable	Test I	Test II
CMJ (cm)	45	45
P.C. (kg)	82	85
Distancia empuje (mts)	0,35	0,4
Tiempo empuje (seg)	0,233	0,267
Velocidad pico (m/s)	3,6	3,6
Velocidad media (m/s)	1,5	1,5
Aceleración (m/s ²)	15,45	13,48
Fuerza (N)	1267	1146
Potencia (W)	1900	1719

Tabla 22: Variables medidas en el CMJ vertical

En esta situación hubo dos variables que se modificaron: en el test II el sujeto aumentó de peso, y además efectuó un contramovimiento de mayor ROM (más distancia de la fase de empuje-concéntrica), logrando la misma altura del CMJ e igual Velocidad (**+ distancia * + tiempo**).

Entonces: si la Velocidad se mantuvo, pero el tiempo y la distancia fueron mayores, la **Aceleración** tuvo que ser necesariamente menor. Aquí el aumento de la masa fue superado por el descenso de la Aceleración, lo que explica que la **Fuerza y la Potencia disminuyeran**.

Veamos una posibilidad más: en el ejemplo de la tabla 23 el deportista mantuvo la altura del CMJ (Velocidad) en el test II, al igual que su peso corporal, y a pesar de no modificar el rendimiento, logró valores de Fuerza y Potencia mayores en la segunda ocasión. ¿Por qué?

Variable	Test I	Test II
CMJ (cm)	45	45
P.C. (kg)	82	82
Distancia empuje (mts)	0,35	0,3
Tiempo empuje (seg)	0,233	0,2
Velocidad pico (m/s)	3,6	3,6
Velocidad media (m/s)	1,5	1,5
Aceleración (m/s ²)	15,45	18
Fuerza (N)	1267	1476
Potencia (W)	1900	2214

Tabla 23: Variables medidas en el CMJ vertical

Resulta que hubo una variable "extraña" que se modificó: la distancia de empuje (concéntrica) disminuyó

significativamente, producto de un contramovimiento de menor recorrido. Entonces: = Velocidad (- **tiempo y - distancia**), generaron **mayor Aceleración**, ante la misma masa, por tanto la **Fuerza y Potencia** aplicadas aumentaron sus valores.

Estos mismos ejemplos podrían aplicarse a otras acciones como el sprint.

Como corolario de este apartado, podemos decir que:

- cuando las variables distancia recorrida y peso movilizado se igualan en el test I y II, la mejora de la Fuerza aplicada trae aparejado un incremento concomitante de la Velocidad y Potencia mecánica. Es imposible que aumente una de ellas sin que lo hagan las demás.
- Cuando una de las variables se modifica, ya sea menor *distancia* recorrida o mayor *masa* movilizada, los incrementos de la Fuerza y Potencia no necesariamente se traducen en una Velocidad más alta.
- Si en el test I y II se igualan la Velocidad y la distancia, a mayor peso movilizado: mayor Fuerza y Potencia aplicadas.
- Cuando en los dos test se igualan la masa movilizada y la Velocidad, siendo la distancia y el tiempo menores, mayor será la Aceleración, y por tanto se incrementarán la Fuerza y Potencia generadas.

Esta variabilidad en los valores obtenidos se produce debido a que las variables que determinan la Potencia devienen de la Fuerza (que incluye masa * aceleración) y de la Velocidad (que incluye distancia/tiempo). Por lo que una modificación en cualquiera de ellas: masa, aceleración, distancia y tiempo en la segunda medición, determinará cambios de la Potencia generada.

Todas estas afirmaciones nos permiten llegar a la conclusión de que el único objetivo físicamente posible (y en todo momento) del entrenamiento neuromuscular en deportistas es incrementar la Fuerza aplicada, ante la masa de competición, que en muchas ocasiones suele ser el peso corporal o un segmento del mismo. Si la masa a desplazar es siempre la misma, y la distancia con la que se mide es la misma, el indicador de mejora de la Fuerza y por tanto, del rendimiento, será un aumento de la Velocidad de desplazamiento, lo que traerá aparejado, consecuentemente, mayor Potencia aplicada.

Dicho esto, es pertinente aclarar, que el incremento de la Potencia per sé no es el objetivo del entrenamiento, sino una consecuencia de aplicar más Fuerza (Aceleración y Velocidad) ante una misma masa en los gestos deportivos.

Vale decir también, que en algunos casos, los incrementos de la Fuerza y la Potencia, a expensas de una mayor masa, sin que se modifiquen la Aceleración y Velocidad, pueden traducirse en una ventaja para ciertos deportes: un ejemplo de ello puede ser un jugador de Rugby que aumenta su peso corporal, y mantiene la Velocidad en el test II de 10 mts con partida detenida (ver tabla 18). En la segunda ocasión, el deportista desplazó una masa mayor con la misma Aceleración y Velocidad, lo que seguramente se tradujo en un mayor rendimiento, debido a que es más difícil para un defensor tacklear-detener a un atacante que desarrolla la misma Aceleración y Velocidad, desplazando una masa mayor, lo que incrementa la generación de energía cinética: $\frac{1}{2} \text{ masa} * \text{Velocidad}^2$.

¿Qué test usamos para medir y cuál es el indicador de mejora de la Fuerza?

Medir - predecir o estimar - evaluar

Medir implica un proceso de recolección de datos cuantitativos al realizar un test. Ej: la VMP en Sentadilla con cargas crecientes.

Estimar o predecir refiere a un procedimiento por el cual el dato no se obtuvo de manera directa, sino que se mide una variable y se introduce en una fórmula que calcula determinado valor. Ej: si el sujeto ejecuta una sentadilla completa con 80 kg a 0,68 m/s de VMP en la fase concéntrica, se introducen ambos datos en una fórmula, y se hace una estimación de la 1 RM, que en este caso será próxima a 100 kg.

Evaluar implica emitir un juicio de valor de los datos obtenidos, ej: en el CMJ el deportista posee valores inferiores a los de referencia para su deporte y puesto.

En función de lo desarrollado hasta aquí proponemos una batería de mediciones (con y sin tecnología) que pueden realizarse para posteriormente valorar (evaluar) el rendimiento neuromuscular.

Estos test tienen como objetivos:

- Establecer un diagnóstico inicial del/los deportistas: determinando sus fortalezas-debilidades, perfil, nivel del deportista.
- Programar y prescribir de forma individualizada el entrenamiento neuromuscular.
- Valorar la evolución del proceso de entrenamiento (cambios pre-post).

- Comprobar la relación entre los progresos en la Fuerza y el rendimiento específico.
- Comparar los resultados propios con valores de referencia del mismo deporte.

Las mediciones serán útiles si permiten monitorear los progresos y fraccionar cargas de entrenamiento. No se hará referencia al test de 1 RM o a los test de XRM's al no considerarse adecuadas por varias razones:

- Excesivo estrés psico-biológico al deportista (principalmente en deportes de equipo: en estos deportistas el entrenamiento de Fuerza es un medio para... no un fin en sí mismo).
- Altas posibilidades de medirla erróneamente (subestimar su valor): suelen obtenerse datos de supuestas 1 RM a velocidades superiores a la correspondiente a la 1 RM en el ejercicio medido, por ejemplo, si se mide una supuesta 1 RM en sentadilla y la VMP fue 0,4 m/s significa que ese valor está subestimando la 1 RM.
- Sólo brinda información de la capacidad de producir Fuerza con una sola carga, la máxima posible (no se conoce el rendimiento del deportista con otras cargas, que la mayoría de las veces son las más determinantes del rendimiento).
- Programar a partir de % de la 1 RM tiene una serie de inconvenientes asociados a su inexactitud, ya que, se ha evidenciado, que con un mismo % de 1 RM, no todos los sujetos realizan el mismo número de repeticiones máximas, por ejemplo, al 70% en Sentadilla completa un sujeto puede realizar 8-9 RMs y otro 11-12 Rms (desvío estándar), por lo que si la programación indica que deben realizar 3 series * 5 rep al 70%, uno de ellos hará 3 * 5 rep con la carga de 9 RMs y el otro estará entrenando con la carga de 11 RMs, lo que demuestra que los esfuerzos no están equiparados. A su vez, la cantidad de RMs que se pueden realizar con cada % varían en función del ejercicio: por término medio, con cada % de 1 RM se pueden hacer 2-3 repeticiones más en press banco que en sentadilla, ej: al 70% en press banco se hacen 12 RMs y en sentadilla 10 RMs. (González Badillo, 2019).
- Si se toman algunas tablas propuestas en la literatura, en las que se asocia el % de 1 RM con el máximo número de repeticiones realizables, ej: 80% = 8 RMs, 75% = 10 RMs, 70% = 12 RMs, y se desea entrenar por ejemplo al 75% de 1 RM, algunos autores sugieren "probar la carga" con la que puedan realizar 10 RMs para determinar el peso a utilizar que represente dicho %. Tal proceso implicaría realizar una serie al fallo muscular. Consideramos innecesario e inadecuado la realización de series al fallo muscular en todo momento, ya sea para fines de evaluación o de entrenamiento.
- Existe considerable variabilidad de la 1 RM intra-sujeto en cada sesión (hasta un 10%), en función de su situación psico-biológica y nivel de adaptación actual: estado anímico, alimentación, descanso, etc. Al comienzo de un proceso de entrenamiento con principiantes, las mejoras en Fuerza son muy rápidas (adaptaciones neurales), lo que demandaría medir o estimar 1 RM todas las semanas.

Valoración de la Fuerza vertical

Ejercicios auxiliares - encoder lineal

a). Medición de VMP en Sentadilla con cargas crecientes:

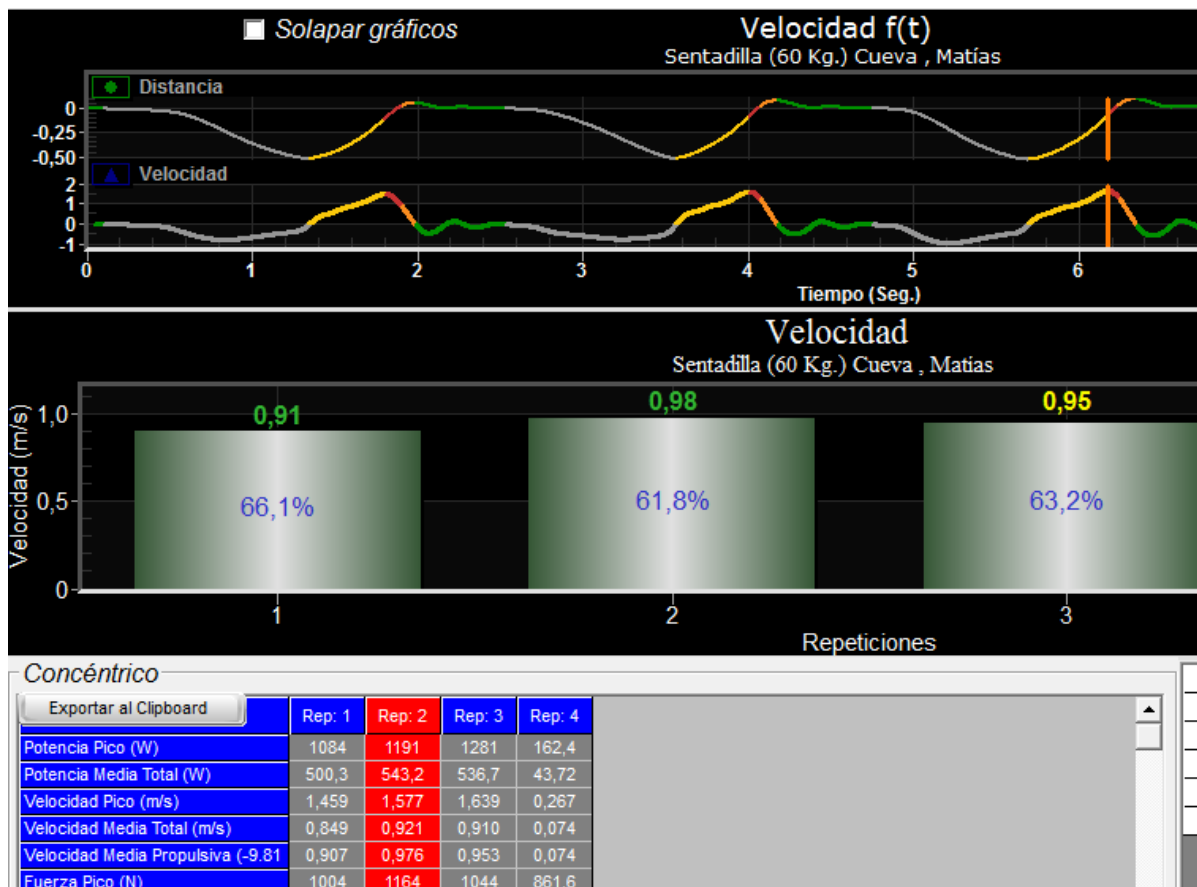


Gráfico 1: medición de Velocidad en Sentadilla completa con encoder. El Software calcula automáticamente el % de 1 RM que representa la carga en función de la VMP. Por ejemplo, la 2da repetición se movió a 0,98 m/s, por lo que esa carga (60 kg) representa el 61,8% de 1 RM en ese momento para ese deportista.

Pasos para la realización del test:

Nota: En caso de no hacer sentadilla completa, ubicar un banco para que los glúteos del deportista siempre contacten con el mismo y el recorrido articular sea siempre el mismo.

- Selección de cargas: 30-40-50-60-70-80% de 1 RM.
- Estimar la 1 RM aproximada del deportista (sin medirla) en caso de conocerlo y saber que cargas utiliza habitualmente: ej: 125 kg.
- Calcular la carga inicial: 30% ($125 \times 0,3 = 37,5$ kg) y carga final: 80% ($125 \times 0,8 = 100$ kg).
- Calcular el incremento de carga en cada serie: $\text{carga final (100 kg)} - \text{carga inicial (37,5 kg)} / \text{cantidad de series} - 1$ (número de aumentos de carga). Ej: $(100 - 37,5) / (6-1) = 62,5 / 5 = 12,5$ kg.
- Seleccionar las cargas: 38 kg (30%), 50 kg (40%), 63 kg (50%), 75 kg (60%), 88 kg (70%), 100 kg (80%).
- Realizar con cada carga el ejercicio de sentadilla, a una velocidad controlada durante la fase excéntrica hasta el punto más bajo y máxima posible durante la fase concéntrica, al finalizar cada repetición se realiza una pausa de 1 segundo, y se comienza nuevamente. Con las cargas ligeras se pueden hacer 5-6 repeticiones por serie, a medida que aumenta el peso, ir reduciendo este número hasta llegar a hacer 2-3 repeticiones con el supuesto 80% de 1 RM.
- Las pausas irán aumentando conforme lo hace la carga, desde 2 min con las cargas ligeras hasta 3-4 min con las cargas más altas.
- Si se desea estimar la 1 RM, se introduce la última carga y su VMP correspondiente, ej: 100 kg a 0,68 m/s de VMP en la siguiente fórmula para Sentadilla paralela: $1 \text{ RM} = \text{kg} / (1,145 + (-0,495) \times \text{VMP})$ (Naclerio, 2010).
- Por tanto: $1 \text{ RM} = 100 / (1,145 + (-0,495 \times 0,68)) = 100 / 1,145 + (-0,337) = 100 / 0,808 = \mathbf{124 \text{ kg}}$.
- Si se dispone de un encoder para medir, y usar en el entrenamiento, no tendrá sentido alguno programar en función de % de 1 RM, sino en función de velocidades.
- En caso de tener que evaluar a un plantel numeroso, con valores heterogéneos, o no conocer al deportista, se sugiere comenzar con una carga ligera de forma arbitraria, por ejemplo 40 kg, e ir incrementando la carga en 15-20 kg (también arbitrariamente), hasta llegar a una carga en la que la VMP no sea inferior a 0,6 m/s (lo que representa aproximadamente el 85% de 1 RM en Sentadilla completa). En la tabla siguiente se muestra un ejemplo de un deportista con las VMP para cada carga y el % de 1 RM estimado:

Carga kg	VMP m/s	% 1 RM
38	1,44	30
50	1,28	40
63	1,14	50
75	1	60
88	0,84	70
100	0,68	80

Tabla 24: test de cargas crecientes con encoder lineal en sentadilla completa.

Comparación test I y II en Sentadilla:

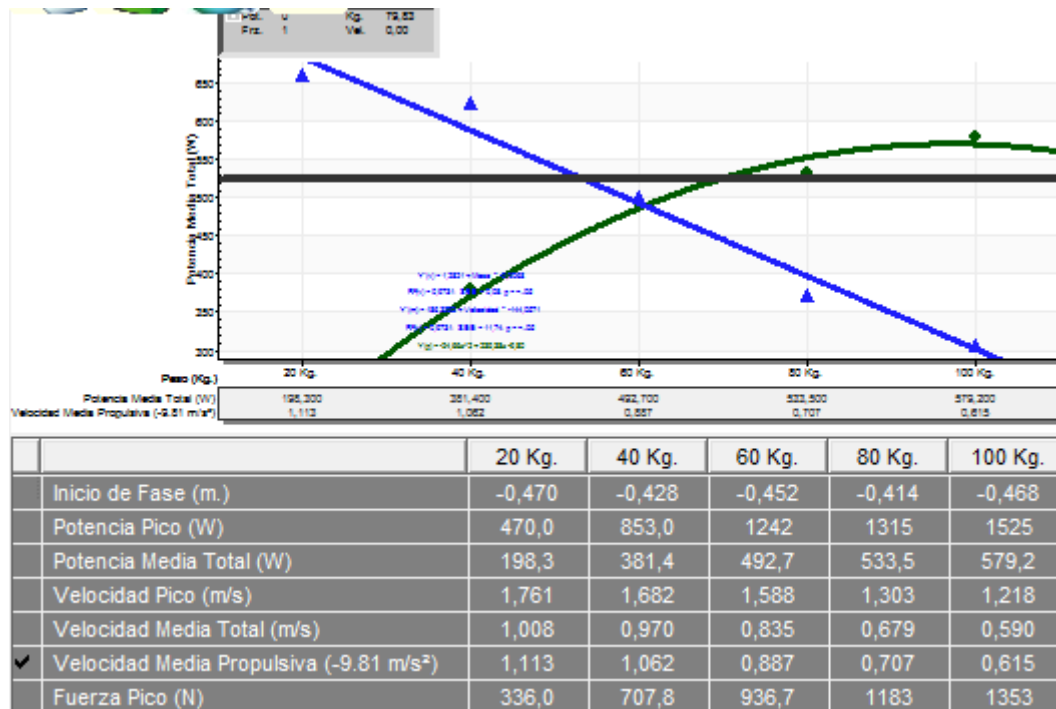


Gráfico 2: Test I: perfil F-V en Sentadilla con carga incremental medida con Encoder lineal. Agosto 2018.

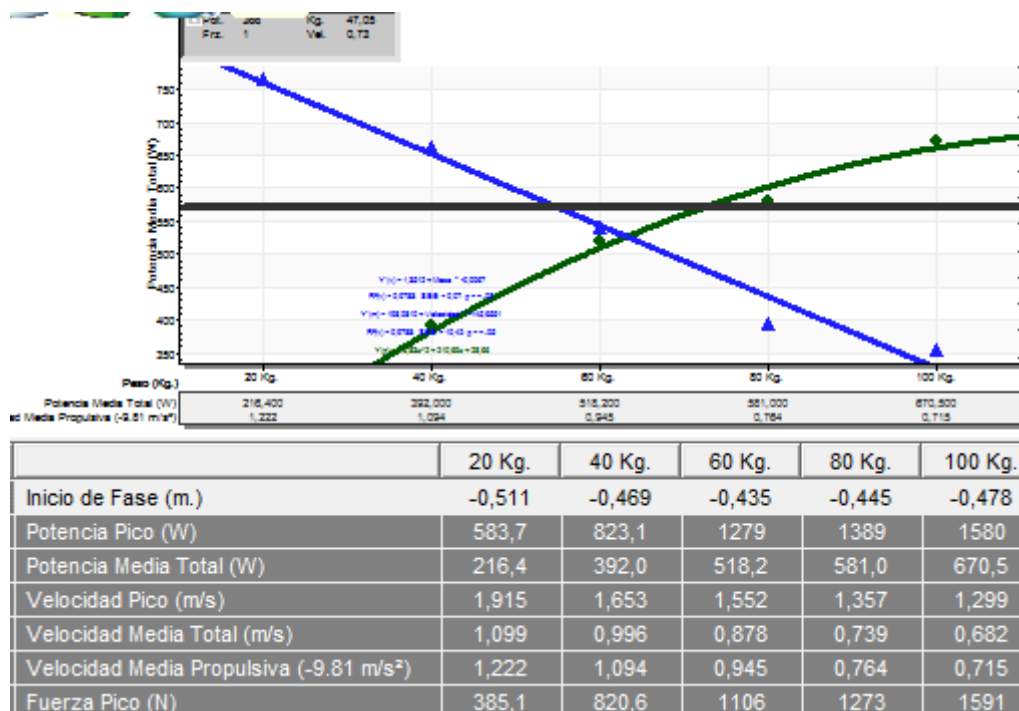


Gráfico 2: Test I: perfil F-V en Sentadilla con carga incremental medida con Encoder lineal. Agosto 2018.

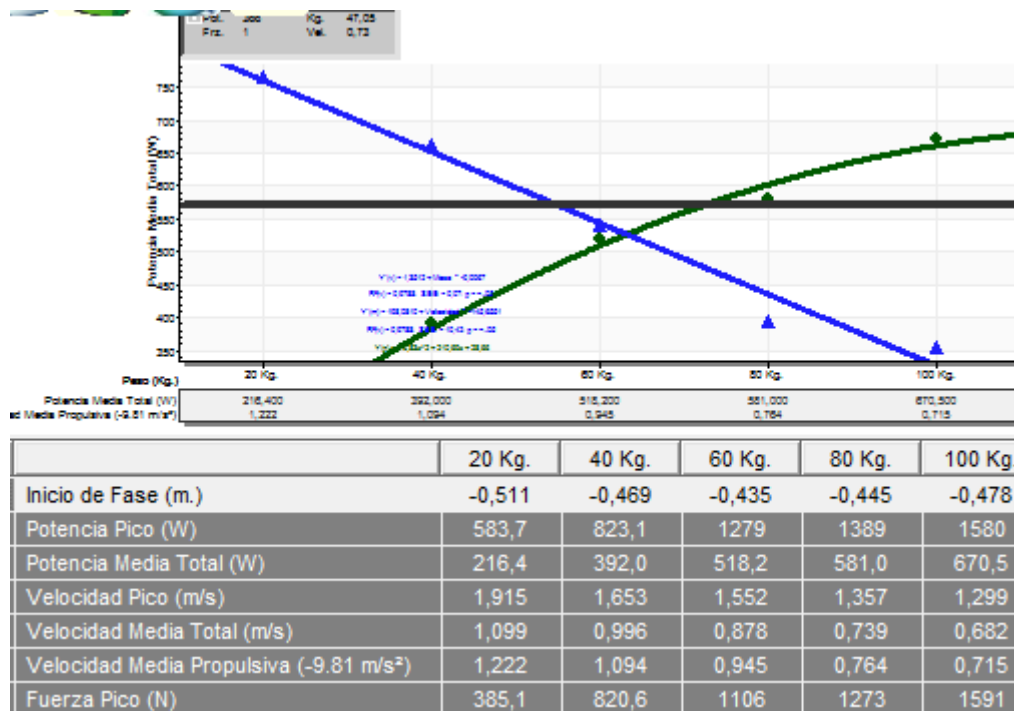


Gráfico 3: Test II: perfil F-V en Sentadilla con carga incremental medida con Encoder lineal. Octubre 2018.

En el gráfico II y III se observa la realización del test real de sentadilla con cargas crecientes, utilizando encoder lineal, que realizamos con un basquetbolista profesional, en la temporada 2018-19.

Si nos enfocamos en la VMP, y comparamos los datos en un Excel, observamos lo siguiente:

Fecha	16-8	8-10	cambio	16-8	8-10	cambio	16-8	8-10	cambio	16-8	8-10	cambio	16-8	8-10	cambio
Carga	20 kg			40 kg			60 kg			80 kg			100 kg		
VMP	1,113	1,222	9,79%	1,062	1,094	3,01 %	0,887	0,945	6,54%	0,707	0,764	8,06%	0,615	0,715	16,26%

Tabla 25: cambios pre-post en la velocidad media propulsiva en sentadilla con las cargas comunes en un basquetbolista profesional.

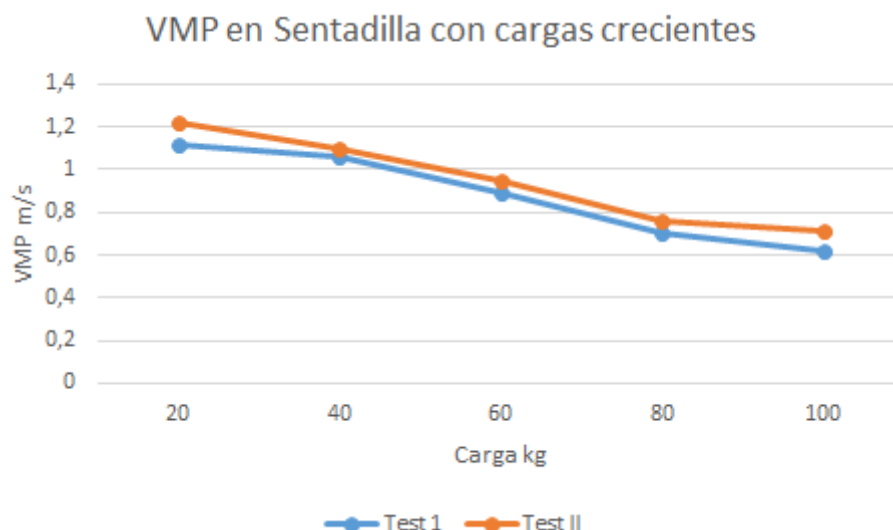


Gráfico 4: Comparación perfil carga-velocidad Test I y II en Sentadilla con cargas incrementales medida con Encoder lineal. Agosto-Octubre 2018

En caso de querer estimar la 1 RM usando como referencia el peso más alto medido (100 kg) y la velocidad a la que los

movió en el test I y II, incluimos los datos en la fórmula de estimación y nos queda:

- Test I: $1 \text{ RM} = 100 / (1,145 + (-0,495 * 0,615)) = 100 / 1,145 + (-0,304) = 100 / 0,84 = \mathbf{119 \text{ kg}}$. (Naclerio, 2010).
- Test II: $1 \text{ RM} = 100 / (1,145 + (-0,495 * 0,715)) = 100 / 1,145 + (-0,354) = 100 / 0,791 = \mathbf{126 \text{ kg}}$. (Naclerio, 2010).
- Aquí se concluye que la 1 RM (estimada) mejoró de 119 a 126 kg (5,88%).

Si a este deportista solamente le hubiéramos medido la 1 RM en sentadilla (sin encoder) hubiéramos concluido que mejoró la “Fuerza máxima”, sin embargo, mejoró la Fuerza aplicada ante cada carga (gráficos 2 y 3), e indefectiblemente la Velocidad (tabla 25) y la Potencia.

Sabiendo que cada % de 1 RM posee su propia velocidad, el incremento de la 1 RM hace que cada carga absoluta se convierta en un % menor en el segundo test (ver tabla 26), aunque en algunas ocasiones, producto del entrenamiento a baja velocidad, con cargas altas y próximo al fallo, la velocidad no mejora, principalmente con las cargas ligeras, que son las más difíciles de mejorar.

Test I - 1 RM: 100 kg		Carga kgs	Test II - 1 RM: 110 kg	
% 1 RM	VMP		VMP	% 1 RM
50	1,14	50	1,21	45
60	1	60	1,07	55
70	0,84	70	0,93	64
80	0,68	80	0,79	73
90	0,5	90	0,63	82
100	0,33	100	0,5	91

Tabla 26: VMP pre-post en sentadilla completa: al incrementarse la 1 RM en el test II: 100 a 110 kg, cada carga (kg) medida pasa a representar un % menor de la 1 RM respecto al test I, por lo que se mueve a mayor velocidad.

- Medición de VMP en Press banco plano con cargas crecientes:

Pasos para la realización del test:

- Son exactamente los mismos que para la realización de la Sentadilla, sólo que seguramente los incrementos de carga serán menores (10-15 kg), debido a que la 1 RM seguramente posee un valor inferior.
- La fórmula de estimación de 1 RM es diferente a la Sentadilla: $1 \text{ RM} = \text{kg} / (1,082 + (-0,607) * \text{VMP})$ (Naclerio, 2010). Por lo que si la última carga medida fueron 80 kg a una VMP de 0,48 m/s el cálculo será el siguiente: $1 \text{ RM} = 80 / (1,082 + (-0,607 * 0,48)) = 80 / 1,082 + (-0,291) = 80 / 0,79 = \mathbf{101 \text{ kg}}$
- En caso de tener que evaluar a un plantel numeroso, con valores heterogéneos, o no conocer al deportista, se sugiere comenzar con una carga ligera de forma arbitraria, por ejemplo 30 kg, e ir incrementando la carga en 10-15 kg (también arbitrariamente), hasta llegar a una carga en la que la VMP no sea inferior a 0,4 m/s (lo que representa aproximadamente el 85% de 1 RM en Press banco).
- En la tabla siguiente se muestra un ejemplo de un deportista con las VMP para cada carga y el % de 1 RM estimado:

Carga kg	VMP m/s	% 1 RM
30	1,25	30
40	1,12	40
50	0,94	50
60	0,8	60
70	0,62	70
80	0,48	80

Tabla 27: test de cargas crecientes con encoder lineal en press banco plano.

Como puede observarse, cuando comparamos los mismos % en ambos ejercicios, por término medio la Sentadilla se mueve a una VMP 0,2 m/s más rápida. Por ejemplo: el 60% en Sentadilla se mueve a 1 m/s y en Press banco a 0,8 m/s. (ver tabla 19).

- Medición de VMP sin carga en Sentadilla búlgara:

Este ejercicio lo utilizamos para medir la VMP en un ejercicio monopodal - multiarticular con alta demanda de estabilidad interna, por lo que podría ser considerado “funcional” para el deporte y la comparación entre hemisferios nos brinda información muy útil en la valoración de posibles asimetrías.

Pasos para la realización del test:

- Se realizan 5 repeticiones con pierna derecha, a velocidad excéntrica controlada, hasta que la rodilla toque el suelo, o una colchoneta, y velocidad concéntrica máxima en intención, luego de una pausa de 2 min se repite el procedimiento con pierna izquierda.
- Se registra VMP con ambas piernas y se calcula el LSI % (índice de simetría) de la siguiente forma: $VMP \text{ de la pierna más lenta} \times 100 / VMP \text{ de la pierna más rápida}$. Ej: derecha: 0,92 m/s * 100 / izquierda: 1 m/s = LSI% = 92%. Esto significa que la pierna derecha es un 8% más lenta que la pierna izquierda (valores >10% de diferencia podrían considerarse como una asimetría significativa).

La variable de rendimiento más reportada-investigada en la literatura y propuesta por el creador del “VBT” (González Badillo) es la Velocidad Media Propulsiva. Por tanto, el único indicador de que la Fuerza ha mejorado al realizar un segundo test, es el incremento de la VMP con las cargas comunes medidas en ambos test. La cuestión es bastante más simple de lo que pareciera cuando se pone el foco en variables como la Potencia mecánica.

Batería de test de saltabilidad (con y sin tecnología)

Nota: En la descripción de cada una de las mediciones de salto no se hará referencia a aspectos técnicos ni de protocolo, ya que son ampliamente conocidos por los entrenadores físicos.

- **CMJ o Abalakov**(alfombra de contacto - App My Jump II - Kinovea)

El salto vertical con contramovimiento (Bosco) es indicador de la eficiencia de la aplicación de Fuerza en el vector vertical de manera bipodal sin ayuda de los brazos, mientras que el salto Abalakov permite la utilización de los brazos. Presentan una alta validez ecológica en deportes como el Vóley y Básquet (especificidad del vector de Fuerza). Pertenecen al grupo de ejercicios denominados por algunos autores como “ciclo estiramiento acortamiento largo” (en adelante C.E.A. largo) (Schmidbleicher, 1992). La altura alcanzada se estima a través de: tiempo de vuelo, velocidad de despegue o distancia que se desplaza el centro de gravedad. Se hará referencia al tiempo de vuelo que es la variable utilizada con los instrumentos mencionados arriba.

La fórmula de estimación de la altura del salto vertical es la siguiente: $\text{tiempo de vuelo}^2 \times 1,22625$, por ejemplo, si el tiempo de vuelo es 0,64 segundos: $(0,64)^2 \times 1,22625 = 50 \text{ cm}$.

Para mediciones intra-sujeto pre-post (valorar adaptaciones al entrenamiento) es suficiente con utilizar la altura alcanzada como variable indicadora del rendimiento. Si se quiere hacer comparaciones inter-sujeto, la utilización de la altura podría generar errores de interpretación, puesto que por ejemplo: si el deportista A salta 50 cm y pesa 80 kg y el deportista B salta 45 cm pesando 90 kg se llegaría a la conclusión de que A es más “fuerte” por alcanzar mayor altura.

En caso de disponer de una plataforma de Fuerza o en su defecto un Encoder lineal, estas diferencias se ponen de manifiesto observando valores de Fuerza y/o Potencia aplicadas. Sin embargo, si no se cuenta con ellos, es factible calcular una variable a la que podríamos denominar “impulso” ($\text{altura mts} \times \text{p.c. kg}$) y de esta forma realizar comparaciones más adecuadas. En este caso A posee un impulso de: $0,5 \text{ mts} \times 80 \text{ kg} = 40$ y B de: $0,45 \text{ mts} \times 90 \text{ kg} = 40,5$. Por tanto, B posee un valor ligeramente mayor de “Fuerza” en los miembros inferiores.

- **Drop jump** (desde alturas crecientes)

El drop jump o salto con caída previa (Bosco) forma parte del grupo de ejercicios denominados “ciclo estiramiento acortamiento corto” (Schmidbleicher, 1992). Luego de “dejarse caer” se le pide al deportista mínimo tiempo de contacto en la fase de aterrizaje, para luego volver a despegar hacia arriba buscando la máxima altura posible.

Pasos para la realización del test:

- Se realizan 3-5 saltos desde alturas progresivamente crecientes, ej: 20, 30, 40, 50, 60 cm con pausas completas de recuperación (a mayor altura de caída, mayor pausa).
- El instrumento de medición, ej: alfombra de contacto, mide tiempo de vuelo (altura) y tiempo de contacto de cada salto. A partir de estos datos se obtiene un índice denominado “Q” que consiste en dividir tiempo de vuelo/tiempo de contacto, ej: si el tiempo de vuelo fue 640 ms y el tiempo de contacto de 200 ms, el índice Q será: $640/200 = 3$.
- Se incrementan progresivamente las alturas de caída en busca del valor “Q” más alto. Por ejemplo, si el índice “Q” aumentó hasta los 50 cm, pero desde 60 cm de altura de caída se obtuvo un valor Q menor, la altura óptima de caída para el entrenamiento “pliométrico” de ese deportista será de 50 cm.
- De esta forma se logra individualizar el entrenamiento del C.E.A. corto.
- **Perfil F-V en CMJ vertical con cargas crecientes**(Plataforma dinamométrica, plataforma de contacto, Kinovea, app My Jump II)

Autores como Morin, Samozino, Jiménez Reyes (2016) proponen la realización de un test de saltos verticales (SJ o CMJ) con el peso corporal y cargas crecientes, al que denominan “Perfil Fuerza - Velocidad vertical”. Ya se ha mencionado lo incorrecto de hablar de “Fuerza” cuando se hace referencia a cargas altas o de “Velocidad” cuando se alude a cargas ligeras, en todo caso siempre estaremos hablando de Fuerza ante distintas cargas y velocidades (lo cual hace que la comprensión del tema sea mucho más simple de lo que muchas veces se publica, además de ser física y semánticamente lo correcto).

En este caso se hará referencia al protocolo de la app My Jump II (Balsalobre, 2016), que indica que se deben obtener 3 datos para obtener el perfil F-V del deportista:

- Distancia de empuje: refiere a la distancia en cm de la fase concéntrica del CMJ, para ello el deportista se acuesta decúbito supino con los pies en flexión plantar (como si estuviera en puntas de pie antes de saltar), se mide la distancia de la punta del pie al trócanter mayor del fémur. Posteriormente se pone de pie en posición de flexión de rodillas a 90° aproximadamente (el punto más bajo del CMJ) y se mide la distancia del trocánter mayor al suelo. La diferencia entre estas dos medidas constituye la distancia de empuje.
- Masa movilizada (peso corporal y la carga externa añadida).
- Altura alcanzada en el CMJ: Se filma al deportista ejecutando el CMJ (en cámara lenta del Smartphone o Ipad 240 fps), luego se analiza el salto en la app, seleccionando manualmente el momento del despegue y el momento de aterrizaje (lo que aumenta el margen de error de la medición). Se debe pulsar “despegue” cuando se realiza el último contacto y posteriormente “aterrizaje” cuando los pies realizan nuevamente el primer contacto con el suelo. El lapso de tiempo transcurrido entre el despegue-aterrizaje se cuantifica como tiempo de vuelo y es el dato que la app incluye en una fórmula para estimar altura alcanzada (en caso de usar plataforma de contacto el cronómetro se activa y se desactiva automáticamente, cuando los pies despegan y aterrizan en el suelo respectivamente).
- Es pertinente aclarar, que el contramovimiento realizado debería ser de la misma distancia (cm) con todas las cargas, y al repetir el test en una segunda ocasión. Si esto no ocurre, se modificará la distancia de empuje, alterando los valores de Fuerza - Potencia producidos, por lo que los datos del test I ya no serán comparables con los del test II.

Se realizan 2-4 saltos con cada una de 4 cargas incrementales (existe la opción de hacerlo con 2 cargas). Carlos Balsalobre, creador de la app sugiere hacerlo con cargas que van desde el propio peso corporal (sin carga añadida) hasta el 80-100% del p.c. lo que puede ser riesgoso por el excesivo estrés osteo-articular que éstas generan. En función de esto, hemos utilizado las siguientes cargas: p.c., 25% - 50% y 75% del p.c. (incluso las cargas utilizadas podrían ser excesivas en deportistas no adaptados a los saltos con carga).

Autores como González Badillo (2019) recomiendan que la carga más alta con la que se debería evaluar el salto vertical es aquella que permita saltar 20 cm, que se mueve a una velocidad media de 1 m/s, ya que medir con cargas mayores haría perder fiabilidad al test.

A continuación se muestran datos reales del Perfil F-V medido en un basquetbolista profesional, en enero de 2020. En este caso, la última carga, el 77,6% del p.c. (66 kg) generó una altura de 19 cm y una velocidad media de 0,97 m/s. Los valores más altos de Potencia media se alcanzaron en el CMJ sin carga añadida: 2532 W.

<i>Carga % pc</i>	<i>Carga kg</i>	<i>Tiempo vuelo ms</i>	<i>Altura cm</i>	<i>Velocidad media (m/s)</i>	<i>Fuerza media (N)</i>	<i>Potencia media (W)</i>
0	0	612	46	1,5	1686	2532
23,5	20	529	34	1,3	1816	2356
47	40	458	26	1,12	1928	2168
77,6	66	396	19	0,97	2114	2052

Tabla 28: test de cargas crecientes con app My Jump II (Smartphone - Ipad) en CMJ vertical

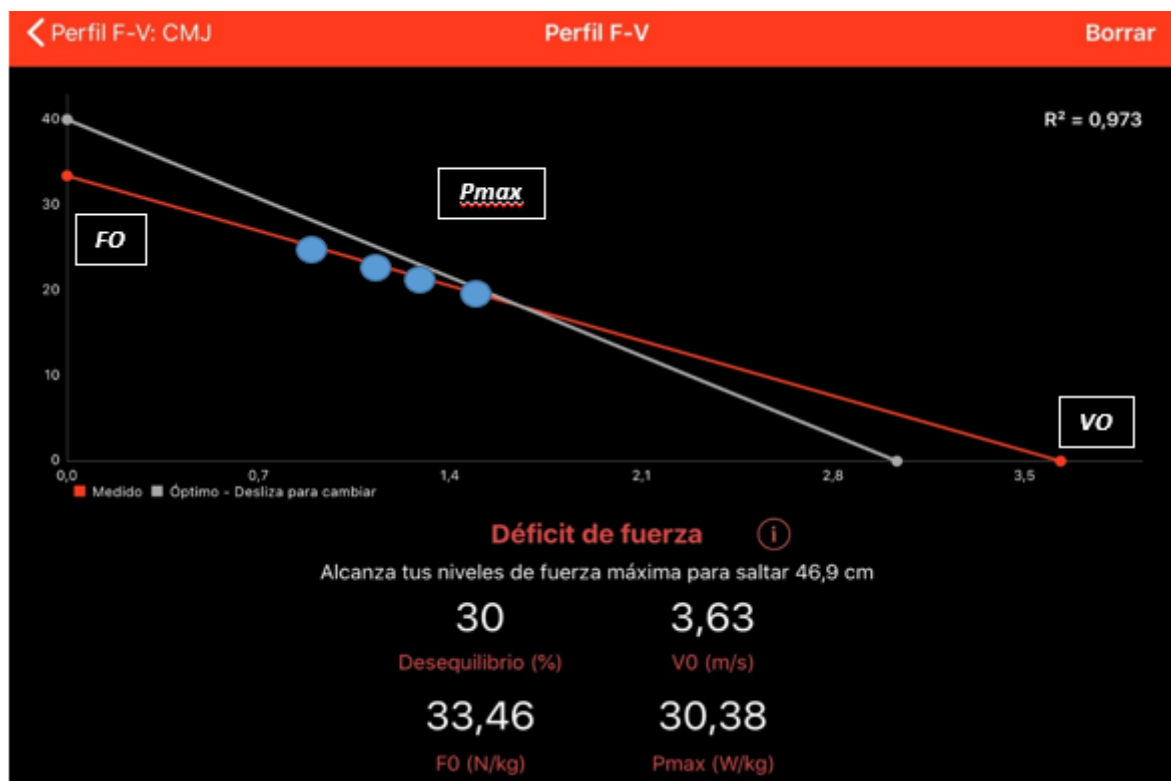


Gráfico 5: Desequilibrio: diferencia % entre el perfil F-V real obtenido en el test (puntos celestes) y su extrapolación (línea roja) respecto al perfil considerado óptimo-teórico (línea blanca).

FO (fuerza máxima teórica/peso corporal): valor teórico máximo de fuerza relativa al p.c. determinado por la extrapolación del perfil F-V real hasta el extremo de máxima fuerza (punto rojo en el eje y).

VO (velocidad máxima teórica): valor teórico máximo de velocidad superior al obtenido con el p.c. (extrapolación de la curva F-V) hasta extremo de máxima velocidad (punto rojo en el eje x).

Pmax (Potencia máxima relativa al peso corporal): valor máximo de Potencia/p.c. (CMJ sin carga)

Como se observa en el gráfico 5, los valores reales de Fuerza y Velocidad obtenidos con cada carga están representados por los 4 puntos celestes (de menor a mayor carga de derecha a izquierda respectivamente) mientras que la línea roja representa la extrapolación de esos puntos hacia los extremos de máxima Fuerza y máxima Velocidad (que no se han medido).

Por otro lado, la línea blanca representa un valor teórico que Samozino, 2016 (a partir de ecuaciones matemáticas) considera "óptimo" y que maximizaría la altura del CMJ sin carga, es decir, que si este deportista corrigiera su desequilibrio podría obtener 47 cm en lugar de los 46 cm obtenidos.

Lo que indica este test es que cuando hay un desequilibrio en el perfil F-V (por insuficiente nivel de Fuerza a cargas altas o bien a cargas ligeras) no se alcanza la Potencia óptima para cada sujeto, la cual maximizaría la altura del CMJ.

Se plantean aquí algunos interrogantes que generan cierta confusión:

Los valores reales obtenidos de Fuerza y Velocidad son sólo 4 (puntos celestes), mientras la extrapolación de la curva F-V hacia sus respectivos extremos (puntos rojos X e Y) son valores teóricos (no medidos). En función de esto: no queda claro de donde se obtienen tales datos: Fuerza, Potencia y Velocidad "máximas teóricas". Estas variables son las que calcularon en sus investigaciones de 2017 y 2019 para afirmar que el entrenamiento "individualizado" basado en el "desequilibrio F-V" corrigió tal déficit, mejorando así la altura del salto vertical.

- Utilizan ecuaciones matemáticas que calculan un supuesto perfil "óptimo" (equilibrado) para cada deportista, haciendo una especie de "predicción" de cuánto saltaría si corrigiera el desequilibrio y aumentara la Potencia.
- Otra cuestión que genera ciertas dudas es que si se determina un supuesto "déficit de Fuerza" en el perfil F-V (pobre nivel de Fuerza, Velocidad y Potencia ante cargas altas), lo recomendable para mejorar la altura del CMJ sea entrenar en ejercicios como la sentadilla con cargas superiores al 80% de 1 RM (esto produciría posiblemente adaptaciones en el extremo de alta Fuerza y baja Velocidad en la curva F-V y no necesariamente en el CMJ sin carga externa).

Los autores citados anteriormente argumentan que un "desequilibrio entre el perfil F-V real y el óptimo" (línea roja y

blanca del gráfico respectivamente), ya sea por déficit de “Fuerza” (cargas altas) o “Velocidad” (cargas ligeras), genera que el deportista no alcance su óptimo valor de Potencia, la cual le permitiría maximizar la altura del CMJ.

A partir de este diagnóstico sugieren, en caso de que exista un desbalance, la realización de un programa de entrenamiento de Fuerza que intente corregirlo:

- si el déficit es de “Fuerza”: entrenamiento con ejercicios de alta carga y baja velocidad, como la sentadilla >80% 1 RM.
- si el déficit es de “Velocidad”: programas basados en ejercicios de C.E.A. largo y corto con cargas muy ligeras como saltos, multisaltos, pliometría, sin carga añadida e incluso aligeradas (bandas elásticas, carros con ruedas, etc).

Algunos autores indican que la Potencia es la variable determinante del rendimiento en el salto vertical, sin embargo, se citan algunos ejemplos que no responden a tal enunciado:

- si un sujeto alcanza una mayor altura en el CMJ en un test II, habiendo aumentado de peso, respecto al test I, habrá incrementado su Potencia, sin embargo el rendimiento del CMJ es el mismo (ver tabla 20).
- a la inversa, otro sujeto puede, producto de un proceso de entrenamiento, mejorar la altura de su salto vertical, y a su vez, bajar de peso, y en consecuencia, disminuir la Potencia mecánica. Por tanto, el rendimiento en el salto vertical no depende de la Potencia de manera directa, sino de la Velocidad de despegue: a mayor velocidad, mayor altura alcanzada en el CMJ (González Badillo, 2019).
- Un tercer ejemplo es el que la mejora de la Potencia no se traduce necesariamente en un mayor rendimiento (hay situaciones en que sí) es el que se mencionó anteriormente (ver tabla 23) en el que la altura alcanzada en el CMJ y el peso corporal no se modifican en el test II respecto al I, sin embargo, en la segunda ocasión el deportista efectúa un contramovimiento menor, por lo que la distancia de empuje es menor. A pesar de esto, logra la misma velocidad media (menos tiempo para recorrer menos distancia), lo que se traduce en mayor aceleración. Por tanto: $\text{Potencia} = \text{velocidad} \cdot \text{distancia} \cdot \text{tiempo} = \text{Fuerza} \cdot \text{distancia} = \text{masa} \cdot \text{aceleración} \cdot \text{distancia}$. Sin embargo, la altura del CMJ sigue siendo la misma en ambos test.
- Un cuarto ejemplo es el de un sprint de 10 mts con partida detenida (ver tabla 18). El deportista logra la misma velocidad en el test II: $\text{Velocidad} = \text{distancia} / \text{tiempo}$, habiendo aumentado el peso corporal. En este caso hubo una mejora de la Potencia: $\text{Potencia} = \text{Velocidad} \cdot \text{Fuerza} = \text{aceleración} \cdot \text{masa} \cdot \text{distancia}$, lo que en algunos deportes, ej: Rugby, se traduciría en un mayor rendimiento, y en otros, ej: Fútbol, posiblemente no.

La cantidad de Potencia generada depende de muchas variables: masa, aceleración (Fuerza), distancia, tiempo (Velocidad). Una modificación en cualquiera de las 4 determina cambios en la Potencia mecánica, aunque se mantengan igualadas las 3 restantes. Mientras que la altura del salto vertical depende de modificaciones en la variable Velocidad (de despegue) que es uno de los tantos componentes que incluye la Potencia.

Se profundizará al respecto de las variables de programación (intensidad-volumen) y de prescripción (tipo de ejercicios y sus características) en la parte II de este artículo, correspondiente a la **“Propuesta metodológica del entrenamiento de Fuerza en deportistas”**.

• Perfil F-V en CMJ vertical con plataforma de contacto

El mismo protocolo citado anteriormente puede realizarse con plataforma de contacto o con Kinovea (programa gratuito), pudiendo hacer el perfil F-V propuesto por Samozino, o bien, simplemente realizando un perfil: *Carga-Altura del CMJ* (que de alguna manera representan la Fuerza y Velocidad respectivamente).

En caso de realizar el perfil F-V usando como variables la altura del CMJ y la carga utilizada, se incluyen ambos datos en un gráfico de Excel y nos queda expresado de la siguiente manera: (datos reales de un test propio con alfombra de contacto).

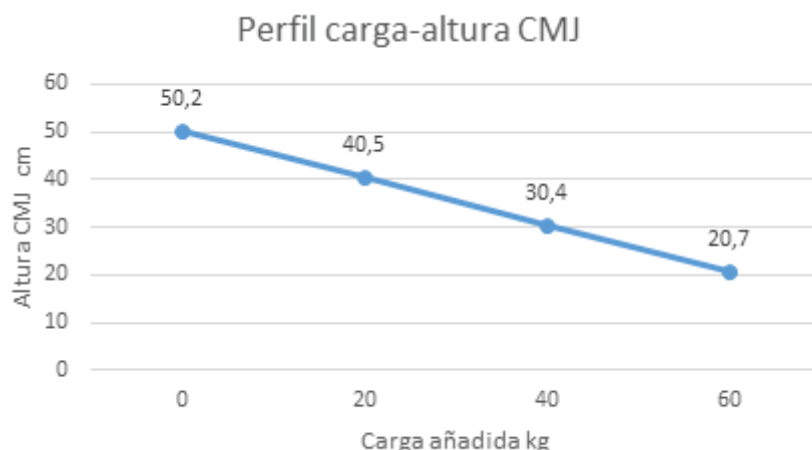


Gráfico 6: Perfil Carga-Altura en CMJ (plataforma de contacto) con 4 cargas: p.c., 25% p.c. (20 kg)., 50% p.c. (40 kg) y 75% p.c. (60 kg).

Si se desea valorar las adaptaciones al proceso de entrenamiento, se sugiere repetir a las 8-10 semanas el test, utilizando las mismas cargas: a modo de ejemplo:

- si hay incrementos del CMJ con el peso corporal y el 25% se concluye que hubo mejoras en la zona de Fuerza con cargas ligeras.
- si las mejoras se producen con el 50 y 75% del p.c. las adaptaciones se habrán producido en la zona de Fuerza con cargas altas.

Perfil F-V en CMJ vertical con test de Bosco modificado (Kinovea, app My Jump II o plataforma de contacto)

Bosco, en su libro, “La Fuerza muscular” (2000) propone la realización de un test de SJ o CMJ con dos cargas para caracterizar el perfil del deportista. La primera carga es el propio peso corporal (sin carga externa) y la segunda es una carga añadida igual al peso corporal, por ejemplo, si el deportista pesa 90 kg, debería saltar con 80 kg en los hombros.

A partir de esto propone un ratio-cociente que consiste en dividir la altura cm obtenida en el salto con carga/altura en el salto sin carga. Por ejemplo si el deportista salta 15 cm con 80 kg y 45 cm sin carga, el ratio sería: $15/45 = 0,33$. Esto significa que saltando con una carga añadida equivalente al peso corporal alcanza una altura del 33% respecto al salto sin carga externa. Esta medición permite hacer comparaciones inter sujetos (para comparar perfiles individuales en un grupo de deportistas) e intra sujeto (para comprobar las adaptaciones al entrenamiento de un mismo propio deportista). Realizar saltos con cargas añadidas equivalentes al 100% del p.c. podría genera un estrés osteo-articular excesivo y poca fiabilidad en el dato obtenido, debido a que la mayoría de los deportistas de equipo no está preparado física y psicológicamente para saltar con semejante carga, por lo que, adaptando el test de Bosco, se realiza una propuesta personal, en la que el salto con carga añadida se realiza con el 50% del p.c. (40 kg para un sujeto de 80 kg).

A continuación se muestran comparaciones intra-sujeto luego de un período de entrenamiento:

Test	CMJ 50% p.c. (cm)	CMJ p.c. (cm)	Ratio	Cambio ratio	Interpretación
I	30	50	0,6		
II	33	50	0,66	Aumento	Mejora de fuerza cargas altas

Tabla 29: Test CMJ sin carga y con 50% del p.c. pre-post

En el ejemplo de la tabla 29, se produjo un aumento del ratio producto de una *mejora de la Fuerza ante altas cargas*, sin cambios en la Fuerza ante cargas ligeras.

Test	CMJ 50% p.c. (cm)	CMJ p.c. (cm)	Ratio	Cambio ratio	Interpretación
I	30	50	0,6		
II	30	53	0,57	Disminución	Mejora de fuerza cargas ligeras

Tabla 30: Test CMJ sin carga y con 50% del p.c. pre-post

En el ejemplo de la tabla 30, se produjo una disminución del ratio producto de una *mejora de la Fuerza ante cargas ligeras*, sin cambios en la Fuerza ante cargas altas.

Test	CMJ 50% p.c. (cm)	CMJ p.c. (cm)	Ratio	Cambio ratio	Interpretación
I	30	50	0,6		
II	30	48	0,63	Aumento	Disminución de fuerza cargas ligeras

Tabla 31: Test CMJ sin carga y con 50% del p.c. pre-post

En el ejemplo de la tabla 31, se produjo un aumento del ratio producto de una *disminución de la Fuerza ante cargas ligeras*, sin cambios en la Fuerza ante cargas altas.

Test	CMJ 50% p.c. (cm)	CMJ p.c. (cm)	Ratio	Cambio ratio	Interpretación
I	30	50	0,6		
II	28	50	0,56	Disminución	Disminución de fuerza cargas altas

Tabla 32: Test CMJ sin carga y con 50% del p.c. pre-post

En el ejemplo de la tabla 32, se produjo una disminución del ratio producto de una *disminución de la Fuerza ante cargas altas*, sin cambios en la Fuerza ante cargas ligeras. Como podemos observar, las modificaciones en el ratio no implican necesariamente mejoras del rendimiento:

- El ratio puede aumentar porque mejora la Fuerza ante cargas altas, aunque también porque disminuye la Fuerza ante cargas ligeras (o ambas).
- El ratio puede disminuir porque mejora la Fuerza ante cargas ligeras, aunque también porque disminuye la Fuerza ante cargas altas (o ambas).

Por tanto, al valorar las adaptaciones al entrenamiento comparando test I y II, no sólo debería valorarse el ratio CMJ 50% p.c./CMJ sin carga, sino los valores absolutos obtenidos con cada CMJ para poder hacer una adecuada interpretación de los datos.

Estas mediciones, al obtener un valor % (ratio intra-sujeto), nos permiten también hacer comparaciones inter-sujeto, luego de un período de entrenamiento independientemente de que posean somatotipos diferentes:

Deportista	CMJ 50% p.c. (cm)	CMJ p.c. (cm)	Ratio	Tendencia perfil
A	30	50	0,6	Fuerza cargas altas
B	26	46	0,57	Fuerza cargas ligeras

Tabla 33: Comparación de Test CMJ sin carga y con 50% del p.c. entre dos deportistas.

Como se ve en la tabla 33, el deportista A posee un ratio mayor, es decir, un perfil más orientado a la Fuerza con cargas altas, respecto al deportista B, que tiene un ratio menor, lo que indica un perfil más orientado a la Fuerza con cargas ligeras.

Al no haber datos de referencia en la literatura, ya que los únicos ratios de este test son los propuestos por Bosco, que usaba una carga del 100% del p.c, lo que hace que no sean comparables con el ratio propuesto en este manuscrito (50% p.c.), una alternativa en deportes de equipo en los que el salto vertical sea importante en el rendimiento, ej: Básquet, es calcular la media, y el desvío estándar (excel) del ratio CMJ 50% p.c./CMJ sin carga de todo el equipo, entonces todos aquellos jugadores que tengan un ratio >1 desvío estándar inferior al ratio promedio se considerará que tienen un perfil orientado a la "Fuerza a cargas ligeras", aquellos que estén >1 desvío estándar por encima del ratio promedio serán clasificados como "Perfil orientado a Fuerza a cargas altas" y los que se encuentren dentro de los valores promedio pueden considerarse como "mixtos".

Es importante aclarar, que al realizar las mediciones pre-post, lo más frecuente es que los deportistas generen mejoras significativas de la Fuerza (Velocidad y Potencia) con cargas medias-altas, ej: 1 RM, y que las mejoras de la Fuerza (Velocidad y Potencia) con cargas ligeras sea menos significativa y tenga un menor umbral de mejora, ej: altura del CMJ, tiempo de sprint lineal, etc.

Batería de test de Fuerza horizontal - Velocidad

• CMJ horizontal

Es indicador de la eficiencia en la aplicación de Fuerza en el vector horizontal de forma bipodal, aunque no la mide, debido a que no se obtiene un valor en Newtons, para esto se necesitaría una plataforma de Fuerza que obtenga datos de masa * aceleración. Forma parte del grupo de ejercicios de C.E.A. largo. Presenta una alta validez ecológica en deportes como el Fútbol o Rugby (especificidad del vector de Fuerza). La variable que se mide es la distancia en mts (filmación o ruleta) desde la punta del pie en el punto de inicio hasta el talón en el aterrizaje. Generalmente se hace con ayuda del impulso de brazos

Para mediciones intra-sujeto pre-post (valorar adaptaciones al entrenamiento) es suficiente con utilizar la distancia como variable indicadora del rendimiento. Si se desea comparar inter-sujeto, la utilización de esta variable de forma única podría generar errores de interpretación, puesto que por ejemplo: si el deportista A alcanza 280 cm y pesa 80 kg y B 270 cm pesando 90 kg se infiere que A es más “fuerte” (10 cm más), sin embargo, cuando se calcula una variable llamada “impulso” (distancia mts * p.c. kg) es factible hacer comparaciones más adecuadas. En este caso A posee un impulso de 224 y B de 243, por lo que se concluye que B posee mayor “Fuerza” en los miembros inferiores.

• Hop simple y triple

Es similar al CMJ horizontal, sólo que se efectúa de forma monopodal. Mide el rendimiento horizontal monopodal en C.E.A. largo. La variable a medir es la distancia, y al igual que la sentadilla búlgara, se puede obtener el índice de simetría (LSI%): distancia menor * 100/distancia mayor. Por ejemplo, si el deportista alcanza 2 mts con una pierna y 2,15 mts con la otra: $LSI \% = 200 * 100/215 = 93\%$. Esto significa que existe un 7% de diferencia entre miembros (diferencias <10% podrían considerarse adecuadas).

El triple hop, también se hace a una pierna, en este test se efectúan tres saltos hacia adelante buscando la mayor distancia posible, con el mínimo contacto posible en los apoyos correspondientes al aterrizaje del primer y segundo salto. Se registra la distancia con ambas piernas y se calcula el LSI%. Mide el rendimiento horizontal monopodal en C.E.A. corto.

Los Hops son test muy recomendables por varias razones:

- poseen alta validez ecológica en deportes en los que se aplica fuerza en el vector horizontal y de forma monopodal por una mayor correlación con el sprint: Fútbol, Rugby, Hókey, Básquet, etc, por lo que un incremento en la distancia alcanzada en los test pre-post es un indicador válido para de las adaptaciones al proceso de entrenamiento.
- no requieren tecnología para la obtención de los datos (filmación o ruleta).
- informan sobre posibles asimetrías entre hemisferios, lo que nos proporciona datos en el proceso de prevención de factores de riesgo de lesiones.

• Test de sprint en 10 mts (partida detenida) con fotocélulas

Se los suele denominar test de “aceleración” (porque miden distancias cortas en donde se produce mayor aceleración), aunque si se usan fotocélulas o cronómetro manual el dato obtenido es de *velocidad promedio* en m/s. Para medir aceleración en m/s² se necesitarían dispositivos como radares, acelerómetros o GPS, que valoren aumentos de velocidad en la unidad de tiempo.

Recordemos que en gestos como los sprints, saltos, sentadillas, etc, la aceleración y la velocidad poseen un comportamiento antagónico, es decir: al inicio del movimiento la aceleración es muy alta y la velocidad muy baja, y con el transcurrir del mismo, la velocidad aumenta paulatinamente a la vez que se produce un descenso de aceleración. Cuando la velocidad alcanza su máximo (pico), la aceleración alcanza valor 0 (ya no se produce). Ver gráfico 7 a continuación.

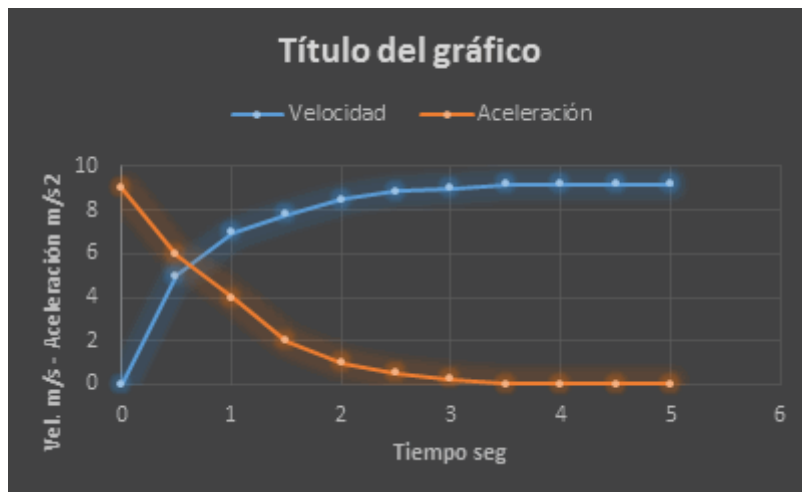


Gráfico 7: Curva velocidad m/s (azul) - aceleración m/s² (anaranjado) durante un sprint lineal

En caso de utilizar cronómetro manual, existe una tendencia a que los tiempos sean menores en 0,25 segundos comparados a las fotocélulas, lo que sobreestima la velocidad (Mann, 2015), lo que no desacredita su utilización si no se dispone de tecnología.

Las células fotoeléctricas básicamente son un crónometro (de alta precisión) que se activa y se corta cuando un objeto, en este caso el cuerpo del deportista, corta el haz de luz que se produce entre sus compuertas. Este dispositivo brinda un dato de tiempo (velocidad) por cada compuerta que se coloca, es decir que si se ubica una compuerta al inicio y una al final se obtendrá un valor de tiempo y de velocidad, mientras que por ejemplo un radar puede tener una frecuencia de muestreo de 47 hz (muchos más datos para la misma distancia).

La propuesta es realizar un test de 10 mts con partida detenida, el cual nos va a brindar sólo el dato de tiempo en recorrer la distancia, por tanto la *velocidad promedio en m/s*. Ej: 10 mts en 2 seg. $V = D/t$: $10/2 = 5$ m/s.

Ahora bien, si realizamos valoraciones intra-sujeto pre-post y el resultado en el test II es mejor que en el I, podemos inferir que mejoró la aceleración, ya que se sabe que la mayor aceleración en un sprint se produce en los primeros metros luego de una partida detenida.

Por otro lado, podemos hacer comparaciones inter-sujeto en el mismo test, aunque en este caso, al disponer sólo de fotocélulas, no se puede medir aceleración, por tanto, no sería adecuado concluir que el sujeto más rápido es el que posee mayor "Fuerza horizontal", si no consideramos el peso corporal. En este caso se propone una variable a la que podemos denominar "impulso", que consiste en multiplicar la velocidad promedio * el peso corporal del deportista. Veamos un ejemplo a continuación:

Deportista	Tiempo 10 mts p.d.	Vel m/s	Vel km/h	P.C.	Impulso
A	1,8	5,56	20	80	445
B	2	5	18	90	450
C	2,2	4,55	16,4	100	455

Tabla 34: tiempos-velocidades en sprint de 10 mts con partida detenida

En la tabla anterior, se muestran datos de 3 deportistas con velocidades promedio diferentes en 10 mts y pesos corporales distintos. Si no se incluye el p.c. podríamos pensar que A es el que mayor "Fuerza horizontal" posee, ahora bien, si incluimos el p.c. para el cálculo del "Impulso" se observa que el deportista C es el de mejor rendimiento en la fase de aceleración.

La variable impulso es útil también cuando se quieren hacer comparaciones intra-sujeto, en momentos en los que suele haber variaciones del peso corporal, ej: al inicio de la pre-temporada (generalmente el p.c. se ha incrementado), y al final de la pre-temporada (en algunas ocasiones disminuye el pc.) respecto a su valor de referencia promedio.

Medición	Tiempo seg 10 mts p.d.	Vel m/s	Vel km/h	P.C.	Impulso
I (referencia)	1,8	5,56	20	90	500

II (inicio pretemporada)	2	5	18	95	475
II (final pretemporada)	1,9	5,26	18,95	95	500

Tabla 35: test de 10 m p/d en un mismo sujeto en tres ocasiones diferentes

Como se observa en la tabla 35, el sujeto aumentó su p.c. en el test II, y disminuyó su velocidad promedio, lo que se tradujo en menor impulso generado, sin embargo en el test III, al final de la pretemporada, mantuvo el p.c., mejoró el tiempo en 10 mts (sin alcanzar el valor de referencia de la temporada anterior), pero igualando el impulso (500), lo que equipara la relación “peso-potencia”. A partir de estos datos se puede obtener información relevante para el proceso de entrenamiento. Para el mismo deportista, la situación del test II será siempre desventajosa siempre respecto a su valor de referencia, mientras que los valores de la medición I pueden constituir una ventaja para algunos deportes, donde es más importante la Velocidad, y no tanto el p.c, ej: Fútbol, Hókey, en tanto que los datos de la medición III podrían traducirse en una ventaja en deportes como el Rugby, donde la integración de la Velocidad y la masa corporal son determinantes del rendimiento.

1. Test de sprint 10 mts lanzados (con fotocélulas)

En este punto cabe aclarar que si se desea estimar la velocidad máxima con fotocélulas no sería adecuado realizar un test de 35-40 mts ubicando las compuertas de las fotocélulas al inicio (partida detenida) y al final de la distancia elegida, debido a que en este caso, el deportista aumentará la velocidad (aceleración) durante los primeros 25-30 mts, y luego alcanzará la máxima, por lo que si se divide la distancia total/tiempo, se obtendrá un valor *promedio de velocidad*, que *subestimar de forma significativa el valor máximo de esta variable*.

Si se usan acelerómetro, GPS o radar es factible utilizar una distancia de 40 mts ya que el dispositivo brinda la velocidad en función del tiempo y la distancia (curva velocidad-tiempo-distancia), por lo que capta la distancia y el tiempo donde se alcanza la velocidad máxima y su valor correspondiente.

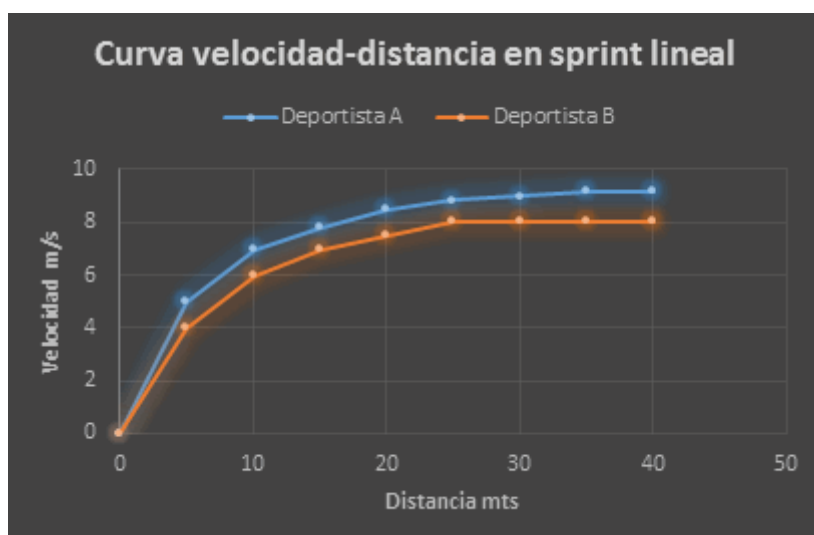


Gráfico 8: curva velocidad-distancia en sprint lineal medido con radar en dos deportistas: A alcanza el pico de velocidad a los 35 mts (9,17 m/s = 33 km/h) y B lo hace a los 25 mts (8,06 m/s = 29 km/h).

Aquí se propone la realización de un test de velocidad máxima con partida detenida de 35-40 mts, en el que la primera compuerta de fotocélulas se ubica a los 25-30 mts, y la segunda compuerta a los 35-40 mts. De esta forma se registra el tiempo en recorrer los últimos 10 mts a velocidad lanzada, intuyendo (sin poder de certeza) que a partir de esa distancia (25-30 mts) el deportista ya no incrementa su velocidad, es decir ya no produce aceleración.

Por lo tanto, a partir del tiempo en los últimos 10 mts (en los que no habría cambio de velocidad), se *estima* la velocidad máxima, aunque esto posee algunas limitaciones: se desconoce la distancia a partir de la cual cada deportista ya no genera aceleración, además de que ese valor es totalmente individual (ver gráfico 7).

Se necesitaría de los instrumentos mencionados anteriormente o de 3 pares de fotocélulas (6 compuertas) para medir *velocidades promedios* en tramos pequeños (cada 5 mts) calculadas por los *tiempos parciales* y poder estimar con mayor precisión el momento en el que se obtiene la máxima velocidad.

Aquí nuevamente, al realizar comparaciones inter-sujeto, no sería adecuado afirmar que el deportista A es el que mayor rendimiento obtiene, puesto que si bien es el que mayor velocidad alcanza, es el que menor masa traslada, por lo que C

podría considerarse el más eficiente en velocidad lanzada de los 3:

Deportista	Tiempo 10 mts lanzado	Vel m/s	Vel km/h	P.C.	Impulso
A	1,09	9,17	33	80	733
B	1,14	8,75	31,5	90	788
C	1,2	8,33	30	100	833

Tabla 36: tiempos-velocidades en sprint de 10 mts lanzado.

En cuanto a comparaciones intra-sujeto en distintos momentos de la temporada, es válido el ejemplo mencionado en la tabla 35 para el test de 10 mts con partida detenida: para algunos deportes será beneficiosa una mejora de la Velocidad a la que se desplaza una masa

• Perfil neuromuscular horizontal

Utilizando los datos de los dos test anteriores (velocidad con partida detenida y lanzada) podemos obtener información de las fortalezas y debilidades del deportista en las distintas fases del sprint y de alguna manera clasificarlos según su nivel de aptitud en “aceleradores” y “veloces” (Metral, 2016), es decir, con mayor rendimiento en los primeros metros o en velocidad lanzada respectivamente.

Aquí se presentan varias alternativas:

- Cuantificar por valores absolutos: es factible clasificar a los deportistas de un equipo en función de los tiempos parciales para las 2 distancias medidas, entonces se usan puntos de corte (arbitrarios) y se los clasifica, por ejemplo; todos aquellos que en 10 mts con partida detenida obtengan <2 seg (>18 km/h de promedio) son clasificados como “aceleradores” y mientras que quienes en el test de 10 mts lanzados obtengan <1,1 (32,72 km/h) son considerados “veloces”. Este cálculo tiene el inconveniente de no contemplar el peso corporal, por lo que, si por ejemplo en el test de 10 mts con partida detenida, un deportista obtiene 1,95 seg, con un peso corporal de 80 kg, será clasificado como “acelerador”, mientras que un compañero que obtenga 2,05 seg, pesando 100 kg, no será considerado tal, lo que sería un error importante.
- La segunda opción, en la visión de quien escribe, más adecuada, consiste en calcular la variable “impulso” en la que se incluye el peso corporal (velocidad promedio * peso corporal). En este caso, se determinan puntos de corte (por ejemplo, se toma como referencia el promedio del equipo), y todos aquellos que estén por arriba de la media en el test de 10 mts con partida detenida serán considerados “aceleradores”, el mismo criterio será utilizado para el test de 10 mts en velocidad lanzada.
- La tercera posibilidad es calcular un ratio-cociente intra-sujeto, dividiendo la velocidad máxima obtenida/velocidad promedio en 10 mts. Por ejemplo, si la velocidad máxima del deportista es 33 km/h (9,17 m/s) y el promedio de velocidad en 10 mts es 20 km/h (5,55 m/s), el ratio será: 33/20 o bien $9,17/5,55 = 1,65$. A mayor diferencia entre velocidad máxima y aceleración, mayor será el ratio, lo que indica mayor aptitud para la velocidad lanzada, a menor diferencia entre la velocidad lanzada y la aceleración, menor será menor ratio, lo que indica mayor aptitud para la aceleración. Los puntos de corte para determinar a partir de que ratio se considera al deportista “acelerador” o “veloz” son arbitrarios (no hay datos en la literatura), una posibilidad es calcular la media del equipo y el desvío estándar, todos aquellos que tengan un ratio >1 DS (desvío estándar) superior a la media serán considerados “veloces”, mientras que quienes posean un ratio >1 DS inferior a la media serán catalogados como “aceleradores”. Como valor de referencia, luego de haber realizado estas mediciones con muchos deportistas en Fútbol y Rugby, durante los últimos años (más de 100 mediciones), aquellos jugadores que obtengan ratios >1,67 podrían incluirse en el grupo de “veloces”, mientras que aquellos que obtengan ratios <1,5 serían considerados “aceleradores”.

En este sentido, es importante hacer la siguiente salvedad: según el ratio obtenido, algunos deportistas pueden como “aceleradores” siendo que poseen valores bajos de velocidad 0 a 10 mts. Veamos un ejemplo:

10 mts lanzado			10 mts partida detenida			Ratio
Tiempo seg	Vel m/s	Vel km/h	Tiempo seg	Vel m/s	Vel km/h	
1,43	7	25,2	2,12	4,72	17	1,48

Tabla 37: ratio velocidad máxima/velocidad 10 mts p.d.

Como puede observarse en la tabla 37, este deportista posee un bajo rendimiento en ambas variables: aceleración y velocidad máxima, en valores absolutos, sin embargo, si quisiéramos determinar para qué tipo de trabajos de Fuerza horizontal se encuentra mejor preparado, el ratio nos indica que será más eficiente realizando trabajos de aceleración en distancias cortas, ej: trineos, cuestas ascendentes.

El mismo criterio se aplica a un deportista que obtenga un ratio alto, con una velocidad máxima de un valor modesto.

10 mts lanzado			10 mts partida detenida			Ratio
Tiempo seg	Vel m/s	Vel km/h	Tiempo seg	Vel m/s	Vel km/h	
1,2	8,33	30	2	5	18	

Tabla 38: ratio velocidad máxima/velocidad 10 mts p.d.

Como puede observarse en la tabla 38, este deportista posee un rendimiento modesto en ambas variables: aceleración y velocidad máxima, en valores absolutos, sin embargo, si quisiéramos determinar para qué tipo de trabajos de Fuerza horizontal se encuentra mejor preparado, el ratio nos indica que será más eficiente realizando trabajos de máxima velocidad en distancias largas, ej: sprints >30 mts, carreras asistidas con banda elástica, en descenso, etc.

Lo contrario puede suceder también, un deportista puede obtener valores de rendimiento altos en ambas test, y el ratio vel máx/vel 0-10 mts será la variable que nos permita en cierta forma caracterizar su perfil de Fuerza horizontal.

La determinación del “perfil horizontal” a través del sprint utilizando fotocélulas como herramienta de medición, será más precisa si se integran en la clasificación el ratio y la variable “impulso” (velocidad * peso corporal) de los deportistas.

- **Perfil F-V horizontal**(radar, encoder horizontal o app My sprint)

Los autores antes citados para el perfil F-V vertical, Morin, Samozino, Jiménez Reyes (2016) también proponen la realización de un test de sprint máximo de 30 o 40 mts (dependiendo del deporte), utilizando un radar para la medición.

En caso de no disponer de radar, Jiménez-Reyes diseñó una aplicación para Smartphone o Ipad (con una cámara de 240 fps) denominada “My sprint”. a continuación se describe su utilización:

Para evaluar el sprint en 30 mts se realiza una filmación del mismo con un dispositivo Iphone o Ipad (cámara de alta velocidad: 240 fps) en cámara lenta. El protocolo indica lo siguiente:

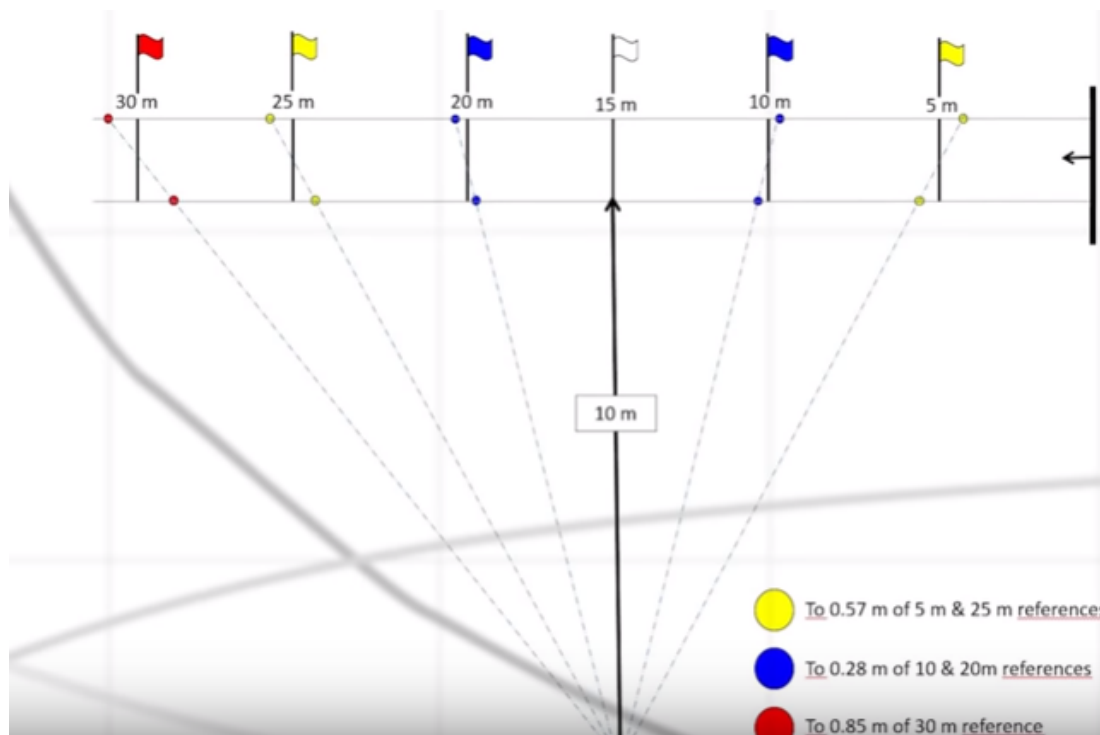


Gráfico 9: ubicación de las vallas y de la cámara para el perfil F-V horizontal con la app My sprint

- Se ubican vallas verticales de referencia siguiendo una línea recta a los 5-10-15-20-25-30 mts del punto de partida. Se hace una corrección de la distancia por el paralelaje de la cámara, que debe seguir al deportista mientras corre, por lo que las vallas se ubican a : 5,57 - 10,28 - 15 - 19,72 - 24,23 - 29,15 mts para las referencias de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 mts respectivamente. Se sugiere ubicar un cono a 5 mts de la última valla, para que el deportista corra hasta ese punto y se evite una desaceleración anterior a los 30 mts. (gráfico 9).
- La cámara se ubica en un trípode fijo ubicado perpendicularmente a la dirección de desplazamiento del deportista,

a 10 mts de la valla ubicada en la mitad de la distancia de carrera (15 mts). Se forma una "T" imaginaria entre la ubicación de cámara y la línea formada por las vallas. (gráfico 9)

- Para la partida detenida el deportista debe ubicarse en una posición de 3 apoyos (pulgar de 1 mano apoyada) y posición de pies asimétrica (en tándem).
- Al realizar el sprint, el evaluador seguirá el desplazamiento del deportista girando la cámara, que tiene base fija en el trípode.
- Posteriormente, se introduce la filmación en la app, y se "cliclean" manualmente (lo que aumenta el margen de error) distintos puntos que en ella aparecen: start (en el momento en que el pulgar despegó del suelo), luego 1-2-3-4-5-6 cuando la cadera del deportista cruza por cada una de las vallas. De esta forma, se registran los tiempos parciales cada 5 mts, por lo que se pueden obtener datos de *velocidad promedio* para cada tramo. Se requiere también el peso corporal del deportista.
- A partir de aquí, se introducen automáticamente los datos de tiempos-velocidades-distancias-peso corporal del ejecutante en ecuaciones matemáticas descritas por Samozino, 2015 y se obtiene un perfil F-V horizontal.

En la tabla 39 y 40 se muestran datos reales del perfil F-V obtenidos con la app My sprint en un futbolista amateur de 70 kg.

Tramo mts	0-5	0-10	0-15	0-20	0-25	0-30
Tiempo seg	1,507	2,25	2,909	3,531	4,158	4,792

Tabla 39: tiempo por tramos de 5 mts en un sprint de 30 mts con la app My sprint en un futbolista amateur

VMax	8,58
FO (N)	446,028
FO (N/Kg)	6,372
V (O)	8,972
P Max (W)	1000,388
P Max (W/Kg)	14,291
DRF	-0,066
FV	-49,716
RF_10m	0,309
RF peak	46%

Tabla 40: variables cinemáticas calculadas por la App my sprint

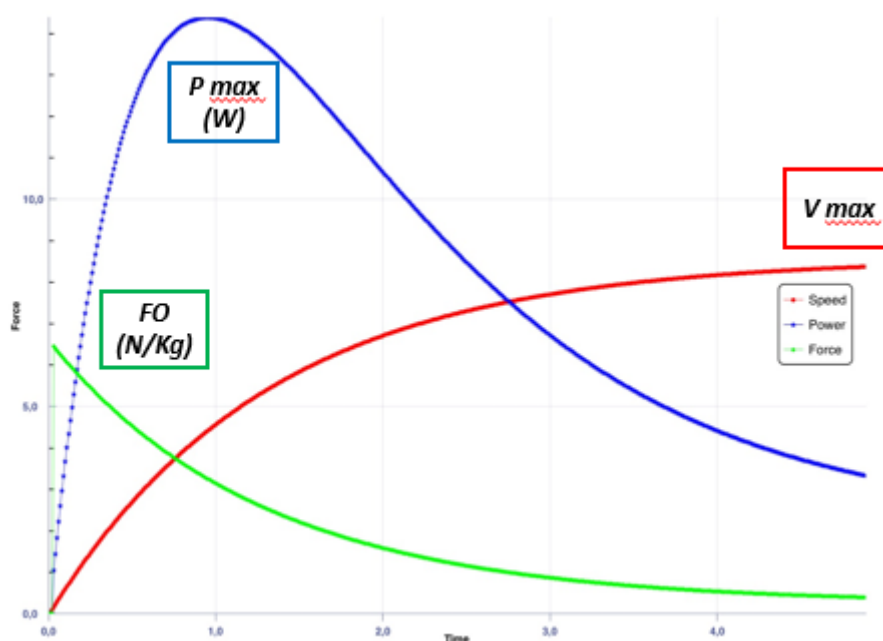


Gráfico 10: eje X: tiempo (seg), eje Y: Fuerza horizontal relativa al p.c. (N/Kg). Curva de Fuerza horizontal (verde), Velocidad (rojo), Potencia horizontal (azul) en función del tiempo brindada por la app My sprint.

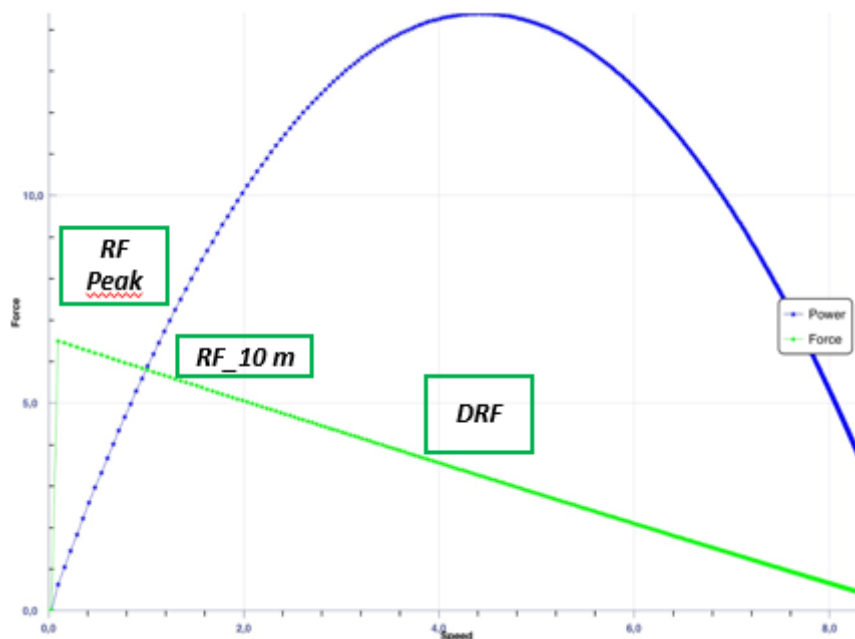


Gráfico 11: eje X: Velocidad (m/s), eje Y: Fuerza horizontal relativa al peso corporal (N/Kg). Relación lineal F-V horizontal (verde), Potencia (azul). Gráfico generado por la app My sprint.

A continuación se describen las variables más importantes que calcula la app:

- V Max: velocidad máxima en m/s obtenida al final del sprint (gráfico 10 recuadro rojo).
- FO (N/Kg): Fuerza horizontal/p.c. obtenida al inicio del sprint (gráfico 10 recuadro verde).
- P Max (W/Kg): valor más alto de Potencia horizontal/p.c. obtenida a 1 seg del inicio del sprint (gráfico 10 recuadro azul).
- RF_10m: ratio de fuerza: % que representa la fuerza horizontal respecto a la fuerza total aplicada al suelo (GRF). En este caso el valor promedio obtenido en los primeros 10 mts (gráfico 11).
- RF Peak: ratio de fuerza: % que representa la fuerza horizontal respecto a la fuerza total aplicada al suelo (GRF). En este caso el valor más alto (pico) obtenido al inicio del sprint (gráfico 11).
- DRF: disminución del ratio de fuerza: descenso % del RF (ratio de fuerza horizontal) aplicada al suelo por cada m/s de aumento de velocidad a medida que transcurre el sprint (gráfico 11).

El perfil F-V horizontal informa sobre las fortalezas-debilidades del deportista en las fases de aceleración-velocidad máxima del sprint. Las variables asociadas a la aceleración son:

- FO (N/Kg)
- P Max (W/Kg)
- RF_10m
- RF Peak

Las variables asociadas a la velocidad lanzada son:

- V Max
- DRF

A continuación se explica el significado de las variables asociadas a la aceleración:

- FO (N/Kg): cuanto más elevado sea este valor, mayor cantidad de fuerza horizontal (N) por kg de p.c. (relativa) se estará aplicando al inicio del sprint.
- P Max (W/Kg): cuanto mayor sea este valor, mayor cantidad de Potencia pico horizontal ($F \cdot V$) por kg de p.c. (relativa) se aplica en el primer seg del sprint.
- RF_10m: cuanto más alto sea este valor significa que un % mayor respecto a fuerza total (GRF) se aplica en el vector horizontal, lo que denota alta eficiencia mecánica en los primeros 10 mts del sprint
- RF Peak: cuanto más alto sea este valor significa que un % mayor respecto a la fuerza total (GRF) se aplica en el vector horizontal, lo que denota alta eficiencia mecánica en los primeros pasos del sprint.

A continuación se explica el significado de las variables asociadas a la velocidad lanzada:

- V Max: cuanto más alto sea este valor, mayor velocidad máxima alcanzada al final del sprint.
- DRF: cuanto más bajo sea este valor en % significa que la RF (indicador de eficiencia mecánica en el vector horizontal) disminuye menos a medida que aumenta la velocidad durante el sprint. Por lo tanto, cuanto menor sea este valor %, mayor eficiencia en la velocidad lanzada.

Con esta medición podemos hacer comparaciones intra-sujeto (para valorar las adaptaciones generadas por el entrenamiento):

- por ejemplo, si luego de un proceso de entrenamiento de la Fuerza horizontal se repite el test, y se producen incrementos en la RF Peak, RF_10m, F (N/Kg) se interpreta que el deportista mejoró su capacidad de *aceleración*.
- si por el contrario, las variables mencionadas anteriormente no se modificaron, o incluso empeoraron, mientras que aumenta la V Max y disminuye la DRF en su valor %, significa que el deportista mejoró la capacidad de aplicar Fuerza horizontal en la fase de *máxima velocidad (lanzada)*.

También es factible realizar comparaciones inter-sujeto al evaluar a un equipo (se sugiere aplicarlo sólo en deportes de campo amplio: Fútbol, Rugby, Hókey sobre césped por cuestiones de especificidad de la distancia que se mide). Una alternativa es calcular valores promedio de todo el equipo en cada variable, sus respectivos desvíos estándar (SD) y a partir de aquí caracterizarlos como deportistas “aceleradores” o “veloces”. Los “aceleradores” serán aquellos que estén >1 desvío estándar por encima de la media de sus compañeros en: FO (N/Kg), PMax (W/Kg), RF_10m y RF Peak, mientras que los “veloces” serán los que obtengan valores más bajos de DRF % (>1 desvío estándar por debajo de la media) y valores más altos de V Max (>1 desvío estándar por encima de la media). Otra opción muy recomendable es comparar los datos obtenidos con valores de referencia reportados en la literatura científica. Samozino, Morin, Jiménez Reyes muestran en sus recientes publicaciones una gran cantidad de datos del perfil F-V horizontal medido con radar en deportistas de diferentes disciplinas (Rugby 15, Rugby seven, Fútbol 11, Fut-sal, etc).

Estos autores encontraron que aquellos deportistas que compiten en dimensiones más pequeñas, ej; Fut-Sal poseen mejor desarrollo de las variables asociadas a la aceleración, ej; RF, comparados a quienes lo hacen en campos más amplios, ej; Fútbol 11, que poseen un mejor desarrollo de las variables asociadas a la velocidad lanzada, ej; DRF.

A continuación se muestran datos de mediciones personales realizadas en Fútbol y Rugby en 2020. Se indican valores destacados en cada variable respecto a la media del equipo.

Indicador de:	Aceleración			Velocidad lanzada	
Variable	FO (N/Kg)	RF Peak	Pot Max (W/Kg)	V Max	DRF
Fútbol - 4ta-5ta división.	>7,7	>52%	>18	>9,34	<6,33%
Rugby - 1era división	>8,3	>53%	>17,57	>8,65	<6,97%

Tabla 41: valores promedio reales de perfil F-v horizontal obtenidos con la app My Sprint. Datos personales

Es pertinente aclarar que, a diferencia del perfil F-V en el salto vertical (My Jump II), el perfil horizontal (My sprint) no ofrece valores normativos considerados como “óptimos” para cada deportista.

Para finalizar con este apartado, se concluye que la determinación del perfil F-V horizontal en el sprint, permite identificar fortalezas y debilidades de los deportistas en las distintas fases: aceleración - velocidad máxima, y a partir de aquí tomar decisiones metodológicas para la programación del entrenamiento basándose en las demandas del deporte, puesto y función.

• **Test de cargas crecientes con trineo (fotocélulas)**

Tradicionalmente se ha sugerido que la utilización de trineos-arrastres como medio para la mejora de la Fuerza horizontal (fase de aceleración) debían entrenarse con cargas que generen una disminución <10% de la velocidad respecto al sprint sin carga externa o bien cargas que oscilen entre el 10-20% del p.c. debido a que la utilización de pesos mayores podría distorsionar la técnica de carrera. Sin embargo, recientemente autores ya mencionados en este escrito, Morin, Samozino, (2016) publicaron trabajos en la literatura en los que se propone la utilización de cargas muy altas, incluso del 80-100% del p.c. justificando que demandan al deportista una mayor inclinación del cuerpo para poder trasladarla, lo que se traduce en una mayor eficiencia mecánica en relación a la capacidad de aplicar fuerza horizontal (se profundizará al respecto en la parte II de este artículo). En la misma línea, Cross, et al 2016 sugieren que la carga que mayor valor de Potencia produce al utilizar trineos es aquella que genera un descenso del 50% de velocidad en relación al sprint sin carga, lo que según sus investigaciones se produce en un rango de cargas del 69 al 96% del p.c. (según el deportista). En otras publicaciones, Cronin, Cross, 2019 sugieren que la determinación de las cargas del trineo no debería realizarse en función de un % del

p.c, sino según un % de pérdida de velocidad respecto al sprint lineal sin carga para la misma distancia, ya que programar en función de un mismo % del p.c. puede generar que los deportistas entrenen con diferentes pérdidas de velocidad, por lo que los entrenamientos serán distintos. Siguiendo la propuesta de Cronin y Cross, en enero de 2020 realizamos un test de velocidad sin carga y trineo con cargas crecientes (10 mts) con el equipo de Básquet profesional donde desempeño mi función de preparador físico.

El protocolo realizado fue el siguiente:

- Se utilizaron 2 compuertas de fotocélulas separadas a 10 mts una de otra. Los jugadores (n 12) se ubicaban a 0,5 mts detrás de la primer compuerta en posición de partida alta. Se midió a cada jugador en un sprint lineal sin carga, en una distancia de 10 mts, registrando el mejor de 2 intentos separados por 2 min de pausa.
- La superficie utilizada fue parque flotante (Básquet). Es importante la aclaración debido a que el coeficiente de fricción del trineo varía según la superficie (Cross, 2016).
- Para la determinación de la carga se utilizó el peso del trineo + la carga añadida. Luego se realizaron sucesivos intentos con cargas equivalentes al 20, 40 y 60% del p.c. (1 con cada carga) para la misma distancia, con pausas de 3 min y se registró el tiempo para cada uno.
- Se calculó la pérdida % de velocidad que generaba cada carga respecto al sprint sin carga.
- Los entrenamientos de Fuerza horizontal (aceleración) se programaron en función de % de pérdidas de velocidad respecto al sprint sin carga.

P.C.	20% p.c.		40% p.c.		60% p.c.	
Tiempo	Tiempo	Pérdida	Tiempo	Pérdida	Tiempo	Pérdida %
1,906	2,3 seg	20,67%	2,68 seg	41%	2,92 seg	53,2%

Tabla 42: valores promedio en sprint de 10 m con: 0, 20, 40, 60% p.c. y pérdida % de velocidad respecto al sprint sin carga. Datos personales no publicados.

Como se observa en la tabla 42, cuando se añadió una carga del 20% del p.c., se generó una pérdida de velocidad aproximada del 20% respecto al mejor sprint (promedio del equipo), cuando el peso del trineo fue equivalente al 40% del p.c, la reducción de velocidad (promedio del equipo) fue del 41%, y cuando la carga fue del 60% del p.c, el descenso de velocidad (promedio del equipo) fue del 53% en relación al sprint sin carga (datos personales). Vaccarini - Dolce (2009) midieron a futbolistas de las inferiores de River Plate, en distancias de 25 mts, con cargas del 10-15-20-25-30-35-40% del p.c. encontrando que cuando las cargas del trineo superaban el 20-25% del p.c. se generaba un descenso >10% de velocidad respecto al sprint sin carga, y que la aceleración (aumento de velocidad) fue significativa hasta los 15-20 mts. Por su parte, Cronin y Cross (2019) encontraron la siguientes relaciones entre pérdida % de velocidad y % del p.c. utilizado:

- Descenso del 10% de velocidad: 14 a 21% del p.c. (promedio: 18%)
- Descenso del 25% de velocidad: 36 a 53% del p.c. (promedio: 45%)
- Descenso del 50% de velocidad: 71 al 107% del p.c. (promedio: 89%)
- Descenso del 75% de velocidad: 107 al 170% del p.c. (promedio: 133%)

A modo de conclusión de este apartado proponemos que la selección de cargas para el uso del trineo se realice en función de un % de pérdida de velocidad respecto al sprint sin carga. En caso de no poder realizar el test de velocidad con cargas crecientes utilizando trineos, la determinación de la carga deberá realizarse en función de un % del peso corporal.

• **Test de velocidad acíclica (COD) con fotocélulas**

Se incluyen dentro de los test de Fuerza horizontal debido a las altas demandas de aceleración (Fuerza horizontal con énfasis concéntrico) y desaceleración-freno (Fuerza horizontal con énfasis excéntrico) que poseen. Se registra el tiempo, por lo que una disminución en esta variable pre-post test es indicador de mejora en el componente condicional (Fuerza) y coordinativo (técnica de aceleración, desaceleración, freno y COD). Estas mediciones poseen una alta validez ecológica porque se asemejan a muchas acciones propias de los deportes acíclicos de equipo.

Algunos autores los denominan también test de "Agilidad" lo cual no sería del todo correcto debido a la ausencia del componente cognitivo-decisional propio de esta capacidad. Se han diseñado algunos test que valoran la Agilidad propiamente dicha, aunque en esta publicación sólo se hará referencia a mediciones de Velocidad acíclica. Describiremos 3 de ellos:

T-Test:

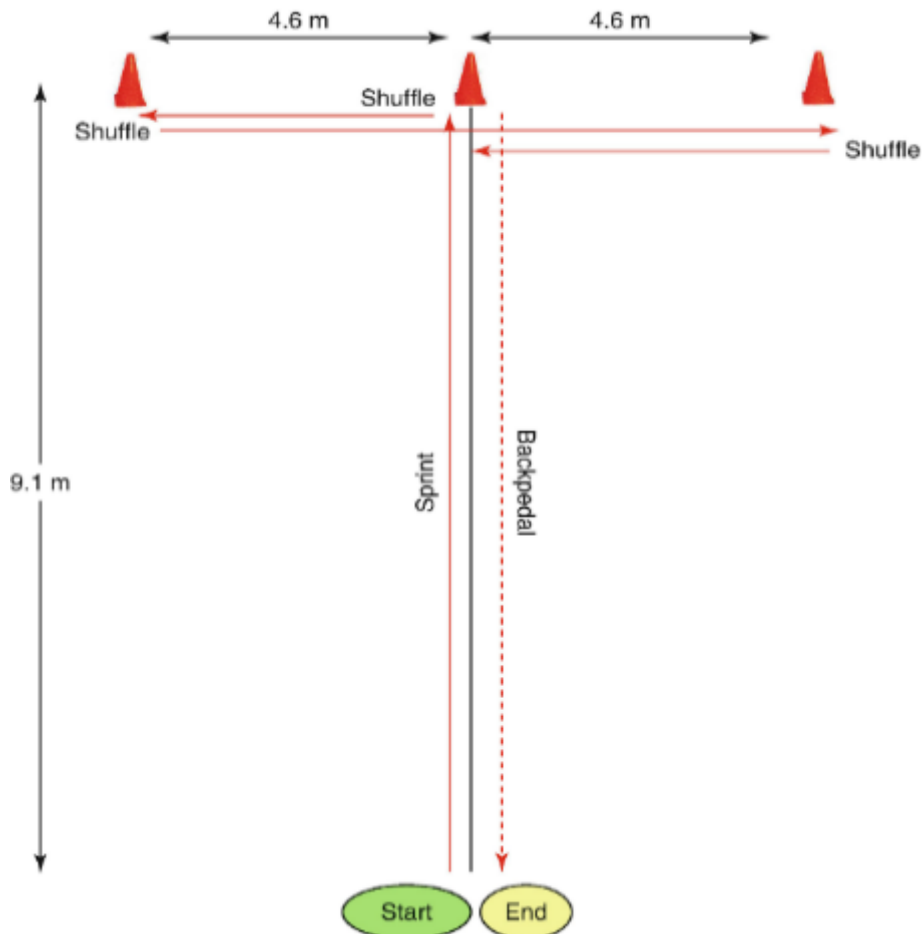


Gráfico 12: T - test de velocidad acíclica, Semenick, 1990

Para la realización del test se coloca la compuerta de fotocélulas en el inicio, se ubica un cono a 9,14 mts, y de éste 4.57 mts hacia cada uno de los lados para ubicar el cono C y D (gráfico 12). A continuación se inicia el test, desde 0,5 mts detrás de la compuerta de fotocélulas, se esprinta hasta el cono central que deberá ser tocado en su base por la mano derecha, de ahí deberá dirigirse hacia el cono ubicado a la izquierda lateralmente mirando hacia el frente sin cruzar los pies y tocar en su base el cono con la mano izquierda. Luego, lateralmente dirigirse hasta el cono ubicado a la derecha y tocar en su base con la mano derecha, una vez completado regresar lateralmente hasta el cono central y tocarlo en su base con la mano izquierda, desde este lugar desplazarse hacia atrás hasta superar la compuerta de fotocélulas (el cronómetro se detendrá al pasar por la fotocélula). Este test es muy aplicable a deportes como Básquet, Fútbol, Tenis por la especificidad en los tipos de desplazamiento realizados. El autor ofrece los siguientes parámetros para varones y mujeres:

Nivel	Varones	Mujeres
Excelente	<9,5 seg	<10,5 seg
Bueno	9,51 - 10,5 seg	10,51 - 11,5 seg
Promedio	10,51 - 11,5 seg	11,51 - 12,6 seg
Pobre	>11,5 seg	>12,5 seg

Tabla 43: rangos de tiempo para varones y mujeres en el T-test.

Test 505

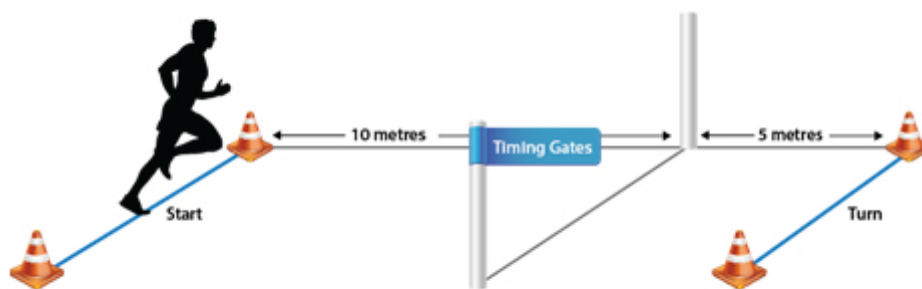


Gráfico 13: test 505 de velocidad acíclica

Se ubica un cono de salida, a 10 mts la compuerta de la fotocélula, 5 mts después se coloca otro cono, formando una línea recta: cono, compuerta de fotocélula, cono de shutte (gráfico 13). Se realiza un sprint desde el punto de inicio en dirección al otro cono, al pasar por la compuerta de la fotocélula se activará automáticamente el cronómetro, cuando el deportista llega al segundo cono realiza un COD de 180° (pivot) y regresa en la misma dirección y sentido contrario. El cronómetro corta al pasar nuevamente por la compuerta de fotocélula: se registra el tiempo en recorrer 5 mts de ida y vuelta. Se realiza el COD con una pierna y luego con la otra, para valorar asimetrías entre miembros, por lo que es útil en la prevención de lesiones y retorno al juego post-lesión.

Para este mismo objetivo puede incorporarse una plataforma de contacto en el punto donde se efectúa el COD, lo que permite comparar el tiempo de aplicación de Fuerza de una y otra pierna. A continuación se muestran datos reales de una medición recientemente realizada con un futbolista amateur.

COD	Der	Izq	Dif %
Tiempo seg	2,463	2,547	3,41%

Tabla 44: tiempos en test 505 realizando COD con pierna derecha e izquierda.

L test:

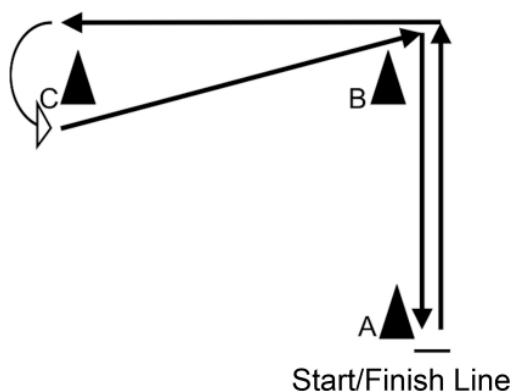


Gráfico 14: test L de velocidad acíclica

Se coloca la fotocélula al inicio, a 5 mts un cono, y a 5 mts, en ángulo de 90° otro cono. El participante comienza 0,5 mts atrás de la compuerta de fotocélula, esprinta hacia B, gira alrededor éste y corre hacia C realizando un giro y vuelve al cono B donde vuelve a girar y cruza la línea de meta. Se realizan 2 intentos para cada lado, lo que permite valorar asimetrías entre hemisferios.

Aplicaciones prácticas

En el presente artículo se describen una batería de test relacionados al rendimiento neuromuscular en deportistas. Además se brindan referencias reportadas en la literatura, y datos personales de mediciones realizadas en Básquet-Fútbol-Rugby, con deportistas juveniles y de primera división, amateurs y profesionales. El preparador físico deberá seleccionar aquellas

mediciones que considere más específicas y de mayor validez ecológica, en función del deporte. La selección también estará supeditada a la disponibilidad de recursos tecnológicos y practicidad.

Con este manuscrito se intenta aportar información que facilite y simplifique a los preparadores físicos el proceso de selección de variables más relevantes para diagnosticar y valorar la evolución del rendimiento condicional de los deportistas con los que trabaja.

Conclusiones

El único objetivo del entrenamiento “neuromuscular” en deportistas es la mejora de la Fuerza aplicada en los gestos del deporte (Fuerza útil), que se manifiesta casi siempre cuando el deportista incrementa la Aceleración (aumento de Velocidad en unidad de tiempo) a la misma masa en las acciones específicas.

Por tanto, la medición de la Velocidad ante las mismas cargas absolutas, principalmente p.c., pre-post en gestos como los saltos, sprints, COD, constituye la forma más simple, precisa y específica de valorar los cambios en el rendimiento condicional.

Salvo excepciones, los cambios en la Potencia no proporcionan información adicional a la que aporta la Velocidad. Cuando la masa a desplazar y la distancia recorrida en el test I y II son las mismas, un mayor nivel de Fuerza aplicada implica movilizar la carga a mayor Velocidad, lo que consecuentemente se traduce en una mayor Potencia.

Por lo antes mencionado, la mejora de la Potencia no es el objetivo *per sé* en el entrenamiento, sino que es una *consecuencia* de aplicar mayor Fuerza (Velocidad) a la misma masa. Aunque en algunos deportes de equipo, como ciertos puestos del Rugby o el Handball, el incremento de *la Fuerza y la Potencia* a expensas de una *mayor masa*, manteniendo la Aceleración y la Velocidad, constituye una ventaja en muchas situaciones. Mientras que en otro grupo de deportes como Fútbol, Básquet, Hókey, el aumento de la Fuerza a expensas de una *mayor Aceleración y Velocidad* desplazando la misma masa genera los mayores beneficios para la mayoría de las acciones.

En caso de no disponer de tecnología, las mediciones de distancia (ej: saltos) y/o tiempo (ej: filmaciones de sprints-saltos-COD), de los cuales se deriva la velocidad (D/t), en los gestos específicos, constituyen buenas alternativas para valorar el rendimiento neuromuscular de los deportistas.

En la parte II de esta publicación se realizará una propuesta metodológica de las *variables de prescripción*: tipo de ejercicios y su selección, y *de programación*: intensidad, volumen, basados en la evidencia científica actual, y se mostrarán ejemplos de programaciones realizadas en deportes de equipo.

REFERENCIAS

1. BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C., JIMÉNEZ-REYES, P. (2014). Entrenamiento de Fuerza. *Nuevas perspectivas metodológicas. (libro en formato digital)*.
2. BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C., (2015). La validez y fiabilidad de una aplicación de iPhone para medir el rendimiento del salto vertical. *Journal of Sports Sciences*
3. BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C., (2016). La validez y fiabilidad de una aplicación de iPhone para medir la mecánica de carrera. *Revista de biomecánica aplicada*.
4. BARR, M., SHEPPARD, J., NEWTON, R. AGAR-NEWMAN, D. (2014). TRANSFER EFFECT OF STRENGTH AND POWER TRAINING TO THE SPRINTING KINEMATICS OF INTERNATIONAL RUGBY PLAYERS. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
5. BOSCO, C. (2000). La fuerza muscular. *Barcelona: Inde*.
6. BROWN, L., Ferrigno, A. (2007). Entrenamiento de velocidad, agilidad y rapidez. *Badalona: Paidotribo*.
7. CRONIN, J., OGDEN, LAWTON y BRUGHELLI, (2000). ¿El Incremento en la fuerza máxima mejora el rendimiento en carreras de sprint? Recuperado de <http://www.g-se.com>
8. CRONIN, J., CAHILL, M., CROSS, M. (2019). Sled-Pull Load-Velocity Profiling and Implications for Sprint Training Prescription in Young Male Athletes. www.mdpi.com/journal/sports
9. DE HOYO, M., GONZALO-SKOK, O. (2016). COMPARATIVE EFFECTS OF IN-SEASON FULL-BACK SQUAT, RESISTED SPRINT TRAINING, AND PLYOMETRIC TRAINING ON EXPLOSIVE PERFORMANCE IN U-19 ELITE SOCCER PLAYERS. *Journal of Strength and Conditioning Research*
10. GARCÍA MANSO, J., ACERO, R., NAVARRO VALDIVIELSO, M., RUIZ CABALLERO, J. (1998). La velocidad. *Madrid: Gymnos*.
11. GONZÁLEZ BADILLO, J., SÁNCHEZ MEDINA, L., PAREJA BLANCO, F., RODRÍGUEZ ROSSEL, D. (2017). La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de Fuerza. *ERGOTECH*

12. GONZÁLEZ BADILLO, J., SÁNCHEZ MEDINA, L., (2010). Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *Pablo de Olavide University, Faculty of Sport, Seville, Spain*.
13. GONZÁLEZ BADILLO, J., RIBAS SERNA, J. (2019). Fuerza, Velocidad y rendimiento físico y deportivo. *ESMSL*.
14. GONZÁLEZ BADILLO, J., PALLARÉS, J. (2020). Reliability of technologies to measure the barbell velocity: Implications for monitoring resistance training. *PLOS ONE*.
15. HEREDIA ELVAR, J.R., PEÑA GARCÍA-OREA, G. (2019). El entrenamiento de la fuerza para la mejora de la condición física y la salud. *Círculo rojo*.
16. HEREDIA ELVAR, J.R., PEÑA GARCÍA-OREA (2017). Dispositivos y Técnicas Para la Medición del Rendimiento del Salto Vertical: ¿Qué Opciones Tenemos? Artículo publicado en el journal *International Journal of Physical Exercise and Health Science for Trainers*.
17. HICKS, D., SCHUSTER, J.G., MORIN, J.B., SAMOZINO, P. (2019). Improving Mechanical Effectiveness During Sprint Acceleration: Practical Recommendations and Guidelines.
17. HICKS, D., SCHUSTER, J.G., MORIN, J.B., SAMOZINO, P. (2019). Improving Mechanical Effectiveness During Sprint Acceleration: Practical Recommendations and Guidelines.
18. IZQUIERDO, M. (2008). Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. *Madrid: Médica panamericana*.
18. IZQUIERDO, M. (2008). Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. *Madrid: Médica panamericana*.
19. HAUGEN, T., SEILER, S., (2019). The Training and Development of Elite Sprint Performance: an Integration OF Scientific and Best Practice Literature. *Springer open*.
19. HAUGEN, T., SEILER, S. (2019). The Training and Development of Elite Sprint Performance: an Integration OF Scientific and Best Practice Literature. *Springer open*.
20. JIMÉNEZ GUTIÉRREZ, A. (2008). Nuevas dimensiones en el entrenamiento de la Fuerza: aplicación de nuevos métodos, recursos y metodologías. *Barcelona: Inde*.
20. JIMÉNEZ GUTIÉRREZ, A. (2008). Nuevas dimensiones en el entrenamiento de la Fuerza: aplicación de nuevos métodos, recursos y metodologías. *Barcelona: Inde*.
21. JIMÉNEZ REYES, P., SAMOZINO, P., BRUGHELLI, M., MORIN, J.B. (2019). Eficacia de un programa de entrenamiento individualizado basado en el perfil fuerza-velocidad en el salto. *Artículo publicado en el journal Revista de Entrenamiento Deportivo, Volumen 1, Número 2*
22. JIMÉNEZ REYES, P., SAMOZINO, P., BRUGHELLI, M., MORIN, J.B. (2019). La altura del salto vertical no es buen indicador de la potencia del miembro inferior. *Springer nature*.
23. JUNGE, N., MORIN, J.B., NYBO, L. (2020). Leg extension force-velocity imbalance has negative impact on sprint performance in ballgame players. *Sports Biomechanics. ISSN: (Print). (Online). Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/rspb20>*
24. LOTURCO, I., GIL, S. (2018). Effects of resisted sprint training on sprinting ability and change of direction speed in professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*
25. MORIN, J.B., HÄKKINEN, K. (2019). Changes in sprint performance and sagittal plane kinematics after heavy resisted sprint training in professional soccer players. <https://www.researchgate.net/publication/336882380>.
26. MORIN, J.B., CROSS, M., JIMÉNEZ-REYES, P., CAPELO-RAMÍREZ, F. (2020). Individual Adaptation Kinetics Following Heavy Resisted Sprint Training. *Article in The Journal of Strength and Conditioning Research*
27. NACLERIO, F. (2011). Entrenamiento deportivo. *Madrid: Médica Panamericana*.
28. NEWTON, MC BRIDE, (2002). Efectos de los Saltos con cargas altas y bajas sobre el desarrollo de la fuerza, la potencia y la velocidad. *Recuperado de <http://www.g-se.com>*
29. PETRAKOS, G., MORIN, J.B., EGAN, B. (2015). Resisted Sled Sprint Training to Improve Sprint Performance: A Systematic Review.
30. ROMERO FRANCO, N., JIMÉNEZ REYES, P., BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C. (2016). Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app *European Journal of Sport Science*.
31. SALWASSER, S., (2017). Optimización del entrenamiento de sprint y salto basado en perfiles de fuerza-velocidad individuales.
32. SAMOZINO, P., MORIN, J.B. (2018). Biomechanics of Training and Testing Innovative Concepts and Simple Field Methods. *Springer*.
33. SAMOZINO, P., MORIN, J.B. (2015). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scand J Med Sci Sports 2016; 26: 648-658*.
34. SAMOZINO, P., MORIN, J.B. (2016). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
35. SÁNCHEZ MEDINA, L. (2016). Effects of resistance training with 20% vs. 40% velocity loss. *ResearchGate*.
36. SIFF, M. y VERKHOSHANSKY, Y. (2000). Superentrenamiento. *Barcelona: Paidotribo*.
37. TOUS FAJARDO, J. (1999). Nuevas tendencias en Fuerza y Musculación. *Barcelona. (2003). Entrenamiento de la fuerza en deportes colectivos. "Disertación doctoral no publicada". Fundación F.C. Barcelona*.
39. TURNER, A., COMFORT, P. (2018). Advanced Strength and Conditioning. *An Evidence-based Approach. Routledge*.