



Universidad
Europea CANARIAS

Efectos agudos de la redistribución del descanso frente a series tradicionales sobre el mantenimiento de la velocidad y la fatiga neuromuscular en hombres entrenados.

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Europea de Canarias
Curso académico: 2025-2026

MODALIDAD DE TRABAJO

Diseño Estudio

AUTORES

Alexander Vonka Reyes
Jairo Perdigón Rodríguez

TUTOR

Jorge Miguel González Hernández

Junio de 2026
Villa de La Orotava, Santa Cruz de Tenerife

ÍNDICE

Resumen	11
Abstract	12
1. Introducción	13
1.1 Contextualización	13
1.2 Fundamentación teórica	14
1.3 Estado actual del conocimiento	15
1.4 GAP en la literatura	15
2. Justificación	18
3. Hipótesis y objetivos del estudio.	19
3.1 Objetivos del estudio	19
3.1.1 Objetivo general	19
3.1.2 Objetivos específicos	19
3.2 Hipótesis	19
4. Metodología	21
4.1 Diseño	21
4.2 Muestra y formación de grupos	21
4.3. Variables y material de medida	26
4.3.1. Protocolos de evaluación y materiales	27
4.4 Intervención o procedimiento	30
4.4.1. Visita 1: Familiarización y determinación de la carga	30
4.4.2. Protocolo de calentamiento estandarizado	31
4.4.3. Visitas 2 y 3: Sesiones Experimentales (Condiciones TR y RR)	32
4.5. Variables, método de medida y temporalización de los datos	36
4.5.1. Frecuencia y tiempo de toma de datos	37
4.6 Análisis de datos	38
4.7 Equipo investigador	39
5. Viabilidad del estudio	41
6. Conclusiones	46
7. Contribución de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)	47
8. Referencias bibliográficas	49
9. Anexos	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	26
Tabla 2	31
Tabla 3	33
Tabla 4	37
Tabla 5	42
Tabla 6	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	17
Figura 2	22
Figura 3	25
Figura 4	29
Figura 5	35

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

- **1RM:** Una Repetición Máxima (Carga máxima levantada en una repetición).
- **ANOVA:** Análisis de Varianza (*Analysis of Variance*).
- **CEA:** Ciclo Estiramiento-Acortamiento.
- **CMJ:** Salto con Contramovimiento (*Countermovement Jump*).
- **ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- **PCr:** Fosfocreatina.
- **RR:** Redistribución del Descanso (*Rest Redistribution*).
- **sRPE:** Índice de Esfuerzo Percibido de la Sesión (*Session Rating of Perceived Exertion*).
- **TR:** Tradicional (*Traditional set configuration*).
- **VBT:** Entrenamiento Basado en la Velocidad (*Velocity-Based Training*).
- **VMP:** Velocidad Media Propulsiva.
- **DT:** Desviación Típica.
- **IC:** Intervalo de Confianza.
- **IP:** Investigadores Principales.
- **PAR-Q:** Physical Activity Readiness Questionnaire / Cuestionario de Aptitud para la Actividad Física.
- **TFG:** Trabajo de Fin de Grado.
- **TTD:** Tiempo Total de Descanso.
- **UEC:** Universidad Europea de Canarias

Resumen

El entrenamiento basado en la velocidad (VBT) constituye una herramienta fundamental para la monitorización precisa de la fatiga neuromuscular y la dosificación de la carga. Las configuraciones de series tradicionales (TR) inducen un elevado estrés metabólico y una considerable pérdida de rendimiento mecánico a lo largo de las repeticiones, lo que termina reduciendo la calidad del estímulo de entrenamiento.

Para dar respuesta a esta limitación, el presente trabajo propone el diseño de una investigación, orientado a comparar los efectos agudos de la redistribución del descanso (rest redistribution; RR) frente al modelo TR sobre la variación de la velocidad, la fatiga neuromuscular y el esfuerzo percibido en hombres entrenados, equiparando de forma estricta el volumen y el tiempo total de recuperación.

La estructura metodológica contempla reclutar a 24 varones con experiencia en entrenamiento de fuerza y una fuerza relativa mínima de 1,2 veces su masa corporal en sentadilla trasera. Bajo un diseño experimental cruzado, aleatorizado y de medidas repetidas, cada sujeto realizará el ejercicio en dos condiciones: TR (4 series de 8 repeticiones con 180 s de descanso) y RR (8 bloques de 4 repeticiones con 77 s de descanso), con un total de 32 repeticiones y 540 s de descanso.

La pérdida de velocidad media propulsiva (VMP) se registrará mediante un transductor lineal (Vitruve), el deterioro neuromuscular a través de la pérdida de altura en salto vertical (CMJ; MyJump 2), y la fatiga perceptual mediante la escala OMNI-RES. La hipótesis principal es que dividir el trabajo en bloques más cortos (RR) reducirá notablemente la fatiga física y mecánica, permitiendo conservar una mayor velocidad de ejecución y reduciendo la sensación de esfuerzo, sin que ello implique un aumento en la duración total de la sesión.

Palabras clave: Configuración de series, Control de la carga, Fatiga neuromuscular, Rendimiento mecánico, Sentadilla, Velocity-based training.

Abstract

Velocity-based training (VBT) represents a fundamental tool for the precise monitoring of neuromuscular fatigue and load prescription. Traditional set configurations (TR) induce high metabolic stress and a considerable loss of mechanical performance across repetitions, ultimately compromising the quality of the training stimulus.

To address this limitation, the present paper proposes a research design aimed at comparing the acute effects of rest redistribution (RR) versus the TR model on velocity kinematics, neuromuscular fatigue, and perceived exertion in resistance-trained men, strictly equating total volume and recovery time.

The methodological framework involves recruiting 24 males with resistance training experience and a minimum relative strength of 1.2 times their body mass in the back squat exercise. Utilizing a randomized, crossover, repeated-measures design, each subject will perform the exercise under two conditions: TR (4 sets of 8 repetitions with 180 s of rest) and RR (8 blocks of 4 repetitions with 77 s of rest), yielding a total of 32 repetitions and 540 s of rest.

Mean propulsive velocity (MPV) loss will be recorded using a linear position transducer (Vitrue), neuromuscular impairment via vertical jump height loss (CMJ; MyJump 2), and perceptual fatigue through the OMNI-RES scale. The primary hypothesis is that partitioning the work into shorter blocks (RR) will significantly mitigate physical and mechanical fatigue, allowing for the preservation of higher execution velocity and a reduction in perceived exertion, without prolonging the total session duration.

Keywords: Set configuration, Load monitoring, Neuromuscular fatigue, Mechanical performance, Squat, Velocity-based training.

1. Introducción

1.1 Contextualización

El entrenamiento de fuerza es fundamental para la optimización del rendimiento en aquellas disciplinas deportivas que dependen de la potencia mecánica y la aplicación de fuerza máxima (Jukic et al., 2020). Durante la ejecución de estos esfuerzos, el paradigma actual establece que el deportista debe aplicar la máxima velocidad intencional en cada repetición para maximizar las adaptaciones neuromusculares (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Sin embargo, la realización de contracciones musculares repetidas frente a una resistencia externa provoca un fenómeno fisiológico limitante: la fatiga neuromuscular aguda. Este proceso se divide en dos componentes principales según la literatura actual. Por un lado se encuentra la fatiga central, que ocurre cuando el cerebro y el sistema nervioso disminuyen la intensidad de las señales que envían al músculo, lo que dificulta que el deportista pueda activar sus fibras musculares de forma voluntaria (Gandevia, 2001). Y por otro lado, la fatiga periférica, que sucede directamente en el interior del músculo, donde la acumulación de desechos metabólicos y la falta de energía impiden que las fibras se contraigan de manera eficiente (Enoka & Duchateau, 2008). Estos dos problemas provocan que el deportista pierda temporalmente su capacidad para generar fuerza y potencia (Latella et al., 2019).

A nivel periférico, la ejecución continua de repeticiones genera una alta demanda energética que propicia la acumulación de metabolitos, como el lactato sanguíneo y el amonio, afectando directamente la eficiencia contráctil del músculo (García-Ramos et al., 2020; González-Hernández et al., 2020), lo que obliga al sistema nervioso a realizar un aumento en el reclutamiento de unidades motoras para intentar mantener el rendimiento mecánico ante el fallo progresivo de las fibras musculares (Morales-Artacho et al., 2018). La interacción de estos mecanismos metabólicos y neurales conlleva a una reducción progresiva de la velocidad de ejecución, lo cual es un factor crítico que condiciona negativamente el estímulo del entrenamiento.

1.2 Fundamentación teórica

Ante esta necesidad de cuantificar este deterioro mecánico, el entrenamiento basado en la velocidad (VBT) se ha consolidado como una herramienta objetiva para monitorizar la fatiga en tiempo real (Torrejón et al., 2019).

A través de esta metodología, se ha demostrado que el porcentaje de pérdida de velocidad intra-serie tiene una fuerte correlación con los marcadores de estrés metabólico (García-Ramos et al., 2020; Mora-Custodio et al., 2018). Investigaciones pioneras como las de Pareja-Blanco et al. (2017) han evidenciado que permitir altas pérdidas de velocidad (superiores al 40%) no solo dispara exponencialmente la concentración de lactato y amonio en sangre de forma aguda, sino que retrasa drásticamente la recuperación neuromuscular post-sesión en comparación con protocolos que detienen la serie de forma temprana (pérdidas del 10-20%). Alcanzar altos porcentajes de pérdida de velocidad indica un agotamiento significativo de los depósitos de fosfocreatina (PCr) y una elevada acidosis celular. La literatura establece que la resíntesis de la PCr presenta un componente rápido, con una vida media en torno a los 30-40 segundos, lo que permite restaurar aproximadamente el 70% de los depósitos durante el primer minuto de recuperación (Bogdanis et al., 1995; Dawson et al., 1997). De esta forma, si se interrumpe la serie antes de que se produzca una caída drástica y se aprovecha esta ventana de resíntesis rápida, esto permite mantener la calidad mecánica requerida para el desarrollo de la fuerza explosiva (Jukic et al., 2020).

Además, la monitorización de la velocidad de ejecución ha evidenciado las limitaciones respecto a la configuración tradicional del entrenamiento de fuerza. Este, se caracteriza por la ejecución continua de las repeticiones, descansando únicamente al finalizar cada serie (Tufano et al., 2018). Al no existir micropausas que permitan una resíntesis parcial de la PCr, se produce un aumento exponencial de la fatiga provocando que una gran parte del volumen de entrenamiento se realice a velocidades muy inferiores a la inicial, lo cual altera el estímulo neuromuscular y orienta las adaptaciones hacia la resistencia a la fuerza en lugar de hacia la potencia máxima (Jukic et al., 2020; Tufano et al., 2018).

1.3 Estado actual del conocimiento

Para resolver estas limitaciones, la literatura propone la implementación de pausas intra-serie (Tufano et al., 2018). Estrategias como el entrenamiento tipo Cluster han demostrado ser superiores al modelo tradicional para mantener la fuerza y la potencia (Jukic et al., 2020; Latella et al., 2019; González-Hernández et al., 2023). Fisiológicamente, Morales-Artacho et al. (2018) demostraron que la inclusión de estas pausas previene alteraciones severas en la activación muscular y retrasa la fatiga neural. Además, se ha evidenciado que la fragmentación del descanso entre repeticiones produce una menor acumulación de lactato, mitigando la pérdida de rendimiento en pruebas mecánicas posteriores, como el salto con contramovimiento (García-Ramos et al., 2020).

Muchos protocolos *Cluster* aumentan la duración total de la sesión, lo que dificulta su aplicación práctica dentro del contexto deportivo (Jukic et al., 2020). Como solución a este problema, surge la redistribución del descanso (*rest redistribution*). Esta variante mantiene exactamente la misma duración total de la sesión y el mismo tiempo de recuperación que una configuración tradicional, pero fragmenta el descanso del final de la serie y lo distribuye entre las repeticiones (Merrigan et al., 2020). Al introducir micropausas inter-repetición (o inter-bloque) que superan la vida media de resíntesis de la fosfocreatina, esta estrategia permite una resíntesis parcial continua de la PCr y facilita el aclaramiento local de metabolitos miocárdicos y musculares (Glaister, 2005). Esto previene la caída drástica del pH intracelular, manteniendo niveles de potencia significativamente mayores al evitar la dependencia exclusiva de la glucólisis anaeróbica (Jukic et al., 2020).

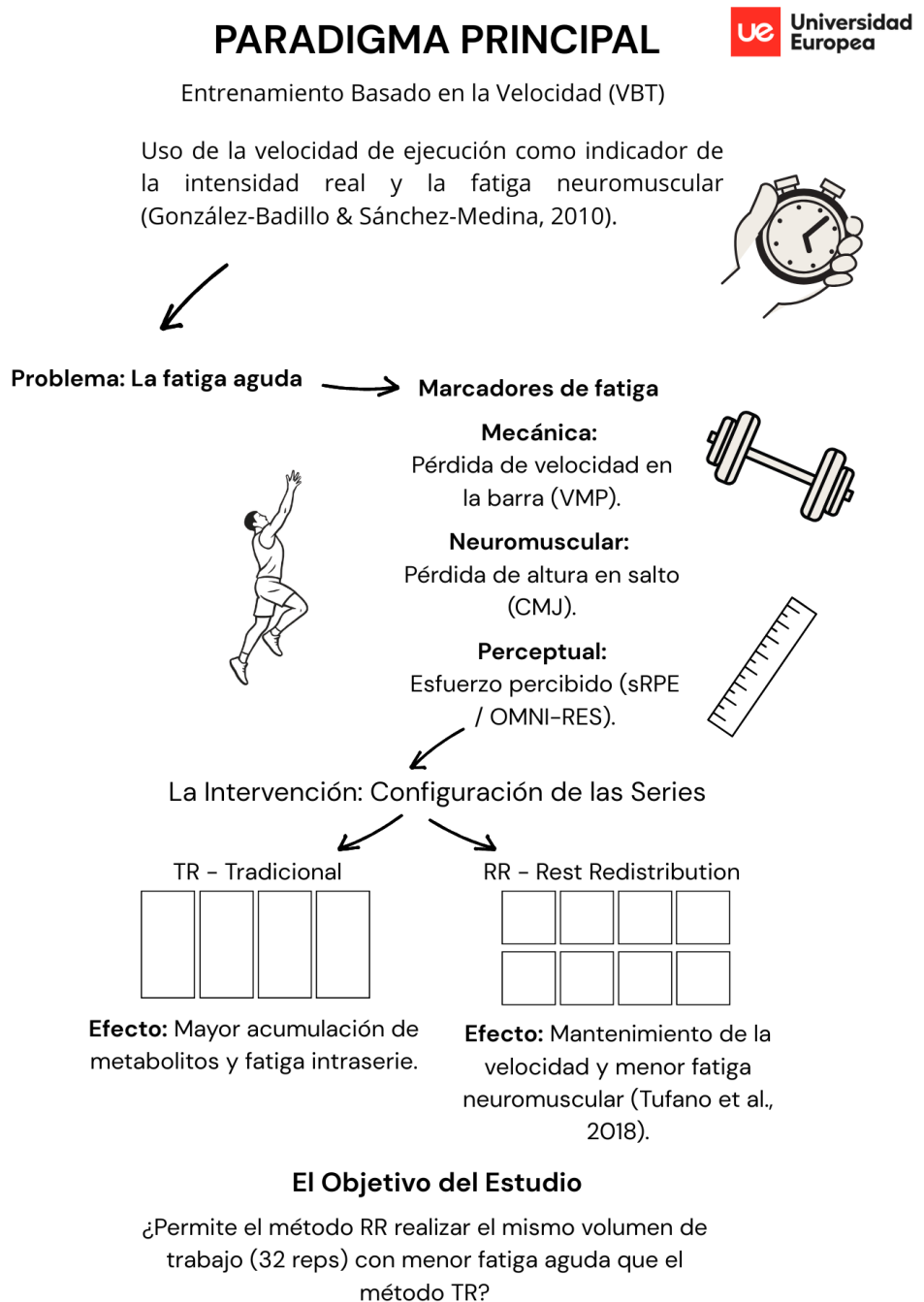
1.4 GAP en la literatura

A pesar del respaldo biomecánico de estas estructuras, la evidencia actual resulta heterogénea. La literatura indica que las respuestas a estas configuraciones están condicionadas por las características de la muestra, existiendo diferencias en la tolerancia a la fatiga según el sexo y la experiencia (Torrejón et al., 2019). Por ejemplo, Merrigan et al. (2020) demostraron la eficacia de la redistribución del descanso en mujeres deportistas, mientras que Arazi et al.

(2021) exploraron beneficios crónicos en atletas de powerlifting. En consecuencia, existe un importante vacío respecto a la evaluación integral de la fatiga aguda (integrando pérdida de velocidad y marcadores neuromusculares post-sesión) utilizando protocolos puros de redistribución del descanso en hombres entrenados, igualando de forma estricta el tiempo total de la sesión.

Figura 1

Diagrama conceptual del marco teórico: Control de la fatiga mediante VBT y configuración de series



Elaborado por: Vonka, A. y Perdigón, J. (2026)

Nota. Elaboración propia basada en los principios del entrenamiento basado en la velocidad y la redistribución del descanso.

2. Justificación

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo diseñar una propuesta dirigida a optimizar las estrategias de entrenamiento de fuerza en entornos de alto rendimiento, donde la gestión del tiempo y la calidad del estímulo son variables críticas. Aunque la monitorización de la velocidad (VBT) y las configuraciones *Cluster* son eficaces para preservar la calidad mecánica frente a la fatiga, su implementación suele verse limitada por el aumento en la duración total de las sesiones, un factor difícilmente asumible en deportes con alta densidad de trabajo. Es por eso, que la redistribución del descanso (*Rest Redistribution*) surge como solución, ya que al igualar el tiempo total de la sesión mediante la fragmentación de las pausas, se ofrece una alternativa metodológica que permite mantener la calidad mecánica (potencia y velocidad) sin aumentar la duración del entrenamiento.

Aunque la estructura de las series tradicionales cuenta con un gran soporte científico, la evidencia actual respecto a configuraciones alternativas en hombres con experiencia en el entrenamiento de fuerza resulta heterogénea y contradictoria (Jukic et al., 2020). Gran parte de la literatura previa se ha centrado en métodos *Cluster* que alteran el tiempo total de la sesión, o en adaptaciones crónicas en disciplinas específicas como el *powerlifting* (Arazi et al., 2021). Sin embargo, existe un importante vacío en la literatura respecto a las respuestas agudas de fatiga neuromuscular cuando se aplica un modelo de redistribución de descanso (*Rest Redistribution*) que iguale el tiempo y volumen respecto al entrenamiento tradicional. Por lo tanto, resulta fundamental aclarar si la reorganización temporal de las pausas, sin alterar el tiempo total de trabajo, es suficiente para mitigar la pérdida de velocidad y la fatiga periférica en sujetos varones entrenados.

3. Hipótesis y objetivos del estudio.

3.1 Objetivos del estudio

3.1.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de investigación empírica metodológicamente estructurada para comparar los efectos agudos de una configuración de entrenamiento basada en la redistribución del descanso (*Rest Redistribution*) frente a un modelo de series tradicionales sobre el rendimiento mecánico, la fatiga neuromuscular y la respuesta perceptiva en hombres con experiencia en el entrenamiento de fuerza, igualando el volumen total de trabajo y el tiempo de descanso, pero modificando cómo se reparten dichas pausas (descansos largos entre series, frente a descansos cortos y frecuentes entre repeticiones)

3.1.2 Objetivos específicos

1. Establecer el protocolo metodológico y los instrumentos de medida óptimos para monitorizar las diferencias en la Velocidad Media Propulsiva (VMP) y el porcentaje de pérdida de velocidad intra-serie durante ambas configuraciones.
2. Definir el procedimiento de evaluación estandarizado para cuantificar el impacto agudo de ambos protocolos sobre la fatiga neuromuscular indirecta post-sesión, a través de la pérdida de altura en el salto con contramovimiento (CMJ).
3. Determinar la metodología de registro de la Escala de Esfuerzo Percibido (RPE) mediante la escala OMNI-RES para evaluar la respuesta perceptiva de la fatiga de los sujetos al finalizar cada protocolo de entrenamiento.

3.2 Hipótesis

Dado que el presente Trabajo de Fin de Grado constituye un diseño de estudio, las hipótesis se formulan como los resultados esperados en el caso de que la propuesta de investigación sea ejecutada. En base a la literatura científica revisada, se plantea la siguiente hipótesis general: la configuración basada en la redistribución del descanso atenuará significativamente la fatiga aguda en

comparación con el modelo tradicional. De esta premisa se derivan las siguientes hipótesis específicas:

- **H1:** La aplicación del protocolo de redistribución del descanso permitirá un mayor mantenimiento de la velocidad de ejecución, reflejado en una mayor Velocidad Media Propulsiva (VMP) y una menor pérdida de velocidad intra-serie.
- **H2:** El deterioro del rendimiento neuromuscular post-sesión, cuantificado a través de la pérdida de altura en el salto con contramovimiento (CMJ), será significativamente menor tras el protocolo de redistribución del descanso.
- **H3:** Los valores de esfuerzo percibido (RPE) reportados por los sujetos mediante la escala OMNI-RES serán inferiores al finalizar la sesión con redistribución del descanso, a pesar de igualar estrictamente el volumen total y la duración de la sesión tradicional.

4. Metodología

4.1 Diseño

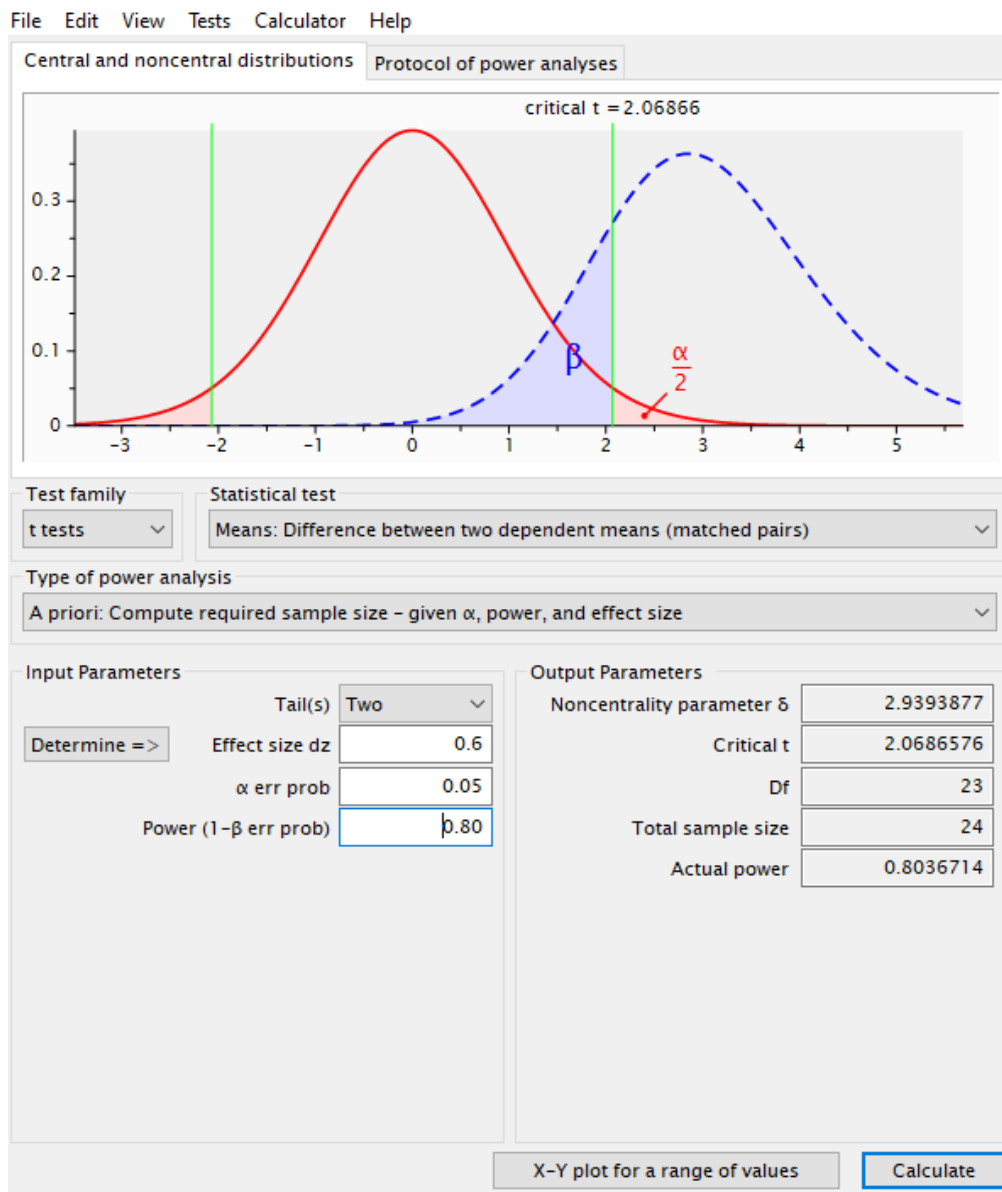
El presente trabajo plantea un diseño de investigación experimental de medidas repetidas, cruzado y aleatorizado (*randomized crossover design*). Este tipo de diseño se considera el “Gold Standard” metodológico para evaluar respuestas agudas, ya que todos los participantes pasarán por ambas configuraciones de entrenamiento (Tradicional y *Rest Redistribution*). De este modo, cada sujeto se compara consigo mismo, eliminando las diferencias previas de fuerza o rendimiento que puedan existir entre distintas personas y haciendo que los resultados sean mucho más fiables (Jukic et al., 2020). Al tratarse de una propuesta de estudio empírico, la intervención no se llevará a cabo físicamente en este momento, sino que se diseña y protocoliza de manera exhaustiva para su futura aplicación y desarrollo.

4.2 Muestra y formación de grupos

La muestra estará compuesta por varones sanos y físicamente activos. El tamaño muestral se determinó mediante el *software* estadístico G*Power (versión 3.1.9.7; Faul et al., 2009). Para este cálculo, se tomó como referencia el metaanálisis de Jukic et al. (2020), el cual analizó los efectos agudos de la redistribución del descanso sobre la velocidad de ejecución, reportando un tamaño del efecto moderado-alto (SMD = 0.60). Al asumir un diseño de medidas repetidas (*t* de Student para muestras relacionadas), con un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ y un poder estadístico del 80% ($1 - \beta = 0.80$). El resultado determinó que se necesitan exactamente 24 participantes para que el estudio tenga validez estadística. Sin embargo, previendo la habitual "mortalidad muestral" (sujetos que se lesionan fuera del estudio, enferman o no asisten a todas las sesiones), el objetivo inicial será reclutar a 28 participantes para asegurar que siempre terminemos con ese mínimo de 24. La elección exclusiva de varones se fundamenta en la necesidad de reducir la variabilidad derivada del ciclo hormonal sobre el rendimiento neuromuscular y abordar el vacío existente en la literatura respecto a las respuestas agudas de esta población específica ante la redistribución del descanso.

Figura 2

*Análisis a priori del tamaño muestral requerido mediante el software estadístico G*Power.*



Nota. Parámetros de entrada utilizados para el cálculo en un diseño de medidas repetidas: tamaño del efecto ($dz = 0.6$), probabilidad de error ($\alpha = 0.05$) y potencia estadística ($1 - \beta = 0.80$). El software determinó un tamaño muestral total de 24 participantes para alcanzar una potencia real de 0.803.

Los criterios de inclusión exigidos para participar serán: a) ser hombre con una edad comprendida entre los 18 y 30 años; b) contar con una experiencia mínima ininterrumpida de dos años en el entrenamiento de fuerza con peso libre orientado a la hipertrofia o la fuerza máxima; c) ausencia de lesiones

musculoesqueléticas u operaciones en los últimos 6 meses; y d) poseer una fuerza relativa mínima en el ejercicio de sentadilla trasera, demostrando la capacidad de movilizar al menos 1.2 veces su propia masa corporal. Para garantizar la seguridad de los deportistas y verificar el cumplimiento de estos criterios, todos los sujetos cumplimentarán el cuestionario Inicial e Historial Deportivo (**ver Anexo A**), además del cuestionario de salud PAR-Q e historial de lesiones previo al inicio del estudio (**ver Anexo B**).

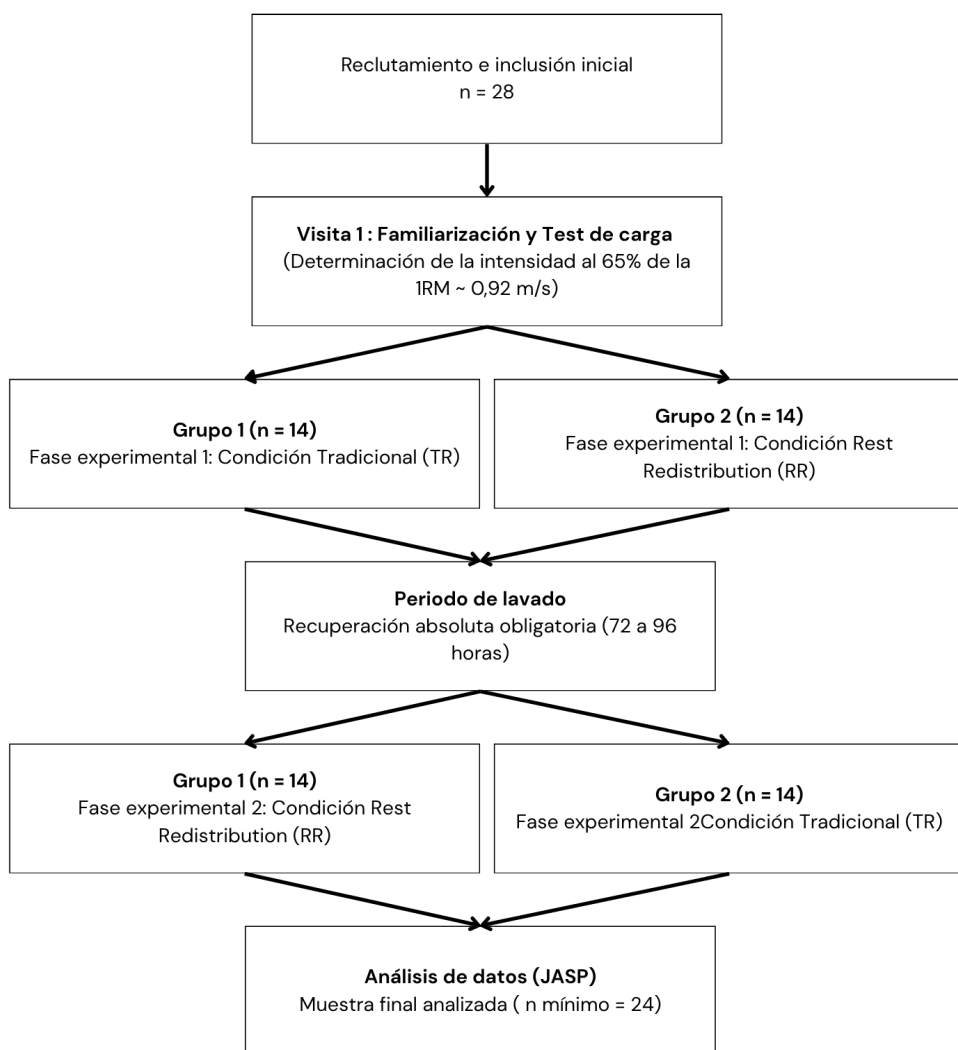
Los sujetos serán asignados a las diferentes secuencias experimentales mediante una aleatorización contrabalanceada (diseño AB/BA), garantizando que exactamente el 50% de la muestra inicie con el modelo de entrenamiento tradicional y el otro 50% con la condición de redistribución de descanso. Esto asegurará un diseño cruzado perfecto, neutralizando posibles sesgos derivados del efecto orden o aprendizaje. Antes de cualquier medición, todos los participantes firmarán un consentimiento informado (**ver Anexo C**) aprobado por el Comité de Ética de la Universidad, respetando en todo momento los principios de la Declaración de Helsinki. Adicionalmente, para asegurar el control riguroso de variables extrañas y factores de confusión, se establecerán pautas estrictas de estandarización previas a cada visita al laboratorio. Los sujetos deberán abstenerse de realizar entrenamientos extenuantes en las 48 horas previas, evitar el consumo de alcohol, cafeína o suplementos estimulantes en las 24 horas anteriores, y mantener sus hábitos regulares de sueño y pautas de hidratación. Además, como la redistribución del descanso funciona gracias a que el músculo recupera la fosfocreatina en las micropausas, se apuntará si algún participante toma suplementos de creatina a diario. A estos sujetos se les exigirá que mantengan exactamente su misma dosis habitual sin hacer cambios durante todo el estudio para que no afecte a los resultados de la fatiga.

Como requisito metodológico fundamental derivado del diseño cruzado, se exigirá a los participantes registrar y consumir exactamente los mismos alimentos y cantidades en las 24 horas previas a la Visita 2 y replicar esa misma ingesta (especialmente la última comida pre-entrenamiento) antes de la Visita 3 (**ver Anexo D**). Esto garantizará que los niveles iniciales de glucógeno muscular sean lo más idénticos posible en ambas condiciones experimentales, evitando que la

dieta actúe como una variable de confusión en la manifestación de la fatiga aguda. Para llevar a cabo el reclutamiento de esta muestra, el equipo investigador se coordinará con la Universidad Europea de Canarias. Realizando breves sesiones informativas al inicio de las clases teóricas en la UEC, explicando los objetivos del estudio y entregando los documentos de consentimiento informado y los cuestionarios PAR-Q a los alumnos que muestren interés y cumplan con los criterios de inclusión.

Figura 3

Esquema de cronológico del estudio experimental



Elaborado por: Vonka, A. y Perdigón, J. (2026)

Nota. Elaboración propia en base a los criterios de aleatorización contrabalanceada (diseño AB/BA) y cruzada. El esquema representa el recorrido cronológico de los participantes desde el principio hasta el final del estudio.

4.3. Variables y material de medida

Para la correcta evaluación de esta propuesta de intervención, se han definido de manera exhaustiva las variables independientes, dependientes y de control. A continuación, se presenta la Tabla 1 con el resumen estructurado de las mismas:

Tabla 1

Resumen de las principales variables del estudio

Tipo de Variable	Variable	Unidad de Medida	Herramienta de Medición
Independiente	Configuración de las series	Condición (TR vs. RR)	Cronómetro de laboratorio
Dependiente	Pérdida de Velocidad	Porcentaje (%)	<i>Encoder Lineal (Vitruve)</i>
Dependiente	Velocidad Media Propulsiva (VMP)	Metros/segundo (m/s)	<i>Encoder Lineal (Vitruve)</i>
Dependiente	Fatiga Neuromuscular (CMJ)	Centímetros (cm) y porcentaje (%)	Aplicación móvil validada (MyJump 2)
Dependiente	Esfuerzo Percibido Global (sRPE)	Escala OMNI-RES (0-10)	Cuestionario impreso
Control	Estandarización previa	Horas / Hábitos	Cuestionario pre-sesión
Control	Profundidad de sentadilla	Grados/Rango articular	Marcador ajustado individualmente

Nota. La pérdida de velocidad se calcula como la caída porcentual respecto a la repetición más rápida de la sesión. El control de la profundidad se estandariza mediante *feedback* táctil en el punto exacto donde el trocánter mayor del fémur sobrepasa la línea superior de la rótula, garantizando la sentadilla completa.

4.3.1. Protocolos de evaluación y materiales

Para garantizar la validez del estudio y la reproducibilidad de los datos, las pruebas se ejecutarán bajo una estricta estandarización biomecánica:

- Cinemática de la Sentadilla (*Encoder Vitruve*, Madrid, España): Este transductor de posición lineal se fijará perpendicularmente al suelo, enganchando el cable retráctil en el extremo derecho de la barra olímpica. Para garantizar la máxima precisión en el control de la intensidad, tanto la barra (20 kg) como los discos de peso empleados, deberán ser calibrados (con un margen de error inferior al 0.1%), lo cual es un requisito indispensable en las investigaciones sobre Entrenamiento Basado en la Velocidad (VBT) (Pérez-Castilla et al., 2019). Durante las sesiones, los sujetos deberán descender bajo un tempo estrictamente controlado (fase excéntrica de 2 segundos, la cual se medirá con la ayuda de un metrónomo auditivo a 60 bpm para asegurar que el tiempo bajo tensión sea siempre igual en cada repetición y evitar que se dejen caer por el cansancio) hasta que el trocánter mayor del fémur sobrepase la línea superior de la rótula. Para asegurar que esta profundidad se mantenga constante e idéntica en todas las repeticiones, se colocará una goma elástica horizontal en los soportes de seguridad del *rack*. Esta goma servirá como *feedback* táctil que el sujeto deberá rozar ligeramente con los glúteos y realizar una pausa isométrica estricta de 1 segundo (esta micropausa tiene como objetivo anular la energía elástica del ciclo estiramiento-acortamiento (CEA), evitando cualquier efecto de rebote). Justo después, deberán realizar la fase concéntrica a la máxima velocidad intencional posible, requisito indispensable para la validez del Entrenamiento Basado en la Velocidad (VBT).

- Salto con Contramovimiento (MyJump 2, Carlos Balsalobre, Madrid, España): Se utilizará el uso de esta aplicación móvil para *smartphone*, la cual ha demostrado una fiabilidad y validez concurrente casi perfectas frente a las plataformas de fuerza tradicionales para la medición del tiempo de vuelo y la altura del salto (Balsalobre-Fernández et al., 2015). Las grabaciones se realizarán utilizando la cámara de alta velocidad del dispositivo (mínimo 240 *fps*) situándose en el plano sagital del sujeto a una distancia de 1.5 metros. Los participantes iniciarán desde una posición de bipedestación erguida, con las manos apoyadas firmemente en las caderas (posición que deberán mantener para anular el impulso de los brazos). Deberán realizar un rápido descenso hasta aproximadamente 90 grados de flexión de rodilla, seguido de una triple extensión explosiva. El investigador seleccionará manualmente el fotograma exacto de despegue y el de aterrizaje (el cual deberá realizarse con rodillas y tobillos extendidos) para que el algoritmo de la aplicación calcule la pérdida de altura respecto al valor basal.
- Índice de Esfuerzo Percibido (OMNI-RES): Se utilizará la escala visual OMNI-RES de 0 a 10, validada específicamente para el entrenamiento de fuerza. (Robertson et al., 2003). Para estandarizar la respuesta, se mostrará la escala OMNI-RES impresa justo 10 minutos después de realizar su última repetición, preguntándole: "*¿Cómo de dura ha sido la sesión de entrenamiento global de hoy?*"

Figura 4

Instrumental técnico y herramientas de medición de las variables del estudio



Nota. De arriba hacia abajo: transductor de posición lineal (Vitrue) utilizado para monitorizar la velocidad de ejecución; interfaz de la aplicación móvil MyJump 2 empleada para evaluar la altura del salto vertical (CMJ); y representación visual de la escala OMNI-RES para el registro de la percepción subjetiva del esfuerzo. Elaboración propia.

4.4 Intervención o procedimiento

El presente estudio constará de un total de tres visitas al laboratorio para cada participante, separadas por un periodo de recuperación de entre 72 y 96 horas para disipar cualquier fatiga residual. Todas las sesiones se llevarán a cabo en la misma franja horaria (± 1 hora) para controlar los ritmos circadianos, y bajo condiciones ambientales estandarizadas (21-23 °C).

4.4.1. Visita 1: Familiarización y determinación de la carga

Durante la primera visita, los sujetos firmarán el consentimiento informado y se registrarán sus datos antropométricos básicos. A continuación, se procederá a la familiarización con la ejecución técnica de la sentadilla trasera y los test de valoración (CMJ y uso de la escala OMNI-RES).

El objetivo principal de esta sesión será determinar la carga individual de entrenamiento. En lugar de utilizar un test de 1RM tradicional, el cual genera una alta fatiga y riesgo de lesión, se realizará un test progresivo de cargas utilizando un *encoder* lineal (Vitruve). Se realizarán series de 2 a 3 repeticiones incrementando la carga progresivamente (saltos de 10-20 kg) hasta identificar la carga exacta (kg) que el sujeto es capaz de movilizar a una Velocidad Media Propulsiva (VMP) de 0.92 m/s. Debido a la dificultad de cuadrar exactamente los 0.92 m/s se establecerá un margen de tolerancia válido de ± 0.03 m/s (es decir, se aceptará la carga que produzca una velocidad estable entre 0.89 m/s y 0.95 m/s).

Basándonos en el perfil carga-velocidad validado científicamente para el ejercicio de sentadilla completa, esta VMP se corresponde de manera muy precisa con una intensidad del 65% de la 1RM, la cual se mantendrá fija para todas las sesiones experimentales (Sánchez-Medina et al., 2017). Con estos datos será posible estimar fácilmente la 1RM del participante aplicando una sencilla operación matemática ($1RM = \text{Carga en kg movilizada} / 0.65$). Gracias a este resultado, podremos verificar de forma segura si el sujeto cumple con el criterio de inclusión de ser capaz de levantar al menos 1,2 veces su masa corporal.

Tabla 2

Relación entre la intensidad (%1RM) y la Velocidad Media Propulsiva (VMP) en el ejercicio de sentadilla trasera

Porcentaje de la 1RM estimado	Velocidad Media Propulsiva (VMP) objetivo
50 %	~ 1.14 m/s
60 %	~ 1.00 m/s
65 %	~ 0.92 m/s
70 %	~ 0.84 m/s
80 %	~ 0.68 m/s
100 %	~ 0.32 m/s

Nota. VMP = Velocidad Media Propulsiva; 1RM = Repetición Máxima. Los valores representan la velocidad a alcanzar en la fase concéntrica. En el presente estudio se utilizará una velocidad objetivo de 0.92 m/s (con un margen de 0.03 m/s) como límite superior de la zona de fuerza-velocidad. Adaptado de "Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise", por L. Sánchez-Medina, J. G. Pallarés, C. E. Pérez, F. J. Navarro-Valdivielso y J. J. González-Badillo, 2017, *Sports Medicine International Open*, 1(02), p. E86.

4.4.2. Protocolo de calentamiento estandarizado

Para las visitas 2 y 3 (sesiones experimentales), todos los sujetos ejecutarán un calentamiento idéntico antes de iniciar los test basales y la intervención. Este consistirá en:

1. Fase de activación general: 5 minutos en cicloergómetro a una carga constante de 60 vatios y 70-80 rpm.
2. Movilidad dinámica: 3 minutos de ejercicios de movilidad articular enfocados en cadera, rodillas y tobillos. (Ej: Dorsiflexión de tobillo,

flexo-extensión de rodilla, 90-90, 90-90 más aducción y abducción de cadera)

3. Aproximación específica en sentadillas: Series de aproximación en el ejercicio de sentadilla, realizando 5 repeticiones al 50%, 3 repeticiones al 70%, y 1 repetición al 85% de la carga previamente establecida (0.92 m/s). Con 90 segundos de recuperación pasiva entre cada serie.
4. Aproximación específica al salto (CMJ): Para evitar mediciones sesgadas en el test basal por falta de activación neuromuscular específica y prevenir el riesgo de lesión, los sujetos realizarán 3 saltos con contramovimiento de familiarización progresiva (2 saltos submáximos aumentando la intensidad y un último salto que esté cerca de su máxima intensidad), con 45 segundos de recuperación entre ellos.

Tras 3 minutos de descanso finalizado el calentamiento, los sujetos realizarán el test basal de CMJ (pre-entrenamiento).

4.4.3. Visitas 2 y 3: Sesiones Experimentales (Condiciones TR y RR)

Los sujetos completarán dos condiciones experimentales en un orden aleatorizado y contrabalanceado. El volumen de trabajo (número total de repeticiones) y el tiempo total de descanso (TTD) estarán estrictamente equiparados entre ambas condiciones para aislar el efecto de la configuración de la serie. Se realizarán un total de 32 repeticiones con un TTD de 540 segundos. Durante todas las series, la pantalla del móvil estará oculta y se quitará el sonido del Vitruve para que los participantes no sepan a qué velocidad van. De esta manera, se evita que el feedback visual o auditivo influya en su psicología y cambie la nota que pongan después en la escala OMNI-RES de esfuerzo percibido.

- Condición Tradicional (TR): Se ejecutarán 4 series de 8 repeticiones. Entre cada una de las series, los sujetos dispondrán de un descanso pasivo (en posición de bipedestación frente al *rack*) de 180 segundos (3 minutos).
- Condición Rest Redistribution (RR): El mismo volumen y descanso se fragmentará para mitigar la fatiga intraserie. Se ejecutarán 8 bloques de 4

repeticiones. El descanso pasivo entre bloques (igualmente será en posición de bipedestación frente al *rack*) será de 77 segundos (resultado de dividir los 540 segundos de descanso total entre los 7 intervalos de pausa).

Inmediatamente después de finalizar la última repetición de cada condición (en un margen inferior a 30 segundos), el sujeto se trasladará a la zona de salto. Se registrarán dos intentos consecutivos de CMJ separados por 10 segundos de micropausa. Para el análisis estadístico de la fatiga neuromuscular, se seleccionará el salto que alcance la mayor altura, descartando el peor intento para evitar sesgos por errores técnicos debidos al agotamiento. Finalmente, 10 minutos más tarde, se recogerá el valor sRPE mediante la escala OMNI-RES (**ver Anexo E**).

A continuación, se detalla la configuración exacta de las intervenciones (Tabla 3).

Tabla 3

Comparativa de las configuraciones de entrenamiento (Volumen y Descanso equiparados)

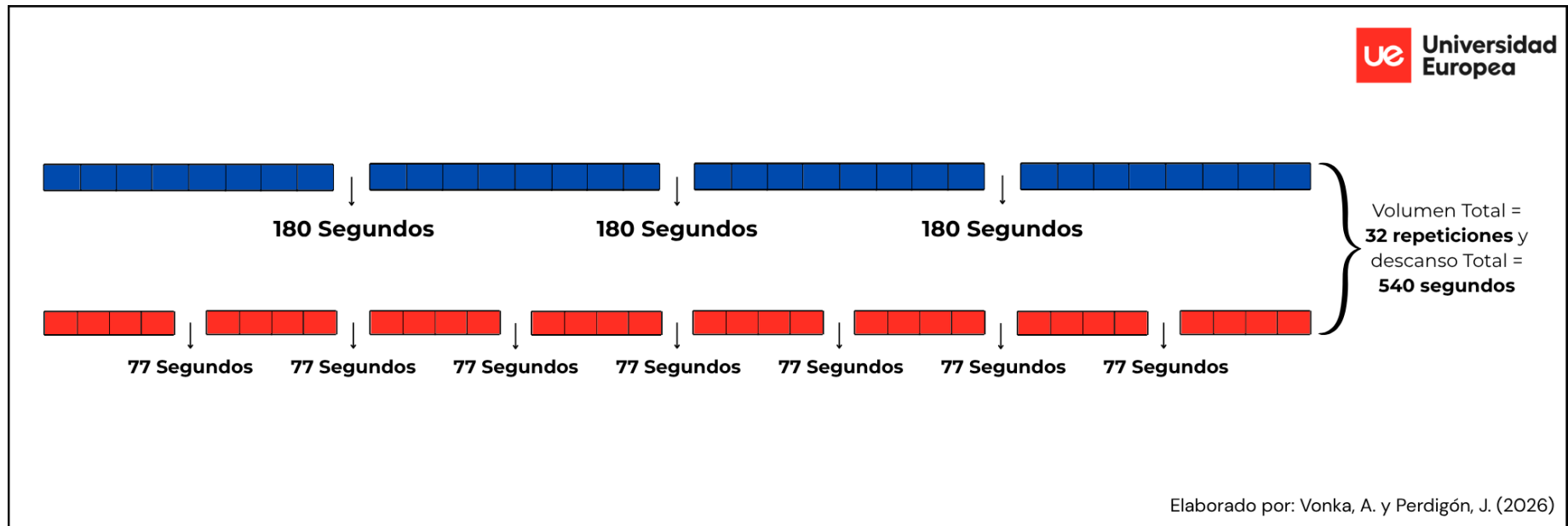
Condición	Series Reps	x	Descanso entre series	Repeticiones Totales	Descanso Total
Tradicional (TR)	4 series de 8 reps		180 segundos	32	540 segundos
Rest Redistribution (RR)	8 bloques de 4 reps		77 segundos	32	540 segundos

Nota. TR = Tradicional; RR = Rest Redistribution (Redistribución del descanso). El descanso total se mantiene constante en ambas condiciones (540 s). En el protocolo RR, el tiempo de descanso entre los 8 bloques de 4 repeticiones se calculó dividiendo el descanso total de la sesión TR entre el número de intervalos creados ($540 \text{ s} / 7 \text{ intervalos} \approx 77 \text{ s}$). La carga absoluta se individualiza

para cada sujeto según su perfil carga-velocidad, utilizando la carga (kg) que permitió alcanzar una velocidad media propulsiva (VMP) de 0.92 m/s.

Figura 5

Configuración de las series y distribución de los intervalos de descanso (TR vs. RR)



Nota. TR = Tradicional; RR = *Rest Redistribution* (Redistribución del descanso). El esquema representa la equiparación del volumen total de trabajo (32 repeticiones) y el descanso total de la sesión (540 s) para ambas condiciones. Elaboración propia.

4.5. Variables, método de medida y temporalización de los datos

Para garantizar la rigurosidad en la recogida de datos y permitir la reproducibilidad del estudio, las variables han sido clasificadas en independientes, dependientes y de control, estableciendo además el momento exacto de la sesión en el que se medirá cada una de ellas.

Variables Independientes (VI): La única variable independiente en este estudio es la configuración de las series de entrenamiento, la cual presenta dos niveles experimentales: Tradicional (TR) y Rest Redistribution (RR).

Variables Dependientes (VD): Se han seleccionado tres variables dependientes para evaluar de forma integral la fatiga del deportista desde tres perspectivas complementarias: cómo afecta al movimiento físico de la barra (nivel mecánico), cómo repercute en el sistema nervioso y muscular (nivel neuromuscular) y cómo percibe el propio sujeto ese nivel de cansancio (nivel perceptual).

1. Respuesta Mecánica (Velocidad): Para garantizar una comparación equitativa entre protocolos de distinta configuración, se analizarán variables cinemáticas globales de la sesión: la Velocidad Media Propulsiva (VMP) de la sesión (promedio de las 32 repeticiones, expresado en m/s) y la Pérdida de Velocidad Total de la sesión (porcentaje de caída entre la repetición más rápida y la más lenta del protocolo). El método de medida será un transductor de posición lineal (Vitruve), que registrará la cinemática de la barra en tiempo real.

2. Fatiga Neuromuscular Periférica (CMJ): Se evaluará a través de la pérdida de altura en el salto con contramovimiento (CMJ), expresada en centímetros (cm) y porcentaje de pérdida (%). Se utilizará la aplicación validada MyJump 2, analizando el tiempo de vuelo a través de la grabación en alta velocidad.

3. Fatiga Perceptual y Global (sRPE): Se medirá el Índice de Esfuerzo Percibido de la Sesión utilizando la escala visual OMNI-RES (0-10), validada para el entrenamiento de fuerza.

Variables de Control (VC): Para aislar el efecto de la variable independiente (VI), se mantendrán constantes: la intensidad absoluta (carga equivalente a ~ 0.92

m/s), el volumen total (32 repeticiones), el tiempo de descanso total (540 s), la profundidad de la sentadilla (estandarizada individualmente) y las condiciones previas de los sujetos (descanso y nutrición).

4.5.1. Frecuencia y tiempo de toma de datos

El momento cronológico en el que se recogen los datos es crítico en este diseño agudo. A continuación, se presenta la Tabla 4, la cual sintetiza la temporalización de las mediciones durante las sesiones experimentales (Visitas 2 y 3).

Tabla 4

Resumen de las variables, métodos y temporalización de la recogida de datos

Variable	Tipo de Variable	Instrumento / Método	Frecuencia	Tiempo exacto de medición
VMP y Pérdida de Velocidad	Dependiente (Mecánica)	Encoder lineal (Vitruve)	Continua	Durante cada una de las 32 repeticiones de la sesión. Pre-test: 3 min después del calentamiento.
Altura CMJ	Dependiente (Neuromuscular)	MyJump 2 (Smartphone a 240 fps)	2 veces por sesión	Post-test: < 30 segundos tras finalizar la última repetición del protocolo.

sRPE	Dependiente (Perceptual)	Escala visual OMNI-RES	1 vez por sesión	Exactamente 10 minutos después de finalizar la última repetición del protocolo.
Profundidad de Sentadilla	Control (Biomecánica)	Gomas elásticas horizontal (<i>Feedback</i> táctil)	Continua	En cada repetición, durante la fase excéntrica (validación visual/táctil por el investigador).

Nota. VMP = Velocidad Media Propulsiva; CMJ = Countermovement Jump (salto con contramovimiento); sRPE = Percepción subjetiva del esfuerzo de la sesión; OMNI-RES = Escala de medición del esfuerzo percibido en entrenamiento de fuerza (0-10). La pérdida de velocidad se calcula como el porcentaje de caída desde la repetición más rápida de la sesión. El uso de gomas elásticas garantiza que la profundidad de la fase excéntrica sea constante en todas las condiciones experimentales.

4.6 Análisis de datos

El tratamiento y análisis estadístico de los datos se realizará utilizando el *software* de código abierto JASP (versión 0.18.3). Inicialmente, se llevará a cabo un análisis descriptivo de todas las variables, presentando los resultados como media $\pm$ desviación típica (DT) e intervalos de confianza del 95% (IC 95%). Para determinar la normalidad en la distribución de los datos y confirmar el cumplimiento de los supuestos paramétricos, se aplicará la prueba de Shapiro-Wilk, considerando que el tamaño muestral estimado es inferior a 50 sujetos.

Una vez confirmada la distribución normal, para analizar la cinética de la fatiga a lo largo del tiempo, se utilizará un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas de dos vías (Condición $\times$ Bloque) sobre la Velocidad Media Propulsiva (VMP). Por otro lado, se empleará la prueba *t* de Student para muestras relacionadas (*paired samples t-test*) para comparar las diferencias

globales entre las dos secuencias experimentales (Tradicional vs. Rest Redistribution) en las variables dependientes principales: Promedio total de la Velocidad Media Propulsiva (VMP) de la sesión, porcentaje de Pérdida de Velocidad Total, pérdida de altura en el CMJ y el sRPE. En caso de que alguna variable no cumpla con el supuesto de normalidad, se utilizará la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon.

Para cuantificar la magnitud de las diferencias encontradas con significación práctica, se calculará el tamaño del efecto mediante el eta cuadrado parcial para el ANOVA y mediante la d de Cohen para la prueba t de medidas repetidas. Los valores del tamaño del efecto para la d de Cohen se interpretarán siguiendo los umbrales estándar: trivial (< 0.20), pequeño ($0.20 - 0.49$), moderado ($0.50 - 0.79$) y grande (> 0.80). El nivel de significación estadística para todos los análisis se establecerá en $p < 0.05$.

4.7 Equipo investigador

El equipo encargado de llevar a cabo la presente propuesta de investigación está compuesto por los alumnos Alexander Vonka Reyes y Jairo Perdigón Rodríguez, futuros graduados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte por la Universidad Europea de Canarias. Ambos asumirán el rol de investigadores principales (IP). Sus responsabilidades abarcarán el reclutamiento y selección de la muestra, la dirección de las sesiones de entrenamiento, la manipulación de los instrumentos de medida (*encoder* lineal Vitruve y aplicación MyJump 2) y el registro y procesamiento de los datos obtenidos.

Para garantizar la rigurosidad, seguridad y estandarización de las mediciones, ambos investigadores llevarán a cabo sesiones previas de familiarización mutua con el uso del transductor de posición lineal y la aplicación de análisis biomecánico de saltos, asegurando así una alta fiabilidad interevaluador durante el proceso de toma de datos.

El proyecto estará bajo la supervisión directa y continua del tutor académico, Jorge Miguel González Hernández, experto en la materia. Su rol consistirá en el asesoramiento metodológico, la revisión de los protocolos de

intervención y la validación de la interpretación de los datos estadísticos, garantizando que el desarrollo del estudio cumpla con los máximos estándares de calidad y ética científica exigidos por la institución.

5. Viabilidad del estudio

La viabilidad del presente proyecto de investigación se considera positiva y factible tras haber evaluado de manera exhaustiva los aspectos técnicos, económicos y logísticos que intervienen en el proyecto. En primer lugar, desde la perspectiva técnica y de recursos humanos, el estudio cuenta con el firme respaldo de la Universidad Europea de Canarias, lo que garantiza el acceso a las instalaciones para la ejecución de los protocolos de fuerza en condiciones estandarizadas.

A su vez, esta viabilidad se ve potenciada al disponer de la tutorización y asesoramiento de Jorge Miguel González Hernández, doctor en ciencias de la actividad física y el deporte que, además de su labor docente e investigadora, ejerce actualmente como preparador físico en el entorno del alto rendimiento (Club Deportivo Tenerife B), proporcionando a la investigación un rigor excepcional.

Por otra parte, la viabilidad económica se ve respaldada por el uso de instrumentos de medición altamente accesibles pero validados científicamente, lo que evita la dependencia de costosos equipos de laboratorio biomecánico. Concretamente, la cuantificación de la fatiga aguda se realizará mediante un *encoder* lineal comercial (Vitruve), el control de la velocidad basada en el entrenamiento (VBT) y la aplicación móvil *MyJump 2* para registrar la pérdida de altura en el salto (CMJ). Asimismo, el planteamiento de un diseño experimental cruzado y aleatorizado (*randomized crossover design*) aporta un gran rigor metodológico y optimiza los recursos disponibles; al pasar cada participante por ambas condiciones de descanso, el sujeto actúa como su propio control, disminuyendo notablemente el tamaño muestral requerido para obtener resultados concluyentes y fiables.

Tabla 5
Presupuesto estimado para la ejecución del diseño de investigación

Categoría y Concepto	Cantidad	Coste Unitario (€)	Coste Total (€)
1. Equipamiento e Infraestructura			
Transductor de posición lineal (Vitruve)	1 unidad	449,00 €	449,00 €
Alquiler de instalaciones con material calibrado	90 horas	20,00 €	1.800,00 €
Material (Gomas elásticas, impresiones de test)	1 lote	50,00 €	50,00 €
2. Software y Licencias			
Aplicación de análisis biomecánico (MyJump 2 / Lab)	1 licencia	19,99 €	19,99 €
3. Recursos Humanos			
Trabajo de campo y análisis (2 Investigadores)	260 horas	15,00 €	3.900,00 €

**Total Estimado del
Proyecto****6.218,99 €**

Nota. Los costes asociados a los Recursos Humanos y al *software* de código abierto (JASP) representan una estimación del valor real del proyecto en un entorno profesional, aunque no supondrán un desembolso financiero directo al tratarse de una investigación de carácter académico. El alquiler de instalaciones contempla la subcontratación de un centro de alto rendimiento en Tenerife que garantice la disponibilidad de barras y discos olímpicos calibrados, requisito metodológico indispensable para el Entrenamiento Basado en la Velocidad (VBT).

A pesar de las fortalezas observadas, se contemplan algunas dificultades en el desarrollo práctico de la propuesta. El principal desafío se encuentra en el reclutamiento de la muestra debido a que los criterios de inclusión exigen que los sujetos sean hombres entrenados capaces de levantar al menos 1,2 veces su masa corporal en el ejercicio de sentadilla trasera. Esto conlleva una alta exigencia física y un riesgo mínimo de sobrecargas o lesiones durante estas evaluaciones máximas, lo que supondría la pérdida de participantes. A esto se le suma la dificultad del control de variables externas, como puede ser la de garantizar que todos los sujetos acudan a las sesiones sin fatiga residual, obligando a monitorizar no solo sus entrenamientos sino también sus patrones de sueño, su nutrición y la abstinencia de cafeína o sustancias que sean estimulantes en las horas previas a las evaluaciones. Por último, cabe destacar que nos encontramos con la limitación técnica vinculada a la aplicación del VBT, ya que es indispensable que cada sujeto aplique de forma correcta la máxima velocidad concéntrica intencional en cada repetición para asegurar que los datos registrados sean fiables y no dependan de la intención que ponga el participante en ese momento.

Para dar respuesta a estas limitaciones y asegurar la realización exitosa del proyecto se han establecido planes de contingencia para cada posible escenario. En primer lugar, se reclutan a 28 participantes, aumentando la muestra de 24 sujetos que fue estimada en el cálculo estadístico a priori (GPower) para así, darle solución al riesgo de lesiones o sobrecargas musculares. En segundo lugar, el control de las variables externas se llevará a cabo a través de una guía sobre directrices específicas del descanso y alimentación, reforzada con

recordatorios cada 48 y 24 horas previas a cada sesión. La captación se realizará con los estudiantes de la Universidad Europea de Canarias, ofreciéndoles como incentivo un informe individualizado de su perfil de rendimiento. Finalmente, para solventar la barrera técnica de la velocidad intencional, se realizará una primera visita obligatoria de familiarización donde el equipo investigador supervisará la técnica de ejecución, garantizando así la calidad y homogeneidad de los datos recogidos en las sesiones experimentales.

Tabla 6

Cronograma de ejecución y temporalización del diseño de estudio

Fase / Semana	Tarea Principal	Acciones Específicas	Observaciones Críticas
Semana 1	Reclutamiento y Selección	Charlas informativas en. Firma de Consentimientos Informados. Cumplimentación de PAR-Q e historial de lesiones.	Objetivo inicial: Captar al menos 28 sujetos sanos con experiencia para asegurar una muestra final de 24.
Semana 2	Visita 1: Familiarización y Carga	Control de peso y altura. Familiarización con sentadilla, MyJump 2 y OMNI-RES. Test progresivo con <i>encoder</i> para fijar carga a ~0.92 m/s.	Sesión individualizada. Asegurar que la goma elástica se ajusta a cada sujeto para marcar la profundidad correcta
Semana 3	Aleatorización y Control previo	Asignación aleatorizada cruzada (Diseño AB/BA). Envío de directrices de control (sueño, nutrición, abstinencia de esfuerzo y cafeína).	14 sujetos empezarán por Tradicional (TR) y 14 por Rest Redistribution (RR).

Semana 4	Visita 2: Primera Sesión Experimental	Calentamiento estandarizado. Test CMJ basal. Protocolo TR o RR (según asignación). CMJ post-sesión (<30s) y OMNI-RES (a los 10 min).	Registro nutricional estricto 24h antes para replicarlo exactamente en la Visita 3.
Semana 4-5	Período de Lavado (Washout)	Descanso absoluto de los sujetos entre visitas.	Recuperación obligatoria de 72 a 96 horas para disipar la fatiga aguda.
Semana 5	Visita 3: Segunda Sesión Experimental	Mismo procedimiento que en la Visita 2, pero aplicando la configuración contraria (<i>Crossover</i>).	Es fundamental verificar que el sujeto ha replicado su ingesta nutricional y descanso.
Semana 6	Procesamiento de Datos	Vaciado de datos del <i>encoder Vitruve</i> y <i>MyJump 2</i> . Limpieza de la base de datos.	Verificar que no falten valores de VMP ni de salto de ningún sujeto.
Semana 7	Análisis Estadístico (JASP)	Análisis descriptivo. Prueba Shapiro-Wilk (normalidad). <i>t</i> de Student (o Wilcoxon) y <i>d</i> de Cohen.	Búsqueda de diferencias significativas ($p < 0.05$) entre configuraciones.

Nota. Planificación temporal distribuida en semanas para la fase de captación, intervención y análisis de datos del estudio. Elaboración propia.

6. Conclusiones

El presente Trabajo de Fin de Grado nos ha permitido diseñar de manera un protocolo experimental cruzado y aleatorizado diseñado para comparar los efectos agudos de la redistribución del descanso (RR) frente a la estructura de series tradicionales (TR) en el entrenamiento de fuerza en hombres entrenados, igualando de manera estricta tanto el volumen como el tiempo de descanso.

A nivel metodológico, el uso de herramientas accesibles y validadas como el encoder Vitruve, la aplicación MyJump 2 y la escala OMNI-RES, la propuesta busca demostrar que es posible reducir el cansancio muscular y mantener la velocidad de ejecución sin necesidad de aumentar la duración total de la sesión de entrenamiento.

En definitiva, la propuesta evidencia la importancia de gestionar estratégicamente los tiempos de recuperación para disminuir el esfuerzo percibido y mantener la calidad del estímulo durante todo el entrenamiento. Demostrando que en el alto rendimiento programar los descansos es una variable tan crítica como el volumen de trabajo.

7. Contribución de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

El presente Trabajo de Fin de Grado se encuentra completamente alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas (Pacto Mundial de las Naciones Unidas España, s.f.). Aunque el diseño de este estudio se enmarca dentro del ámbito del alto rendimiento y el entrenamiento de fuerza en sujetos entrenados, sus implicaciones metodológicas y prácticas trascienden hacia la promoción de un deporte más seguro, tecnológico y fundamentado en la evidencia científica.

En primer lugar, la propuesta contribuye de manera directa al ODS 3: Salud y Bienestar, cuyo propósito es garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades (Pacto Mundial de las Naciones Unidas España, s.f.). En el contexto deportivo, la acumulación excesiva de fatiga neuromuscular durante las sesiones de fuerza tradicionales aumenta exponencialmente el riesgo de sufrir lesiones musculoesqueléticas y de sobreentrenamiento (Hooper et al., 2014). Al plantear un protocolo basado en la redistribución del descanso (RR), este trabajo busca proporcionar a los preparadores físicos una herramienta metodológica que permita mantener la intensidad y la calidad del estímulo, minimizando la fatiga neuromuscular. De esta forma, se fomenta una práctica deportiva mucho más segura para el atleta, previniendo a la persona de posibles lesiones y prolongando su salud deportiva a largo plazo.

En segundo lugar, el proyecto guarda una estrecha vinculación con el ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura (Pacto Mundial de las Naciones Unidas España, s.f.). La metodología de este diseño de estudio destaca por la utilización de tecnologías emergentes aplicadas al control de las cargas. La utilización de dispositivos comerciales como el *encoder* lineal Vitruve para monitorizar la velocidad basada en el entrenamiento (VBT), junto con aplicaciones móviles validadas científicamente como *MyJump 2* para medir la fatiga a través del salto vertical, representa una clara apuesta por la innovación tecnológica. Esto nos ayuda a demostrar que ya no es estrictamente necesario disponer de complejas y costosas infraestructuras de laboratorio para realizar un control exhaustivo y preciso del rendimiento humano, si no que con herramientas al alcance de la mayoría de personas se pueden realizar estudios biomecánicos de manera eficaz

Por último, destacar el ODS 4: Educación de Calidad (Pacto Mundial de las Naciones Unidas España, s.f.). La generación de este protocolo experimental no solo supone un ejercicio académico de rigor para nosotros, sino que aporta conocimiento actualizado y de base científica al campo de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Al investigar y proponer alternativas eficientes frente a los métodos de entrenamiento tradicionales, se dota a los futuros profesionales, entrenadores y educadores físicos de recursos contrastados científicamente para mejorar la calidad de sus entrenamientos y planificaciones. Fomentando una educación deportiva basada en la evidencia, alejándose de prácticas empíricas sin fundamento y elevando el estándar de calidad en la preparación física profesional.

8. Referencias bibliográficas

- Arazi, H., Khoshnoud, A., Asadi, A., & Tufano, J. J. (2021). The effect of resistance training set configuration on strength and muscular performance adaptations in male powerlifters. *Scientific Reports*, 11(1), 7844. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87372-y>
- García-Ramos, A., González-Hernández, J. M., Baena-Pelegrín, E., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Bouldosa, D., Haff, G. G., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Mechanical and metabolic responses to traditional and cluster set configurations in the bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(3), 663–670. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002301>
- González-Hernández, J. M., García-Ramos, A., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Marquez, G., Bouldosa, D., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Mechanical, metabolic, and perceptual acute responses to different set configurations in full squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(6), 1581–1588. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002117>
- González-Hernández, J. M., Jimenez-Reyes, P., Janicijevic, D., Tufano, J. J., Marquez, G., & Garcia-Ramos, A. (2023). Effect of different intersets rest intervals on mean velocity during the squat and bench press exercises. *Sports Biomechanics*, 22(7), 834–847. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1766102>
- Jukic, I., García-Ramos, A., Helms, E. R., McGuigan, M. R., & Tufano, J. J. (2020). Acute effects of cluster and rest redistribution set structures on mechanical, metabolic, and perceptual fatigue during and after resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 50(12), 2209–2236. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01344-2>
- Latella, C., Teo, W.-P., Drinkwater, E. J., Kendall, K., & Haff, G. G. (2019). The acute neuromuscular responses to cluster set resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(12), 1861–1877. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01172-z>

Merrigan, J. J., Tufano, J. J., Oliver, J. M., White, J. B., Fields, J. B., & Jones, M. T. (2020). Reducing the loss of velocity and power in women athletes via rest redistribution. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(2), 266–273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0264>

Mora-Custodio, R., Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Sánchez-Moreno, M., Pareja-Blanco, F., & González-Badillo, J. J. (2018). Effect of different inter-repetition rest intervals across four load intensities on velocity loss and blood lactate concentration during full squat exercise. *Journal of Sports Sciences*, 36(24), 2839–2848. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1480052>

Morales-Artacho, A. J., García-Ramos, A., Pérez-Castilla, A., Padial, P., Gomez, A. M., Peinado, A. M., Pérez-Córdoba, J. L., & Feriche, B. (2019). Muscle activation during power-oriented resistance training: Continuous vs. cluster set configurations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7S), S95–S102. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002811>

Torrejón, A., Janicijevic, D., Haff, G. G., & García-Ramos, A. (2019). Acute effects of different set configurations during a strength-oriented resistance training session on barbell velocity and the force-velocity relationship in resistance-trained males and females. *European Journal of Applied Physiology*, 119(7), 1599–1608. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04131-8>

Tufano, J. J., Halaj, M., Kampmiller, T., Novosad, A., & Buzgo, G. (2018). Cluster sets vs. traditional sets: Levelling out the playing field using a power-based threshold. *PLoS ONE*, 13(11), e0208035. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208035>

González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(05), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>

Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Locket, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>

Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., & Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(2), 333–341. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>

Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., & García-Ramos, A. (2019). Precision of the Speed4Lifts linear velocity transducer for measuring barbell velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(10), 2658-2665. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002736>

Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149-1160. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>

Sánchez-Medina, L., Pallarés, J. G., Pérez, C. E., Navarro-Valdivielso, F. J., & González-Badillo, J. J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Medicine International Open*, 1(02), E80–E88. <https://doi.org/10.1055/s-0043-114008>

Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy, H. K. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling. *Journal of Applied Physiology*, 79(5), 1659–1667. <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.79.5.1659>

Dawson, B., Fitzsimons, M., Green, S., Boutcher, S., Goodman, C., & Ward, D. (1997). Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(2), 163–169. <https://doi.org/10.1007/s004210050141>

Glaister, M. (2005). Multiple sprint work: Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 35(9), 757–777. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535090-00003>

Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: What, why and how it influences muscle function. *The Journal of Physiology*, 586(1), 11–23. <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1113/jphysiol.2007.139477>

Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725–1789. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>

Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>

Pacto Mundial de las Naciones Unidas España. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. <https://www.pactomundial.org/que-puedes-hacer-tu/ods/>

Hooper, D. R., Szivak, T. K., Comstock, B. A., Dunn-Lewis, C., Apicella, J. M., Kelly, N. A., Creighton, B. C., Flanagan, S. D., Looney, D. P., Volek, J. S., Maresh, C. M., & Kraemer, W. J. (2014). Effects of fatigue from resistance training on barbell back squat biomechanics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 1127–1134. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000237>

9. Anexos

Anexo A

Cuestionario Inicial e Historial Deportivo

Instrucciones para el participante:

El presente cuestionario tiene como objetivo verificar si cumples con los requisitos científicos necesarios para participar en este estudio sobre entrenamiento de fuerza. Por favor, lee detenidamente y responde con la mayor precisión posible. La información recogida será tratada de forma estrictamente confidencial.

Datos personales y antropométricos básicos:

- Nombre y apellidos: _____
- Fecha de nacimiento: _____ (Edad: _____ años)
- Masa corporal aproximada (kg): _____

Historial de Entrenamiento:

1. ¿Tienes experiencia previa e ininterrumpida en el entrenamiento de fuerza con peso libre (barras y discos)?

Sí: _____

No: _____

2. En caso afirmativo, ¿cuántos años llevas entrenando de forma regular y planificada con objetivos de hipertrofia o fuerza máxima?

Menos de 1 año: _____

Entre 1 y 2 años: _____

Más de 2 años: _____

3. ¿Estás familiarizado/a con la técnica correcta del ejercicio de Sentadilla Trasera profunda (Full Back Squat)?

Sí, es un ejercicio habitual en mis rutinas: _____

No, rara vez lo realizó o no domino la técnica: _____

Nivel de Fuerza (Criterio de inclusión):

Para este estudio se requiere un nivel mínimo de fuerza relativa. Necesitamos saber si actualmente eres capaz de movilizar cargas pesadas en la sentadilla.

4. ¿Cuál es tu marca máxima estimada (1RM) o el peso máximo que recuerdas haber levantado recientemente en sentadilla trasera para 1-4 repeticiones?

- Carga máxima estimada: _____ kg a _____ repeticiones.

Declaración de veracidad:

Confirmando que los datos proporcionados sobre mi historial deportivo son ciertos y reflejan mi estado de forma actual.

Firma del candidato: _____ **Fecha:** __/__/2026

Anexo B

Cuestionario de Aptitud para la Actividad Física (PAR-Q) e Historial de Lesiones

Instrucciones: Por favor, responda a las siguientes preguntas con total sinceridad. Este cuestionario es confidencial y tiene como único objetivo garantizar su seguridad durante las pruebas de esfuerzo del estudio.

N.º	Pregunta	SÍ	NO
1	¿Le ha dicho alguna vez un médico que tiene una enfermedad cardíaca y que solo debe hacer actividad física recomendada por un profesional sanitario?		
2	¿Siente dolor en el pecho cuando realiza actividad física o esfuerzos intensos?		
3	En el último mes, ¿ha tenido dolor en el pecho cuando NO hacía actividad física?		
4	¿Pierde el equilibrio debido a mareos o se ha desmayado/perdido el conocimiento alguna vez?		
5	¿Tiene algún problema óseo, articular o muscular (especialmente en columna, cadera o rodilla) que pudiera empeorar por la ejecución de la sentadilla profunda con carga?		

6	¿Le receta su médico actualmente medicamentos para la presión arterial o para alguna afección cardíaca?		
7	¿Ha sufrido alguna lesión o cirugía en el miembro inferior (tobillo, rodilla, cadera) en los últimos 6 meses que le impida entrenar al 100% de su capacidad?		
8	¿Existe alguna otra razón médica o física no mencionada por la cual no deba participar en este protocolo de entrenamiento de fuerza?		

*Si ha respondido **SÍ** a alguna de las preguntas anteriores, por razones de seguridad quedará excluido del presente estudio de investigación.*

Nombre y apellidos: _____

Firma del participante: _____ **Fecha:** ____ / ____ / 2026

Anexo C

Documento de Consentimiento Informado

Título del Estudio: Efectos agudos de la redistribución del descanso frente a series tradicionales sobre el mantenimiento de la velocidad y la fatiga neuromuscular en hombres entrenados.

Investigadores: Jairo Perdigón y Alexander Vonka.

Institución: Universidad Europea de Canarias.

1. Objetivo del estudio: El objetivo de este proyecto de investigación es comparar cómo dos estructuras diferentes de entrenamiento (series tradicionales frente a la redistribución del descanso), con el mismo volumen y tiempo total de recuperación, afectan a la fatiga durante el ejercicio de sentadilla, medida a través de la pérdida de velocidad.

2. Procedimientos: Si aceptas participar, se te pedirá que asistas a 3 sesiones en total:

- **Visita 1:** Sesión de familiarización y determinación de la carga individual para alcanzar una Velocidad Media Propulsiva (VMP) de 0.92 m/s.
- **Visitas 2 y 3 (Sesiones experimentales):** Realizarás dos protocolos de entrenamiento diferentes en días separados (con al menos 48-72h de descanso). Ambos consisten en 32 repeticiones totales de sentadilla, pero los descansos estarán repartidos de forma diferente (4 bloques de 8 repeticiones o 8 bloques de 4 repeticiones).
- Durante las sesiones, se medirá la velocidad de la barra con un *encoder* (Vitruve), se evaluará tu capacidad de salto (CMJ) antes y después del entrenamiento, y se te preguntará tu percepción del esfuerzo mediante una escala del 0 al 10.

3. Riesgos y molestias posibles: Al tratarse de un protocolo de entrenamiento de fuerza, es posible que experimentes fatiga muscular aguda durante la sesión y dolor muscular de aparición tardía (agujetas) en los días posteriores. Existe el riesgo inherente de lesión asociado al entrenamiento con cargas, aunque este se

minimizará mediante la supervisión constante de los investigadores, un calentamiento estandarizado y el control de la profundidad del movimiento.

4. Beneficios: No recibirás compensación económica por participar. Sin embargo, se te proporcionará un informe detallado con tu perfil de velocidad y datos de rendimiento en el salto vertical, lo cual puede ser útil para tu propio entrenamiento.

5. Confidencialidad y protección de datos: Tus datos serán tratados de forma estrictamente confidencial, conforme a la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. A tus datos se les asignará un código numérico para mantener el anonimato en los análisis estadísticos y en la publicación de los resultados.

6. Participación voluntaria: Tu participación es completamente voluntaria. Tienes el derecho de negarte a participar o de retirar tu consentimiento y abandonar el estudio en cualquier momento, sin tener que dar explicaciones y sin que ello suponga ninguna penalización.

DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO

He leído y comprendido la información proporcionada sobre los objetivos, procedimientos y riesgos de este estudio. He tenido la oportunidad de hacer preguntas y estas han sido respondidas a mi entera satisfacción.

Comprendo que mi participación es voluntaria y que puedo retirarme en cualquier momento. Por la presente, doy mi consentimiento libre e informado para participar en esta investigación.

Nombre y apellidos del participante:

DNI / NIE: _____ **Fecha:** ____ / ____ / 2026

Firma del participante: _____

Firma del investigador principal: _____

Anexo D

Diario de Registro Nutricional de 24 Horas

Instrucciones para el participante:

Para que los resultados de las evaluaciones físicas sean válidos y precisos, es fundamental que tus niveles de energía sean idénticos en las dos sesiones experimentales. Por favor, anota con el mayor nivel de detalle posible (indicando cantidades en gramos o mililitros) todos los alimentos, bebidas y suplementos que consumas durante las 24 horas previas a la Visita 2.

Es muy importante que conserves este documento, ya que deberás usarlo como guía para replicar exactamente esta misma ingesta y sus horarios durante las 24 horas previas a tu Visita 3.

Datos del participante:

- Nombre y apellidos: _____
- Fecha de registro (Previa a la Visita 2): _____
- Fecha de réplica (Previa a la Visita 3): _____

Registro de Ingestas:

Por favor, detalla a continuación el horario, la descripción de los alimentos y la cantidad exacta para cada comida del día.

• Desayuno

- Hora:
- Alimentos y cantidades:

• Media mañana

- Hora:

- Alimentos y cantidades:

- **Almuerzo**

- Hora:

- Alimentos y cantidades:

- **Merienda**

- Hora:

- Alimentos y cantidades:

- **Cena**

- Hora:

- Alimentos y cantidades:

- **Ingesta pre-entrenamiento (2-3 horas antes de la sesión)**

- Hora:

- Alimentos y cantidades:

- **Cantidad aproximada de agua consumida a lo largo de las 24 horas:**

Observaciones o incidencias:

Utiliza este espacio para anotar cualquier detalle relevante, como posibles molestias estomacales, consumo de alguna medicación o si, por algún motivo de fuerza mayor, te ha resultado imposible replicar con exactitud algún alimento durante tu Visita 3.

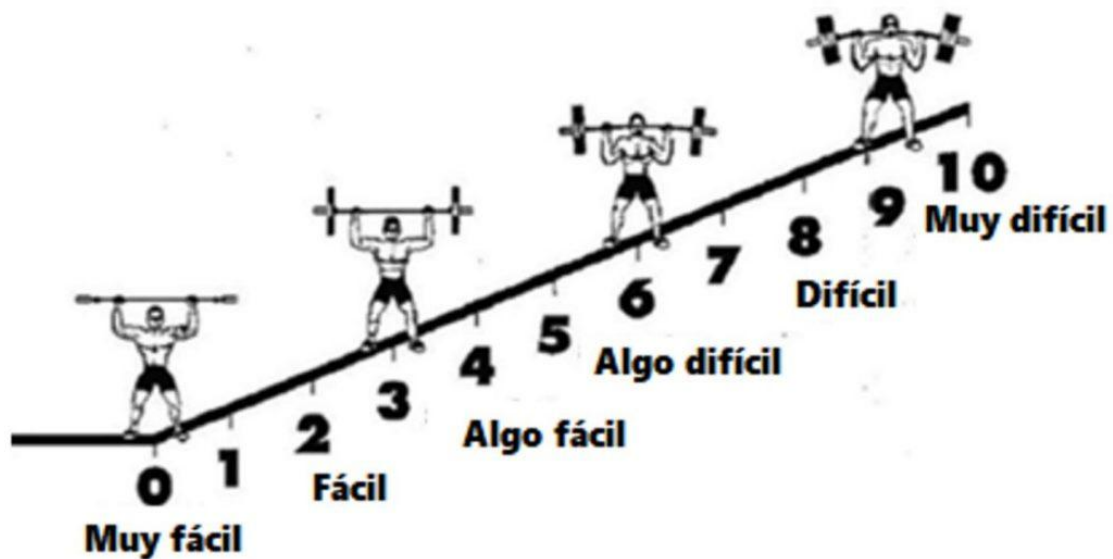
Declaración de cumplimiento:

Confirmando que he replicado la ingesta nutricional detallada en este documento antes de realizar la Visita 3.

Firma del participante: _____

Anexo E

Escala de Percepción Subjetiva del Esfuerzo OMNI-RES



Nota. Escala utilizada para registrar el sRPE (esfuerzo percibido de la sesión) 10 minutos después de finalizar el protocolo de entrenamiento.