

TRABAJO FIN DE GRADO

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EN VARIABILIDAD PARA LA MEJORA DE LA POTENCIA EN SENTADILLA



Facultad de Ciencias Sociosanitarias
Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Alumno: Pablo Díaz Martínez
Tutor Académico: Rafael Sabido Solana

Curso Académico: 2025-2026

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVO DEL ESTUDIO	4
3. METODOLOGÍA	4
3.1. PARTICIPANTES	4
3.2. INSTRUMENTOS DE MEDIDA	5
3.3. PROCEDIMIENTOS	5
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	8
4. BIBLIOGRAFÍA	9
5. ANEXOS.....	10
ANEXO I: CONSENTIMIENTO INFORMADO	10
ANEXO II: FORMULARIO PARTICIPACIÓN EN ESTUDIO	12
ANEXO III: FORMULARIO PARTICIPACIÓN SEMANAL	14
ANEXO IV: ENTRENAMIENTO BELT SQUAT	15
ANEXO V: COLOCACIÓN DEL IMU (ZONA LUMBOSACRA).....	17
ANEXO VI: AUTORIZACIÓN COIR.....	18



1. INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de la fuerza es una de las formas de entrenamiento más utilizadas en el ámbito deportivo y de la salud. Se podría definir desde el punto de vista fisiológico y mecánico como la capacidad de un músculo para generar tensión (fuerzas internas) en respuesta a una carga externa aplicada con el objetivo de generar una serie de adaptaciones (González-Badillo y Ribas, 2002). Una de las variables más relevantes para conseguir diferentes adaptaciones a través del entrenamiento es modificando la intensidad del ejercicio. Por ejemplo, en función de la carga utilizada, las adaptaciones que se conseguirán diferirán tanto en su naturaleza como en su magnitud: Si utilizamos cargas elevadas (superiores al 80-85% 1RM) con un carácter del esfuerzo moderado, estaremos buscando una adaptación más neural (mejorar el reclutamiento y coordinación de unidades motoras); sin embargo, cargas moderadas (entre el 60 y el 75% 1RM) junto a un carácter del esfuerzo alto y una reducción del tiempo de recuperación nos guía hacia la consecución de adaptaciones más metabólicas (González-Badillo y Ribas, 2002).

Desde la perspectiva tradicional del control motor, se ha entendido la variabilidad de movimiento como un error o “ruido” que nuestro sistema nervioso debe minimizar para generar respuestas eficientes (Newell y Corcos, 1993). Sin embargo, en la actualidad, la variabilidad motora la entendemos como una capacidad funcional e inherente de nuestro sistema. Si nos basamos en la Teoría de los Sistemas Dinámicos, la variabilidad se deja de entender como un fallo, sino que es una manifestación de la capacidad de adaptación del sistema nervioso para generar respuestas motoras eficientes ante diversas demandas cambiantes. (Newell y Corcos, 1993).

En este marco, la práctica en variabilidad se orienta a enriquecer las experiencias motoras del deportista, evitando así la monotonía y el estancamiento, ampliando las soluciones posibles ofrecidas al sistema nervioso para poder resolver una tarea (Moreno y Ordoño, 2009). Esto se consigue a través de métodos que proponen una variabilidad en la intensidad de la carga para maximizar la eficacia neuromuscular, destacando así los métodos de contrastes y las pirámides (Cometti, 1998). El método de contrastes se basa en la fluctuación, dentro de una misma sesión, de cargas elevadas a baja velocidad de ejecución, con cargas livianas a máxima velocidad de ejecución. Este contraste permite que el sistema nervioso se estimule, permitiendo que la carga ligera se beneficie de las fibras reclutadas en el movimiento anterior con la carga pesada (Cometti, 1998), fenómeno que en la literatura científica actual se conoce como Potenciación Post-Activación (PAP) (Cormier, et al. 2020). Por otro lado, y siguiendo las propuestas de Cometti, el método de pirámide consiste en modificaciones, de forma inversa, tanto de la carga como del número de repeticiones en cada serie. Este método favorece el trabajo neuromuscular (con las cargas elevadas) y el trabajo estructural o metabólico (más repeticiones a cargas bajas), evitando así la monotonía y favoreciendo la adaptación del sistema nervioso a demandas variables.

Bajo esta perspectiva, el concepto de optimal power load (OPL) o carga óptima de potencia adquiere un papel protagonista. Esta variable se entiende como aquella intensidad específica que permite manifestar la máxima producción de potencia mecánica en un movimiento dado (Loturco et al., 2022). Centrándonos en el ejercicio de sentadilla, la literatura científica coloca este umbral de trabajo en intensidades moderadas que oscilan entre el 30% y el 70% del 1RM; es en este rango donde se alcanza el mayor rendimiento al juntarse de manera idónea los factores de fuerza y velocidad (Soriano et al., 2015).

Con el paso de los años, algunos estudios han comenzado a revisar de manera controlada cómo la manipulación de distintas variables influye sobre el rendimiento y generan diversas adaptaciones neuromusculares. Estudios como el de Hernández-Davó et.al (2023),

evaluaron el efecto de tres magnitudes diferentes de variabilidad dentro de un programa de entrenamiento de resistencia sobre la ganancia de fuerza y el rendimiento en salto. Los resultados evidenciaron que aplicar la variabilidad máxima dentro de la propia sesión, incide en mayores adaptaciones neuromusculares que en los grupos de entrenamiento tradicionales o de menor variabilidad.

Finalmente, la aplicación de esta variabilidad resulta determinante para la mejora de la potencia óptima en el ejercicio de sentadilla. El estudio de Hernández-Davó, demuestra que la combinación de cargas ligeras (30%RM) con cargas pesadas (85%RM) dentro de una misma sesión es más efectiva para la mejora del salto vertical que los modelos lineales tradicionales.

2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene como objetivo conocer si la variabilidad en la carga permite aumentar los niveles de potencia producidos durante un ejercicio de sentadilla.

3. METODOLOGÍA

3.1. PARTICIPANTES

La muestra inicial del estudio estuvo compuesta por un total de 31 sujetos, quienes participaron de manera completamente voluntaria. Tras llevarse a cabo el primer proceso de evaluación (pre-test), se registraron cinco muertes experimentales, por lo que la muestra final quedó constituida por 26 participantes (N = 26; edad media: 29.0 ± 12.4 años; masa corporal media: 73.7 ± 16.7 kg; estatura media: 172.5 ± 10.8 cm).

Como criterio esencial de inclusión, se estableció el compromiso explícito de asistencia regular a todas las sesiones de valoración y entrenamiento programadas, no fijándose ninguna restricción de participación vinculada a la edad, el género o el nivel de condición física general de los sujetos. Los participantes fueron distribuidos en tres grupos de intervención en función de la magnitud de la variabilidad aplicada en el estímulo de entrenamiento: el Grupo de Alta Variabilidad (AV), el Grupo de Baja Variabilidad (BV) y el Grupo de Consistencia (C).

<i>Variable</i>	<i>Descripción / Distribución</i>	<i>Media $\pm$ Desviación Típica (M $\pm$ DT)</i>
Muestra Total	Total de participantes que finalizaron el estudio (5 muertes experimentales)	N= 26 sujetos
Edad (años)	Promedio de edad	29.0 ± 12.4 años
Peso (kg)	Promedio de masa corporal los participantes	73.7 ± 16.7 kg
Altura (cm)	Promedio de estatura de los participantes	172.5 ± 10.8 cm
Grupos de Intervención	Distribución de los sujetos según el tipo de variabilidad aplicada en el entrenamiento	Grupo de Alta Variabilidad (AV) Grupo de Baja Variabilidad (BV) Grupo de Consistencia (C)

Con el fin de cumplir con los estándares éticos vigentes, todos los sujetos recibieron una explicación sobre el propósito de la investigación y los compromisos a cumplir, cumplimentando y firmando un documento de consentimiento informado antes del inicio del protocolo.

CÓDIGO DE AUTORIZACIÓN COIR: TFG.GAF.RSS.PDM.260527

3.2. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

El control de la velocidad de ejecución y la medición de la repetición máxima (1RM) en el ejercicio de sentadilla se realizaron mediante el dispositivo transductor de posición lineal Vitruve (Speed4lifts S.L., Madrid, España), el cual se acoplaba a la barra de carga para monitorizar la potencia propulsiva en tiempo real a través de su aplicación informática.

Por otro lado, la capacidad de generar fuerza bajo condiciones específicas se midió a través de una máquina de Belt Squat de la marca MyoQuality (Myoquality Solutions S.L., Granada, España), registrándose una serie de 5 repeticiones consecutivas al 60% del 1RM estimado en cada sujeto.

Finalmente, el registro de la variabilidad cinemática en la ejecución de la sentadilla se llevó a cabo utilizando un dispositivo inercial o acelerómetro Inertial Measurement Unit (IMU) de la marca STT-System (San Sebastián, España). Este sensor se colocó de forma fija en la zona lumbosacra de los participantes durante las series específicas al 70% de la 1RM para registrar los patrones de aceleración a lo largo de las repeticiones. (*Anexo V*)

3.3. PROCEDIMIENTOS

El diseño del estudio correspondió a un ensayo con diversas evaluaciones (test inicial, test intermedio y test final), en el que los participantes fueron asignados a tres grupos de entrenamiento en función de la variabilidad de la carga aplicada durante las sesiones.

La intervención tuvo una duración total de 7 semanas. Durante las semanas no destinadas a evaluación, las sesiones de entrenamiento se programaron los lunes, martes y jueves de cada semana.

Protocolo de entrenamiento

Durante las semanas de entrenamiento, los participantes realizaron sesiones los lunes y jueves con la misma estructura: 5 Series de 9 repeticiones divididas en bloques de 3, con 5 segundos de descanso, alternando la intensidad de la carga en el ejercicio de Belt Squat a través de la máquina MyoQuality. Las sesiones de los martes se destinaron a un trabajo complementario diferente al de sentadilla. La carga de entrenamiento varió en función del grupo experimental al que pertenecía cada participante:

Grupo de alta variabilidad (AV): la carga aplicada en cada bloque oscilaba entre el 30%, el 60% y el 90% del 1RM estimado en las pruebas, alternando la carga entre repeticiones para maximizar la variabilidad intra-sesión.

Grupo de baja variabilidad (BV): la carga fluctuaba entre el 50%, el 60% y el 70% del 1RM, generando una variación de menor amplitud respecto al grupo anterior.

Grupo de consistencia (C): todos los participantes ejecutaron la totalidad de las repeticiones al 60% del 1RM, manteniendo una carga constante a lo largo de cada sesión y entre sesiones.

DÍA 1	SERIES /REPETICIONES	RECUPERACIÓN
Belt Squat	5 x (3 series x 3 repeticiones)	5 segundos Interserie 1 minuto y 30 segundos entre bloques.
Extensión Unilateral Tobillo	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Remo con Barra	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Press Militar/Push Press	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Remo con mancuerna	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Plancha abdominal	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
DÍA 2	SERIES /REPETICIONES	RECUPERACIÓN
Dominada/ Remo TRX	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Press banca	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Elevación Lat. /Remo Mentón	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Fondos de Tríceps en banco	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Curl Mancuernas / TRX	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Farmer Carry	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series

DÍA 3	SERIES /REPETICIONES	RECUPERACIÓN
Belt Squat	5 x (3 series x 3 repeticiones)	5 segundos Interserie 1 minuto y 30 segundos entre bloques.
Extensión Unilateral Tobillo	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Press Inclinado	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Remo mancuernas en banco	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Press banca/Flexiones	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series
Crunch Abdominal	3 series x 8 repeticiones RIR (4)	1 minuto y 30 segundos entre series

Cabe destacar que, en la 4ª Semana de Intervención realizamos un test intermedio de todas las variables (1RM y variabilidad). Por tanto, se tuvo en cuenta tanto si ya hubo mejoras en el 1 RM, como si se había sobreestimado el 1 RM en el test inicial.

En todos los grupos se mantuvo el criterio de profundidad de sentadilla hasta el paralelo de rodillas como requisito mínimo para poder contar cada repetición, garantizando así la misma ejecución durante toda la intervención.

Protocolo de evaluación (test inicial, test intermedio y test final)

Las sesiones de evaluación siguieron un protocolo estandarizado en el orden que se presenta a continuación:

- Estimación del 1 RM en sentadilla: Se realizó una aproximación de 3 a 4 series con carga progresiva y, posteriormente, series con el encoder lineal Vitruve hasta registrar una velocidad inferior a 0,68 m/s, umbral a partir del cual se estimó el valor de 1RM de cada sujeto. Durante toda la prueba se exigió el cumplimiento de la profundidad mínima de sentadilla hasta el paralelo de las rodillas. Se registró el mejor valor de velocidad obtenido en cada carga para el cálculo del 1RM estimado.
- Medida de la potencia. Se llevó a cabo 1 serie de 5 repeticiones consecutivas del ejercicio de Belt Squat en la máquina MyoQuality al 60% del 1RM estimado en el paso anterior. El participante se colocó de pie sobre la plataforma con el cinturón ajustado

a la cadera, realizando el movimiento de sentadilla de forma fluida y a la máxima velocidad intencional en la fase concéntrica. De las 5 repeticiones registradas, se extrajo el valor de potencia pico y potencia media para su posterior análisis.

- Medida de variabilidad motora: El registro se ejecutó mediante un dispositivo inercial (IMU) colocado en la zona lumbosacra. Se realizaron 10 repeticiones consecutivas de sentadilla al 70% del 1RM estimado, con el participante en posición estática antes de comenzar la grabación, con instrucción de mantener la ejecución fluida durante todas las repeticiones, y mantener de nuevo la posición estática al finalizar las repeticiones. El objetivo de esta prueba fue analizar la variabilidad en la ejecución a lo largo de la serie.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados utilizando el software SPSS (versión 25, IBM Statistics, Nueva York, EE. UU.). La normalidad fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se realizó un ANOVA de medidas repetidas con tres momentos de evaluación: test inicial, test intermedio y test final. El nivel de significación fue establecido en $p < .05$. Por último, se calculó el tamaño del efecto mediante el eta cuadrado parcial (η^2_p) obtenido del ANOVA. Según los umbrales convencionales, el tamaño del efecto se interpretó como pequeño cuando $\eta^2_p \approx 0.01$, medio cuando $\eta^2_p \approx 0.06$ y grande cuando $\eta^2_p \approx 0.14$.



4. BIBLIOGRAFÍA

- González-Badillo, J. J., y Ribas Serna, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Editorial INDE.
- Newell, K. M., y Corcos, D. M. (1993). *Variability and motor control*. Human Kinetics.
- Moreno, F. J., y Ordoño, E. M. (2009). Aprendizaje motor y síndrome general de adaptación. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 5(14), 42–68.
- Cometti, G. (1998). *Los métodos modernos de musculación*. Editorial Paidotribo.
- Cormier, P., Freitas, T. T., Rubio-Arias, J. A., y Alcaraz, P. E. (2020). Complex and contrast training: Does strength and power training sequence affect performance-based adaptations in team sports? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(5), 1461–1479.
- Loturco, I., Boulosa, D., Reis, V. P., Bishop, C., Fromer, A., Suchomel, T. J., Pereira, L. A., & McGuigan, M. R. (2022). The optimum power load: A simple and powerful tool for testing and training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(2), 151–157.
- Soriano, M. A., Jiménez-Reyes, P., Rhea, M. R., & Marín, P. J. (2015). The optimal load for maximal power production during lower-body resistance exercises: A meta-analysis. *Journal of Human Kinetics*, 46(1), 175–183.
- Hernández-Davó, J. L., Sabido, R., Moya, M., y Flández, J. (2023). The Effect of Three Different Resistance Training Programming Approaches on Strength Gains and Jumping Performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 94(1), 180–185.

5. ANEXOS

ANEXO I: CONSENTIMIENTO INFORMADO

Información para el participante – Hoja de consentimiento informado

Nos dirigimos a usted para solicitar su consentimiento para participar en un proyecto de investigación.

Si decide participar en este estudio debe saber que lo hace voluntariamente y que podrá, así mismo, abandonarlo en cualquier momento. En el caso en que decida suspender su participación, ello no va a suponer ningún tipo de penalización.

El proyecto se llevará a cabo en el Centro de Investigación del Deporte (CID) de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH), a cargo del grupo de investigación de Aprendizaje y Control motor.

¿Cuál es el objetivo del estudio?

El objetivo del estudio es:

- Analizar la influencia de la variabilidad de la carga en tareas de alta demanda de fuerza.
- Conocer la relación con la variabilidad como identificador de la capacidad de adaptación al entrenamiento de fuerza.

¿Cómo se va a realizar el estudio?

El estudio consistirá en 8 semanas, 2 de test y 6 de entrenamiento de fuerza donde se realizará un trabajo de tren superior, tren inferior, trabajo de movilidad y de core. Además de un seguimiento de los niveles de fuerza durante las semanas de entrenamiento. Este entrenamiento se realizará los lunes, martes y jueves en la sala de registro del CID.

¿Qué beneficios puedo obtener por participar en el estudio?

Los beneficios son muchos debido a las ventajas que tiene el entrenamiento de fuerza. Estos beneficios son: fisiológicos (mejora de la tensión arterial, prevención de enfermedades cardíacas y metabólicas, etc), mecánicas (aumento de los niveles de fuerza) y psicológicas (mejora de la autoestima, reducción del estrés, etc)

¿Qué riesgos puedo sufrir por participar en el estudio?

No hay riesgos asociados por realizar entrenamiento de fuerza cuando son pautados por profesionales del ámbito. Siguiendo las pautas de los encargados de dirigir los entrenamientos y siguiendo las normas de seguridad con el material, no ocurrirá ningún problema ni lesiones.

Contacto en caso de duda

Si precisa más información sobre el estudio contactar con d.cerdan@umh.es

Consentimiento informado

Título del estudio: Estudio de la relación de la variabilidad de la carga y el nivel de adaptación en tareas de alta demanda de fuerza.

Investigador principal, grupo de investigación, centro: Rafael Sabido Solana y Carla Caballero, grupo de Control y Aprendizaje Motor, Centro de Investigación del Deporte (CID).

Nombre y apellidos del participante: _____

DNI: _____

1. Como participante, consiente el almacenamiento y uso de datos asociados para futuras investigaciones. Consiente ser contactado en caso de necesitar más información.
2. He sido informado y comprendo el contenido de la siguiente hoja de información, lo que acredito con mi firma en prueba de mi consentimiento en todo lo que en ella se contiene.
3. En teniendo que mi participación es voluntaria y gratuita y comprendo que puedo solicitar la revocación de este consentimiento en cualquier momento sin tener que ofrecer explicaciones.

Teléfono de contacto y/o email: _____

Edad: _____ **Peso:** _____ **Altura:** _____

Sexo: _____ **Fecha nacimiento:** _____

Fecha: _____ **Firma del participante:** _____

ANEXO II: FORMULARIO PARTICIPACIÓN EN ESTUDIO

Participación en estudio de fuerza

En este formulario formalizarás la participación en nuestro próximo estudio de fuerza, simplemente necesitamos un par de datos y nos pondremos en contacto contigo

Correo *

Correo válido

Este formulario registra los correos. [Cambiar configuración](#)

¿Cómo te llamas? (nombre completo)

Texto de respuesta corta

Indica tu sexo

☐ Hombre

☐ Mujer

¿Cuántos años tienes?

Texto de respuesta corta

¿Cuál es tu experiencia en entrenamiento de fuerza?

☐ Más de dos años

☐ Menos de dos años

☐ Ninguna experiencia

Comenta brevemente tu experiencia deportiva y en entrenamiento de fuerza

Texto de respuesta larga

¿Practicas algún deporte?

☐ No

☐ Sí

Si practicas otro deporte, indica cuál y con qué frecuencia

Texto de respuesta corta

¿Tienes alguna lesión actualmente?

☐ Sí

☐ No

Si tienes alguna lesión, indica el tipo de lesión

Texto de respuesta larga

Durante el transcurso de este estudio, nosotros os proporcionaremos todo el entrenamiento de fuerza, ¿Estás de acuerdo?

☐ Sí

☐ No

☐ Otro:

¿Cuál es tu disponibilidad?

☐ Mañanas

☐ Mediodía

¿En qué horario aproximado?

Texto de respuesta larga

Por último, déjanos tu número de teléfono

Texto de respuesta corta

ANEXO III: FORMULARIO PARTICIPACIÓN SEMANAL

Asistencia a test inicial

Selecciona tus días de asistencia preferida y el rango de horario, junto con tu hora específica deseada. Esto solo es aplicable a la primera semana, en la que realizaremos los test iniciales para empezar con el entrenamiento.

Nombre completo *

Texto de respuesta corta

E-mail *

Texto de respuesta corta

¿Qué par de días prefieres asistir?

☐ Lunes y Miércoles

☐ Martes y Jueves

¿En qué rango de horario prefieres asistir?

☐ Mañana

☐ Mediodía

☐ Tarde

Por favor, indica tu hora preferida específica (ejemplo: 10:30 am, 15:00, etc.)

Texto de respuesta corta

ANEXO IV: ENTRENAMIENTO BELT SQUAT





ANEXO V: COLOCACIÓN DEL IMU (ZONA LUMBOSACRA)



ANEXO VI: AUTORIZACIÓN COIR

Estimado Rafael Sabido Solana y PABLO DÍAZ MARTÍNEZ

Una vez revisada su solicitud de evaluación ética le comunicamos que la misma ha sido **AUTORIZADA**:

Nombre del tutor/a:	Rafael Sabido Solana
Nombre del estudiante:	PABLO DÍAZ MARTÍNEZ
Tipo de actividad:	1. Adherido a un proyecto autorizado
Título	EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EN VARIABILIDAD PARA LA MEJORA DE LA POTENCIA EN SENTADILLA
Evaluación de riesgos laborales	No solicitado/No procede
Evaluación ética humanos	No solicitado/No procede
Código provisional:	260527044839
Código de autorización COIR	TFG.GAF.RSS.PDM.260527
Caducidad	2 años

Pueden imprimir este correo como justificante de autorización ética COIR.

Aprovechamos para recordarle que no necesita realizar ningún trámite adicional con la Oficina de Investigación Responsable.

Un saludo,

