

## EVALUACIÓN DE LA FUERZA EXPLOSIVA DE EXTENSIÓN DE MIEMBROS INFERIORES MEDIANTE PLATAFORMAS DE FUERZA DINASCAN® 600M

*Dr. Xavier Aguado Jódar*  
Laboratorio de Biomecánica  
INEF de Castilla y León

Correspondencia:  
INEF de Castilla y León  
Campus de Vegazana s/n  
24071 LEON  
e-mail: inexaj@unileon.es

EN ESTE ARTÍCULO SE VA A DESCRIBIR EL USO DE LAS PLATAFORMAS DE FUERZA Dinascán® 600M del Laboratorio de Biomecánica del INEF de Castilla y León en la realización de diferentes tests de fuerza explosiva de extensión de miembros inferiores. Se trata simplemente de un artículo divulgativo, que prefiere dar una visión global de un tema amplio antes que tratar en profundidad alguno de sus aspectos. Por ello se han eliminado las referencias dentro del texto y se aportan abundantes aspectos prácticos y pocos datos numéricos.

### **Evaluation of explosive strength in lower limb extension by means of DINASCAN® 600M force plates**

This article describes the use of Dinascan® 600 M force plates at INEF de Castilla y León Biomechanics Laboratory in different tests of explosive strength of lower limb extension. It is an informative article, with the purpose of offering an overall perspective of the subject. So, the references and numeric data have been deleted, and many useful aspects are included.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las **plataformas de fuerza** miden las fuerzas de reacción sobre una superficie (habitualmente un suelo) cuando es empujada o golpeada. Han sido utilizadas en diferentes deportes como un medio preciso y rápido con el que poder identificar patrones cinéticos en diversos movimientos, con los que corregir defectos y mejorar la eficacia. Dentro del mismo ámbito deportivo también proporcionan información útil para prevenir lesiones (picos de fuerza demasiado altos, momentos torsores elevados, ...). Por otro lado, en el ámbito médico permiten, sobre todo en las patologías de la marcha humana, evaluar de una forma objetiva diferentes alteraciones en su patrón y también comprobar el estadio de evolución de su función durante la rehabilitación. >

## 2. TESTS DE FUERZA EXPLOSIVA CON PLATAFORMAS DE FUERZA

La **fuerza explosiva** es considerada en las contracciones dinámicas como la capacidad de producir fuerza con una alta velocidad. En las contracciones dinámicas concéntricas la velocidad de manifestación de la fuerza es indirectamente proporcional a la carga y la explosividad suele explorarse con cargas medias o pequeñas. Por otro lado, en las contracciones isométricas la fuerza explosiva se manifiesta en la mayor o menor rapidez en producir diferentes niveles de fuerza en ausencia de desplazamiento.

La **fuerza explosiva dinámica** puede explorarse ya sea limitando o sin limitar el recorrido que se realiza (dirección, rango y velocidad). En el primer caso se hará mediante el uso de diferentes máquinas de fuerza, siendo posible en alguna de ellas acoplar plataformas de fuerza. En el segundo caso se hará mediante el lanzamiento de artefactos (habitualmente balones) o con la propulsión del propio cuerpo. En esta última posibilidad la carga manejada será la del propio peso corporal y es donde más vamos a utilizar las plataformas de fuerza. Destacan aquí los diferentes tests de salto y, entre ellos, el salto con contramovimiento (CMJ), el salto sin contramovimiento (SJ) y el salto horizontal a pies juntos desde parado (SLJ).

La ventaja de producir la fuerza explosiva sin limitación del recorrido es que se ejerce de una forma más natural, pues en la mayoría de deportes no se da una limitación y por ello la medición será más específica. Hay que tener en cuenta que cuanto más se asemejen las condiciones del test a las del deporte tanto más extrapolables serán los resultados que se obtengan.

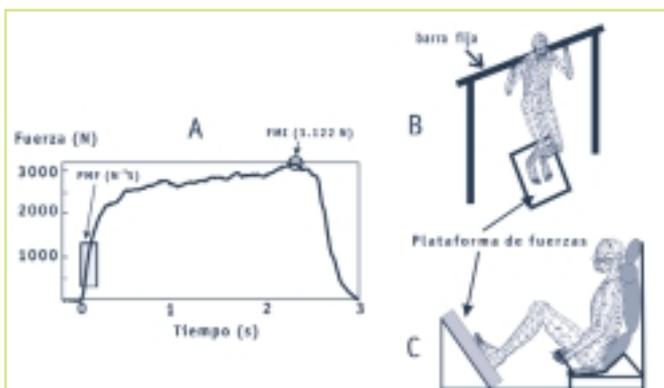


Figura 1: A. Representación de una gráfica de fuerza/tiempo tras un test de explosividad en una contracción isométrica realizado en el Laboratorio de Biomecánica con las plataformas de fuerza Dinascán® 600M. B y C muestran dos posibles colocaciones del sujeto y las plataformas al realizar el test.

La **fuerza explosiva isométrica** se explora sin recorrido articular y por lo tanto sin variación de la longitud muscular, contra una resistencia inamovible que en el caso de ser un suelo o pared permite realizar la medida sobre plataformas de fuerza. En estas mediciones las plataformas de fuerza pueden dejarse en el suelo y colocar a cierta altura una barra horizontal inamovible o colocarlas en un plano inclinado, en cuyo caso la persona realiza el test sentado en una silla (Figura 1). En el primero de los casos se deberá colocar la columna vertebral en posición vertical y manteniendo las curvaturas fisiológicas, con el objeto de minimizar los momentos de fuerza sobre ésta.

Resumiendo, vamos a poder explorar la fuerza explosiva con las plataformas en las situaciones de: fuerza dinámica con limitación del recorrido (acoplada a una máquina de pesas), tests de salto y fuerza isométrica.

## 3. ¿CON QUÉ VARIABLES MEDIMOS LA FUERZA EXPLOSIVA?

En cada una de las tres valoraciones de la fuerza explosiva que hemos comentado en el punto anterior vamos a repasar las variables que se usan para la evaluación de los resultados.

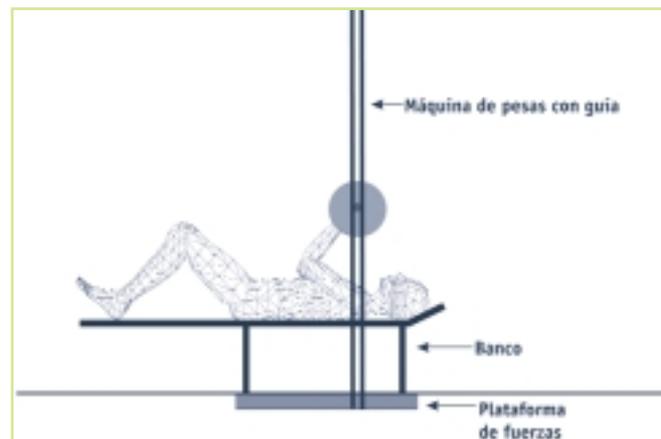


Figura 2: Máquina de pesas compuesta de una barra horizontal en la que se pueden colocar diferentes cargas y unas guías. Debajo del banco está colocada la plataforma de fuerzas que recoge las fuerzas de reacción. En las guías laterales se coloca un sensor de desplazamiento de la barra. Esta misma máquina, sin el banco, se puede usar para evaluar la fuerza explosiva en la extensión de los miembros inferiores.

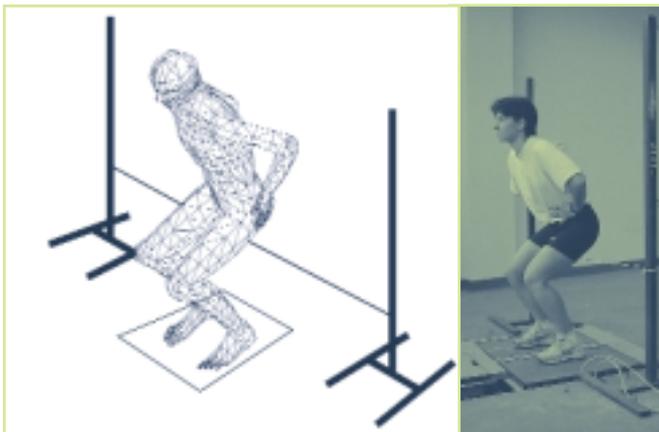
### 3.1 Fuerza dinámica con limitación del recorrido

En este apartado no poseemos aún experiencia en nuestro laboratorio, aunque estamos montando ya un sistema en el que las plataformas de fuerza se sitúan en el centro de una barra horizontal guiada en su recorrido por dos barras laterales. Este tipo de fuerza podrá medirse tanto en miembros superiores (si se realiza el ejercicio, por ejemplo, sobre un banco colocado a su vez sobre una plataforma de fuerza) (Figura 2) como en inferiores (mediante saltos bajo la barra o lanzamientos de ésta con los miembros inferiores). Se ha comprobado en diferentes estudios que la

fuerza explosiva no tiene la misma expresión limitando o no el rango del recorrido y que también varía en función de si se libera o no la pesa o barra al final del recorrido. Las variables que interesa recoger son: impulsos, fuerza máxima, pendientes, tiempos, y desplazamiento y velocidad de la barra.

### 3.2 Tests de salto

Como hemos comentado hay una amplia variedad de tests de salto. Éstos pueden hacerse: con y sin contramovimiento, limitando o no el ángulo previo de flexión de rodillas, con la ayuda o no de los miembros superiores, con salto en vertical o en horizontal y, por último, con o sin sobrecarga. De todas estas posibilidades vamos a comentar sólo algunos aspectos del CMJ, SJ y SLJ.



**Figura 3:** En el SJ y CMJ estandarizamos los ángulos de flexión de rodillas. Al no disponer de un electrogoniómetro es útil y más rápido medir los ángulos con goniómetro y posteriormente colocar a esa altura una cinta elástica sujeta por dos postes, con el fin de poder observar en el salto el cumplimiento del grado de flexión de rodillas.

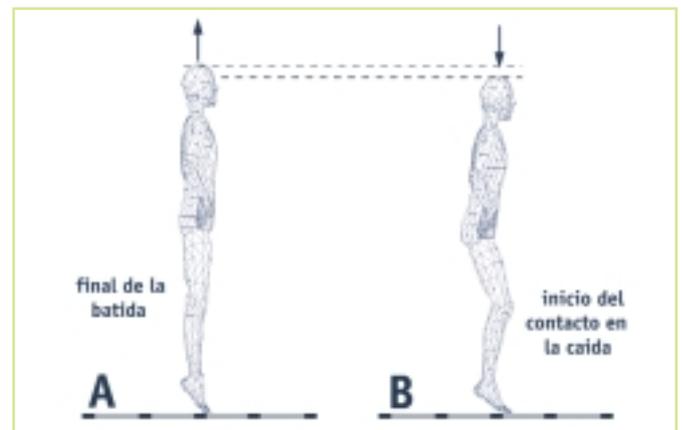
El CMJ es un salto en vertical con contramovimiento y sin ayuda de miembros superiores. De forma similar se realiza el SJ, pero sin contramovimiento, partiendo de una flexión previa que se mantiene de 3 a 5 s. En ambos casos solemos estandarizar la prueba a  $90^\circ$  de flexión de rodillas (Figura 3). Contrariamente, en el SLJ, que es un salto a pies juntos hacia delante desde parado, no se limita la ayuda de los miembros superiores ni se estandariza el ángulo previo de flexión de rodillas.

El resultado de estos tests se mide en forma de distancia: en el CMJ y SJ es la distancia a la que se eleva el CG en el salto y en el SLJ es la distancia cubierta desde la línea de partida hasta el lugar más posterior de contacto del cuerpo con el suelo en la caída. Se han visto altas correlaciones entre la altura de vuelo en los saltos verticales y el pico de potencia obtenido en cicloergómetro isocinético.

En el CMJ y SJ es importante fijarse en que la posición al final de la batida coincida con la del inicio del contacto

con el suelo al caer (Figura 4). De lo contrario la altura a la que se eleva el CG no se podrá calcular bien a partir del tiempo de no contacto en el suelo ( $h = g \cdot t^2 / 8$ ). La altura del salto también puede ser calculada a partir de la velocidad de despegue ( $h = v_0^2 / 2g$ ). No obstante este segundo cálculo en el que la velocidad inicial se halla a partir del impulso acumulado al final de la batida y la masa del sujeto, es más impreciso según hemos estudiado en nuestro laboratorio.

A partir de las curvas de fuerza/tiempo se podrán realizar cálculos de: velocidad del CG, desplazamiento del CG y potencia (Figura 5). Estos cálculos parten del principio de conservación que dice: *“las fuerzas que se aplican o se dejan de aplicar contra el suelo en la batida no se pierden sino que se encaminan al salto”* En el caso de un CMJ con un contramovimiento muy lento o en un salto mal coordinado, este principio puede no cumplirse. Por otro lado, también hay que resaltar que en el SLJ la distancia cubierta no será sólo un reflejo de la batida (que es la que podemos recoger con las plataformas de fuerza) sino también de la fase de vuelo y de la de caída.



**Figura 4:** Para medir la altura del salto a partir del tiempo de no contacto con el suelo es imprescindible observar que la posición al final de la batida coincida con la del contacto con la plataforma en la caída. En la figura al no caer el sujeto en la misma posición se obtendría erróneamente mayor altura de vuelo.

Las variables más usadas en el CMJ y SJ para evaluar la explosividad son, a parte de la altura del salto: el impulso de aceleración, el impulso de frenado, el ratio entre impulso de frenado y aceleración, la fuerza vertical máxima, la pendiente media y la máxima de incremento de fuerza vertical, y el pico de potencia.

En el SLJ se valora también la fuerza anteroposterior máxima, la fuerza resultante máxima y el impulso generado en el eje antero-posterior. Es importante destacar que en el SLJ, a diferencia del SJ y CMJ, no puede utilizarse para medir la explosividad el valor de la fuerza vertical máxima, ya que en el SLJ ésta es mayor en saltos submáximos. En un estudio realizado con 64 aspirantes a entrar al INEF de >

> León se vio que los que presentaban 2 o más picos de fuerza vertical saltaban significativamente más distancia que los que presentaban un solo pico. Pero, por otro lado, en un estudio de 9 jugadores de voleibol de primera división nacional (edad media= 23 años, SD= ± 1.9; distancia media del salto= 2.65, SD= ± 0.13), superando todos ellos el percentil 98 de la distancia saltada en el estudio anterior, presentaban 8 de los 9 sujetos 2 ó más picos de fuerza en el eje vertical. En este último estudio nada hacía sospechar que presentar 2 ó más picos fuera un criterio de ineficacia.

En los tests de salto puede ser conveniente al dar los valores de fuerza vertical o anteroposterior máxima restar o dividirlos por el peso del sujeto con el fin de minimizar la influencia que éste presenta y poder comparar diferentes sujetos con pesos diferentes.

A favor de los tests de salto se puede comentar su buena reproducibilidad y correlación con otros tests de evaluación de la fuerza explosiva dinámica. En contra se puede argumentar la necesidad de su aprendizaje, la dependencia grande o pequeña de la técnica del gesto y la dependencia de diferentes variables antropométricas.

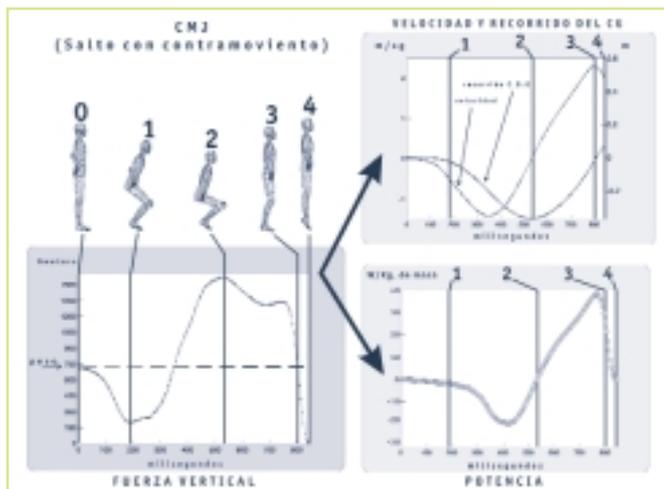


Figura 5: A partir de la curva fuerza/tiempo de un CMJ se ha calculado el recorrido del CG, la velocidad del CG y la potencia. Hay que tener mucho cuidado al hacer estos cálculos, pues de no cumplirse el principio que se comenta en el texto se estarían cometiendo importantes errores.

### 3.3 Fuerza isométrica

Las variables más frecuentemente usadas al medir la explosividad en la fuerza isométrica son: la fuerza en los primeros 100 ms, la fuerza en los primeros 500 ms, el incremento de la fuerza entre los 100 y 500 ms, la pendiente media de incremento de la fuerza (desde el inicio hasta el valor de fuerza máxima), la pendiente máxima de incremento de la fuerza y los tiempos hasta llegar a diferentes porcentajes de la fuerza máxima (p.e.: 10%, 20%, 40%,...).

En estos tests hay que estandarizar los ángulos de flexión de rodillas. Por otro lado, el instante del inicio se suele fijar como el punto en el que la fuerza se ha incrementado un cierto porcentaje (1-2%) respecto al nivel basal.

Las mediciones de fuerza isométrica suelen tener buena transferencia a otras situaciones de contracciones isométricas pero no siempre se correlacionan bien con mediciones de fuerza dinámica. Por otro lado, en unos estudios realizados en nuestro laboratorio descubrimos que en un grupo de personas mayores (media de edad= 70 años) aparecían correlaciones entre diferentes variables de fuerza tanto isométrica como dinámica y resultados en tests de equilibrio realizados sobre las plataformas de fuerza Dinascán (entre ellos el test de Unterberger). Estas correlaciones, en cambio, no aparecían en otros grupos de edades diferentes (jóvenes y adultos).

## 4. BIBLIOGRAFÍA

- AGUADO, X. e IZQUIERDO, M. "La detente horizontal. Estudio cinemático y cinético de 64 casos en las pruebas de ingreso al INEF de León". Archivos de Medicina del Deporte, XII, 46: 93-104, Marzo-Abril, 1995.
- AGUADO, X.; IZQUIERDO, M. y MONTESINOS, J.L. "Kinematic and kinetic factors related to the standing long jump performance". J. of Human Movement Studies, 32: 156-169, 1997.
- AGUADO, GRANDE, I.; IZQUIERDO, M.; LOPEZ, J.L.; MEANA, M. y MENDOZA, F. "Estudio biomecánico de la batida en el salto horizontal a pies juntos desde parado. Cinética de saltos máximos y submáximos". Archivos de Medicina del Deporte. Enviado: 8-3-99. Pendiente de respuesta de aceptación.
- AGUADO, X.; IZQUIERDO, M. y GONZÁLEZ, J.L. "Biomecánica fuera y dentro del laboratorio". Universidad de León. León, 1997.
- BOSCO, C.; KOMI, P.V. "Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles". Eur. J. Appl. Physiol. 45:209-215. 1979.
- GONZÁLEZ, R. "Control postural y producción de fuerza en hombres de 20, 40 y 70 años". Tesina. Laboratorio de Biomecánica. IMEF de Castilla y León, 1999.
- HOCHMUTH, G. "Biomecánica de los movimientos deportivos". INEF de Madrid. Madrid, 1973.
- HÄKKINEN, K.; IZQUIERDO, M.; AGUADO, X.; NEWTON, R.U. y KRAEMER, W.J. "Isometric and explosive force production of leg extensor muscles in men at different ages". Journal of Human Movement Studies, 31: 105-121. 1996.
- IZQUIERDO, M. GONZÁLEZ, J.L. y AGUADO, X. "Análisis biomecánico de la detente horizontal. Consideraciones respecto a su uso como test de fuerza del tren inferior". Perspectivas de la actividad física y el deporte, 15: 2-8, 1994.
- IZQUIERDO, M. "Análisis cinemático y cinético del salto horizontal a pies juntos desde parado". Tesina. Laboratorio de Biomecánica INEF de León. León, 1995.
- IZQUIERDO, M.; AGUADO, X., y HÄKKINEN, K. "Isometric and dynamic force production in men at different ages". En: Proceedings of the first Congress of the European College of Sport Science. 617-618. 1996.
- IZQUIERDO, M.; AGUADO, X.; GONZÁLEZ, J.L.; LÓPEZ, J.L.; RIBAS, T.; LINARES, F.; VILA, L.; VOCES, J.A.; ALVAREZ, A.I. Y PRIETO, J.G. "Características musculares y producción de fuerza máxima/explosiva durante acciones isométricas/dinámicas de los músculos extensores de los miembros inferiores en jóvenes no entrenados". Biomecánica, V, 8:25-31. 1997.
- IZQUIERDO, M.. "Activación neural, área de sección transversal y producción de fuerza de los músculos extensores de los miembros inferiores durante acciones isométricas y dinámicas. Adaptaciones neuromusculares durante el entrenamiento de fuerza." Tesis Doctoral. Universidad de León, 1997.
- IZQUIERDO, M.; AGUADO, X.; GONZÁLEZ, R.; LÓPEZ, J.L. y HÄKKINEN, K. "Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages". Eur. J. Appl. Physiol. 79:260-267. 1999.
- LÓPEZ, J.L. "Desarrollo de un nuevo software para el cálculo de la potencia mecánica en el salto con plataforma de fuerzas. Estudio de la reproducibilidad de los valores obtenidos en diversos tests de salto". Tesina. Laboratorio de Biomecánica INEF de León. León, 1997.
- LÓPEZ, J.L.; GRANDE, I.; MEANA, M. y AGUADO, X. "Análisis de la reproducibilidad en tests de saltos". En Biomecánica aplicada al Deporte I, 23: 207-220. Universidad de León, 1998.
- LÓPEZ, J.L.; GRANDE, I.; MEANA, M. y AGUADO, X. "Análisis de la reproducibilidad en tres tests de salto con plataforma de fuerzas y contactos." Apuntes educación Física y Deportes". Aceptado para publicación el 18 de Enero de 1999.
- VARGAS, F. "El salto horizontal a pies juntos desde parados en educación infantil y primaria". Tesina. Laboratorio de Biomecánica INEF de León. León, 1997.
- VIIATASALO, J.T. "Measurement of force-velocity characteristics for sportsmen in field conditions". En Biomechanics IX-A: 96-101. Human Kinetics. Champaign Illinois, 1985.