

## Optimizando el rendimiento: efecto del entrenamiento isoinercial en futbolistas sub-16

### Optimizing performance: isoinertial training in under-16 soccer players

Ronnie Paredes-Gómez, Verónica Potosí-Moya, Christopher Solano-Díaz, Cosme Mejía-Echeverría

Universidad Técnica del Norte (Ecuador)

**Resumen.** El entrenamiento con sobrecarga excéntrica goza de efectos en la mejora y optimización de la fuerza muscular e hipertrofia muscular, incidiendo sobre las capacidades físicas. La guía y el cuidado del deportista influye en su trayectoria deportiva y es necesario generar beneficios desde las edades tempranas. El objetivo general de la investigación fue evaluar el impacto del entrenamiento isoinercial en el rendimiento físico y deportivo de futbolistas sub-16, con el fin de optimizar sus capacidades físicas asociadas a la velocidad, agilidad y altura del salto. Fue un estudio de diseño cuasiexperimental, de corte longitudinal realizado en una población de 43 futbolistas escogidos en dos escuelas formativas; se utilizó el test de salto vertical para la fuerza explosiva, prueba T para la agilidad y la prueba de sprint recto de 10 m para la velocidad. Durante el seguimiento se aplicó el protocolo de entrenamiento de sobrecarga excéntrica durante 6 semanas. Los resultados obtenidos mostraron que el grupo experimental (GE) presenta diferencias significativas entre el preentrenamiento y el postentrenamiento de las tres variables estudiadas ( $p < 0,05$ ) a diferencia del grupo control (GC) que no presenta diferencia significativa entre estas fases. En conclusión, el entrenamiento excéntrico isoinercial facilita las mejoras en las cualidades deportivas de agilidad, velocidad y altura del salto, se recomienda realizar el entrenamiento por al menos 7 semanas con estímulos de carga superiores a las 4 series de 8 repeticiones y un RPE  $> 7$ .

**Palabras Clave:** sobrecarga excéntrica, isoinercial, altura del salto, cuádriceps, entrenamiento

**Abstract.** Eccentric overload training is known for its effects on improving and optimizing muscle strength and hypertrophy, impacting physical capacities. The guidance and care of athletes influence their sports career, and it is necessary to generate benefits from an early age. The general objective of this research was to evaluate the impact of iso-inertial training on the physical and sports performance of sub-16 soccer players to optimize their physical capacities associated with speed, agility, and jump height. This was a quasi-experimental, longitudinal study conducted on a population of 43 soccer players selected from two training schools. The vertical jump test was used for explosive strength, the T-test for agility, and the 10-meter straight sprint test for speed. During the follow-up, the eccentric overload training protocol was applied for 6 weeks. The results showed that the experimental group (EG) presented significant differences between the pre-training and post-training phases for the three studied variables ( $p < 0.05$ ), unlike the control group (CG), which showed no significant difference between these phases. In conclusion, iso-inertial eccentric training facilitates improvements in the athletic qualities of agility, speed, and jump height. It is recommended to conduct the training for at least 7 weeks with load stimuli exceeding 4 sets of 8 repetitions and an RPE  $> 7$ .

**Keywords:** eccentric overload, isoinertial, jump high, quadriceps, training

Fecha recepción: 23-05-24. Fecha de aceptación: 16-07-24

Ronnie Paredes-Gómez  
raparedesg@utn.edu.ec

### Introducción

El fútbol es un deporte que se caracteriza por la cantidad de ejercicios de alta intensidad y actividades de corta, media y alta duración, estos repercuten en la activación de diferentes capacidades físicas en los deportistas en acciones multilaterales: como la velocidad, cambios de dirección o saltos; dichas capacidades se aplican en el campo de juego; por lo tanto, optimizar y generar potencia máxima eficiente en períodos cortos de tiempo, es fundamental para el rendimiento deportivo individual y colectivo con el mínimo riesgo de lesión (Raya-González et al., 2020).

Las modalidades de entrenamientos y rutinas deportivas son diversas, actualmente se prueba la efectividad de cada una de ellas y dentro de los más populares encontramos a los ejercicios isoinerciales; este método es utilizado por sus ganancias en hipertrofia, generando estímulos neuromusculares logrando este efecto por mecanismos de sobrecarga excéntrica y resistencia (Fiorilli et al., 2020a; Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2016); la gran variabilidad de programas de entrenamiento ayudan a los profesionales a escoger las técnicas más idóneas para sus planificaciones; es así como el entrenamiento de sobrecarga excéntrica isoinercial, en un

inicio creado para entrenamiento de astronautas por la simulación de fuerzas de carácter multidireccional, se adaptan y ayudan en el performance, entrenamiento y mejora deportiva (Bruseghini et al., 2019; Fisher et al., 2020).

Dentro de los beneficios aportados por el entrenamiento excéntrico encontramos la capacidad de generar fuerza que simulan situaciones específicas del deportista durante la competencia, se sugiere utilizar esta intervención en fases en las que la carga de entrenamiento sea baja y se pueda monitorizar las adaptaciones para registrar los datos de un entrenamiento individualmente, también los investigadores alientan a aportar con mayor evidencia de cómo podrían beneficiarse los atletas en diferentes etapas de su planificación y competencia (Kim et al., 2023; Vidmar et al., 2020).

Madrugá-Perera M., en su estudio compara un entrenamiento isoinercial vs el entrenamiento con resistencia con cables en el cual se llega a la conclusión que los dos programas mejoran el rendimiento físico, sin embargo, se encontraron mayores resultados con el entrenamiento isoinercial durante 8 semanas, convirtiéndose en una herramienta para aquellos profesionales que buscan efectos a corto plazo (Vogt & Hoppeler, 2014).

El entrenamiento de sobrecarga excéntrica isoinercial brinda ganancia en todo el espectro de fuerza/hipertrofia/potencia, así el músculo produce mayor fuerza con menor activación muscular y costo metabólico, aumento de fibras tipo II y aumento en el desarrollo de la unidad musculotendinosa. Por otra parte, este tipo de entrenamiento generan adaptaciones positivas a nivel molecular y neuromuscular al aumentar la proliferación de células satélite quienes participan en la excitabilidad cortical durante acciones excéntricas (Younes-Egana et al., 2023).

Diferentes estudios evidencian que los protocolos de entrenamiento donde enfatizan la sobrecarga en la fase excéntrica producen mejora tanto en la fuerza como en la velocidad, mejorando el almacenamiento y la utilización de la energía elástica, esto se debe a que las acciones excéntricas es aproximadamente una quinta parte de la requerida para realizar las acciones concéntricas en el mismo ciclo. Así mismo, la potenciación en la fase excéntrica favorece en los cambios de dirección, ya que son acciones de desaceleración y aceleración que trabajan en diferentes planos (Fiorilli et al., 2020b). El desempeño mecánico muscular a través de las contracciones negativas (excéntricas) dentro del entrenamiento con tensión, justifica el uso de equipos de acción isoinercial. Estos equipos buscan aumentar la fuerza, mejorar la elongación musculo tendinosa e incrementar la producción de potencia con eficiencia metabólica, junto con una menor exigencia cardiovascular (Yáñez et al., 2022).

La importancia de utilizar este entrenamiento en los procesos de rehabilitación donde prime el factor potenciación goza de buena literatura, debido a su principio de generar un estímulo que favorece a un mayor reclutamiento de fibras musculares dando como resultado una disminución del tiempo de recuperación y mejora sustancial de la fuerza (Franchi et al., 2014; Lepley et al., 2017; Núñez Álvarez et al., 2015). Otro estudio menciona que el ejercicio excéntrico isoinercial es ideal para el fortalecimiento tras sufrir una lesión, de igual manera la reintegración del deportista se reducirá en tiempo y a largo plazo se puede lograr un menor riesgo de lesión y disminución de la ausencia deportiva, por lo que recomienda que estos entrenamientos sean específicos en función a los objetivos planteados (Manuel Núñez Álvarez et al., 2016).

Recalamos que en este deporte es muy común realizar numerosos cambios de dirección, relacionados con fuerza horizontal y la fuerza dinámica máxima, por ello, los investigadores hablan de la utilización de entrenamientos con gestos específicos del fútbol, como los cambios de dirección, que pueden generar ganancias en la capacidad de salto y la velocidad dentro y fuera de cancha (Martínez-Pérez & Vaquero-Cristóbal, 2020), el entrenamiento excéntrico es una buena opción cuando se quiere lograr una ganancia muscular de forma rápida, en corto tiempo y correctamente guiados por un profesional. (Akinoğlu et al., 2023; Stojanović et al., 2023a).

Si bien el entrenamiento isoinercial se lo plantea como un ejercicio beneficioso también es importante que sea bien periodizado y adaptado al objetivo deportivo, es por eso que

nuestro afán con la investigación es generar información tanto para entrenadores, deportólogo y fisioterapeutas, los cuales podrían usar las mejores herramientas y opciones para alcanzar resultados competitivos; el evaluar la eficacia de un protocolo frente a un grupo control brinda una idea de cuan efectivo puede ser un entrenamiento de moda con evidencia sólida.

Por lo que el objetivo general de la investigación fue evaluar el impacto del entrenamiento isoinercial en el rendimiento físico y deportivo de futbolistas sub-16, con el fin de optimizar sus capacidades físicas asociadas a la velocidad, agilidad y altura del salto.

## Material y Métodos

### Diseño de Estudio

La investigación es de tipo cuantitativa con una metodología cuasiexperimental, con un seguimiento pre y post-intervención, por medio del entrenamiento de sobrecarga excéntrica con máquina isoinercial en futbolistas de dos escuelas de formación de la provincia de Imbabura en Ecuador; estableciendo un grupo experimental (G.E) y un grupo control (G.C), a las variables: capacidades de velocidad, agilidad y altura del salto, tras la aplicación del protocolo de entrenamiento y así comparar su eficacia

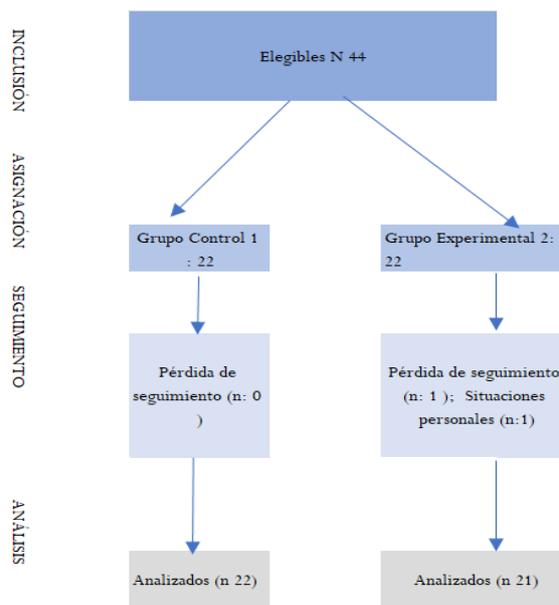


Figura 1. Flujograma de participación

### Participantes

Los futbolistas sub-16 fueron convocados a formar parte de la investigación, durante el 2023, mediante los siguientes criterios de selección: (1) No tener experiencia con el entrenamiento de sobrecarga excéntrica. (2) Firma del consentimiento informado. (3) Futbolistas que tengan entrenamientos continuos y que pertenezcan a los clubes deportivos por al menos 3 meses y que estén en etapas generales de planificación de entrenamiento. (4) No hacer uso de drogas u otras sustancias psicotrópicas. Se obtuvo una población

inicial de 42 futbolistas, sin embargo, se terminó trabajando con 41 (figura1). Se procedió a socializar la investigación con los participantes y sus entrenadores.

Para establecer los grupos de investigación se realizó un sorteo entre escuelas de formación, en donde la escuela de formación A fue el GC (22 participantes) y la escuela de formación B al GE (21 participantes). El GC realizó sus entrenamientos habituales y el GE recibió la intervención (Figura 1).

### Instrumentos

**Sprint recto (10mSS):** Se recorre una distancia de 10m lo más rápido posible desde una posición de inicio estacionaria, donde los participantes colocan su pie preferido hacia delante tras una línea marcada en el suelo previamente, dando un resultado en segundos. (Bravin et al., 2024)

**Prueba T de agilidad:** En el terreno se disponen cuatro conos en forma de T, de los cuales tres se disponen en línea recta a una distancia de 4,57m, mientras que el otro cono se dispone en forma perpendicular al cono de la mitad a una distancia de 9,14m, siendo el punto de salida. Los participantes aceleran desde el punto de inicio hacia el cono de la mitad, enseguida corren lateralmente al cono de la izquierda, después al cono del extremo derecho, regresan al cono de la mitad, finalmente realizan una carrera de espaldas hacia el punto de salida, finalizando la prueba y dando un valor numérico en segundos. (Chang et al., 2020)

**Test de salto vertical:** Se utiliza el dispositivo VERT, el cual se coloca en el elástico del pantalón, se indica a los participantes que al momento de realizar el salto las manos se encuentran en la cintura iniciando desde una posición erguida, rápidamente se realiza una semi-sentadilla para realizar un salto vertical con las rodillas extendidas lo más alto posible, se registra la altura de salto en centímetros. (Stojanović et al., 2023b).

**BORG-CR10:** Se basa en la escala nivel de esfuerzo percibido (RPE) de relación de categorías (0-10) desarrollada por Borg, utilizado para monitorear la intensidad del ejercicio del protocolo aplicado (Arney et al., 2019).

### Diseño de la maquina isoinercial

Para la utilización de la maquina isoinercial, se trabajó con la carrera de mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte quienes elaboraron el equipamiento cumpliendo normas de calidad y detalladas de la siguiente manera:

Se procedió a diseñar un dispositivo de rehabilitación isocinético. A partir de las restricciones de diseño identificadas con la entrevista con los profesionales de fisioterapia, para identificar los requerimientos del prototipo.

Una vez identificados los requerimientos, se procedió a buscar soluciones de topicalización de prototipos existentes en el extranjero; para que pueda generarse un diseño adaptado a la antropometría del Ecuador, estos basados en dispositivos funcionales. En la figura 2 se observa las diferentes alternativas de diseño.

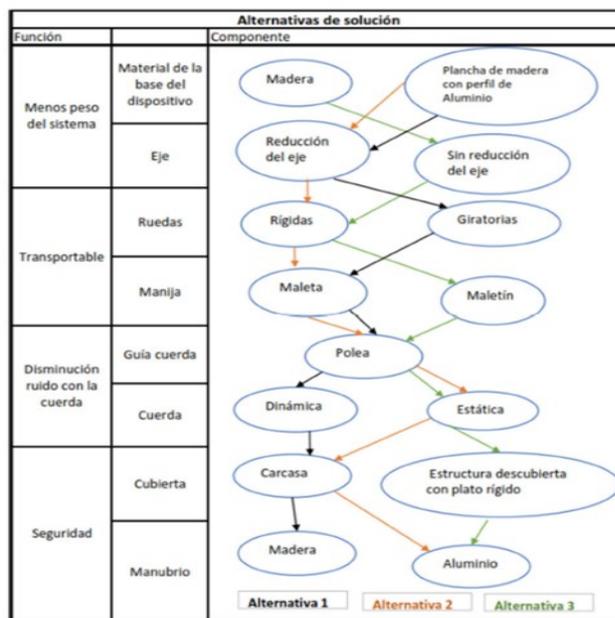


Figura 2. Propuesta de alternativa de diseño

Utilizando la metodología del diseño mecatrónico y apoyado en la herramienta de selección de criterios ponderados, se procedió a elegir la mejor propuesta para ejecutar su diseño de detalle, y apoyado de software de ingeniería a validar el prototipo mediante simulación. En la figura 3 se observa el diseño final propuesto para la implementación.

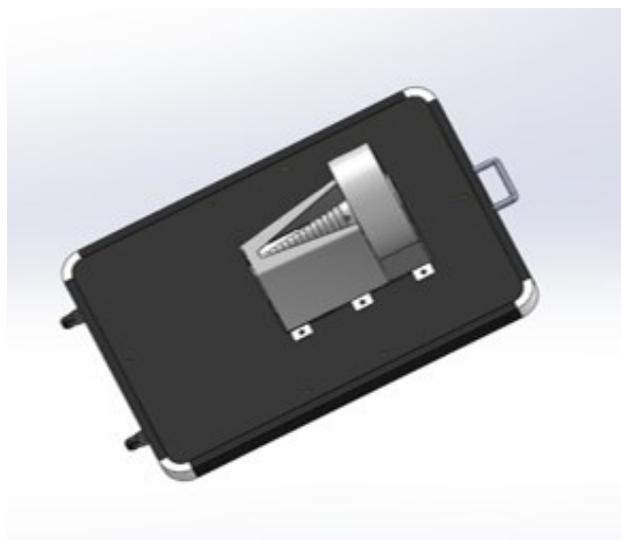


Figura 3. Vista 3D del diseño propuesto a implementar

El prototipo fue simulado con una carga de 1000 Newtons (N), obteniendo un resultado de 44 Megapascuales (MPa) de esfuerzo en la parte crítica del modelo, que comparado con el esfuerzo a la fluencia del material implementado Nailon 6/10 con un valor de 144 MPa, es inferior; demostrando que el modelo tiene un factor de seguridad de 3,2 superior al 1 requerido. Una vez concluido el proceso de validación, se procedió a la construcción del prototipo, utilizando materiales del medio y adaptado a las características de mayor importancia que son transportabilidad y seguridad, el mismo se observa en la figura 4

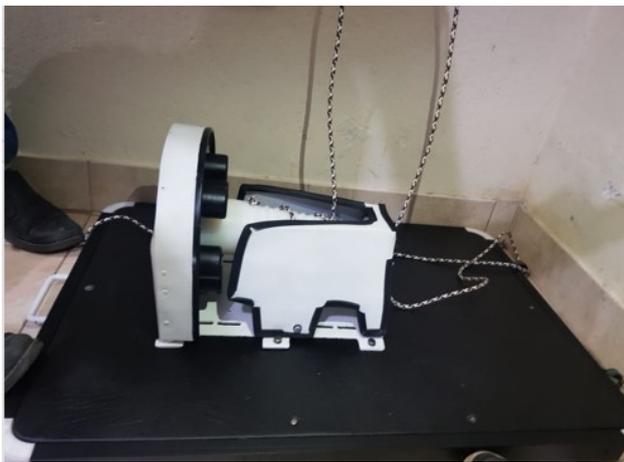


Figura 4. Prototipo implementado

### Protocolo de Intervención

La intervención del entrenamiento tiene una duración de 10 semanas las cuales se dividieron: la primera semana evaluación pre-entrenamiento durante 1 semana, entrenamiento 7 semanas y evaluación post-entrenamiento 1 semana.

- *Evaluaciones pre-entrenamiento*

Se reunió a los futbolistas a quienes se les socializó la investigación de la que formaría parte y el consentimiento informado.

Se recolectaron datos generales de los futbolistas referentes a sus nombres, edad en años y edad deportiva.

Posterior, se realizaron las evaluaciones en el GC y GE: velocidad, agilidad y altura del salto.

Se realizó una prueba piloto para estimar el tiempo de la entrevista y de la ejecución de las pruebas, estableciendo un tiempo aproximado de 30 minutos de duración.

### Entrenamiento

La intervención tiene una duración de 9 semanas, la primera semana se realizan las evaluaciones iniciales de las pruebas de las distintas capacidades físicas, las próximas 7 semanas se ejecuta el entrenamiento sobrecarga excéntrica con máquina isoinercial y la semana 9 se destina para las evaluaciones finales.

#### Semana 1

El tiempo determinado para el registro de datos de las pruebas de las capacidades físicas de velocidad, agilidad – cambios de dirección y fuerza explosiva fue de una semana.

#### Semana 2 a 8

El entrenamiento se inicia a partir de la semana 2 hasta la semana 8, el mismo que consta de una frecuencia de dos veces por semana, previo al entrenamiento se realiza un calentamiento dinámico con una duración aproximada de 9 minutos; posteriormente, se realiza el entrenamiento el cual se ejecuta mediante la realización de sentadilla profunda en la máquina isoinercial, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.

Entrenamiento		
Protocolo sobrecarga excéntrica con máquina isoinercial		
Duración del tratamiento	7 semanas	
Número de sesiones	14 sesiones	
Frecuencia a la semana	2 veces por semana	
Tiempo por sesión	15 minutos	
Método	Calentamiento dinámico	
Modalidad	Movilidad articular	
	Estiramientos y gestos propios del deporte Carrera alrededor del terreno	
Método	Sobrecarga excéntrica	
Modalidad	Sentadilla profunda con máquina isoinercial	
	Aumento de número de series y repeticiones para aumentar la tasa de esfuerzo percibido con descansos de 120 -180 segundos entre serie, dos veces por semana, durante 7 semanas	
Prescripción	SEMANA 2	
	Intensidad	Series
RPE 6	3	7
Intensidad	SEMANA 3	
	Series	# repeticiones
RPE 7	3	8
Intensidad	SEMANA 4	
	Series	# repeticiones
RPE 8	3	9
Intensidad	SEMANA 5	
	Series	# repeticiones
RPE 7	4	8
Intensidad	SEMANA 6	
	Series	# repeticiones
RPE 8	4	9
Intensidad	SEMANA 7	
	Series	# repeticiones
RPE 9	4	10
Intensidad	SEMANA 8	
	Series	# repeticiones
RPE 9	4	10



Figura 5. Entrenamiento

#### Semana 10

#### Evaluación Post-entrenamiento

Tras la finalización del protocolo de entrenamiento los futbolistas que formaron parte de la investigación se les realizó las evaluaciones finales de las diferentes pruebas correspondientes a las capacidades físicas, bajo los mismos parámetros de las evaluaciones pre-entrenamiento.

### Análisis Estadístico

Se presenta una base de datos en el paquete estadístico SPSS Statistics versión 29; para estadística inferencial se aplicó la prueba Shapiro Wilk, donde las variables paramétricas (edad, edad deportiva, agilidad, fuerza explosiva, velocidad) indican valores promedios y desviación estándar, utilizando la prueba de T de student para muestras independientes entre el GC y GE y para muestras relacionadas entre el pre entrenamiento y post entrenamiento. El valor de significancia de la prueba es  $p = < 0,05$  (\*).

### Resultados

La edad promedio de los futbolistas es de 15 años; con una edad deportiva menor en el GE de 5,8 años y el GC 7,7 años, aquí se encontró una diferencia significativa entre grupos.

Las variables de estudio (velocidad, agilidad y fuerza explosiva) inicialmente no presentan diferencias significativas entre grupos GC y GE, que según la prueba T para muestras independientes tiene un p valor  $> 0,05$ , es decir parten de características iniciales similares; en el GE la agilidad tuvo un promedio de 13,06 segundos y el GC 12,05 segundos; en la fuerza explosiva una capacidad de salto de 47,4 cm en el GE y en el 46,3 cm del GC y la velocidad del GE y GC un promedio de 2,5 segundos (tabla 2).

Tabla 2.  
Estado Inicial de los deportistas entre GE y GC.

Variables	GE		GC	
	Pre	p	Pre	P
Edad	15,4 ± 0,5	0,6	15,5 ± 0,5	0,6
Edad deportiva	5,8 ± 3,2	0,03	7,7 ± 2,3	0,03
Agilidad	13,06 ± 0,9	0,07	12,05 ± 1,1	0,07
Altura del salto	47,4 ± 3,8	0,3	46,3 ± 4,1	0,3
Velocidad	2,5 ± 0,2	0,07	2,57 ± 0,38	0,7

Prueba T para muestras independientes de: Edad (años); Edad deportiva en años; Agilidad en segundos; F.(fuerza) Explosiva en cm; Velocidad en segundos; Pre: Pre-entrenamiento; Post: Post-entrenamiento; (valores medios y  $\pm$  desviación estándar);  $p = * < 0,05$ ;  $** < 0,01$

Al analizar a las variables pre y post entrenamiento del GE y el GC, se presenta una diferencia significativa en el GE; en cuanto a la agilidad y la velocidad, encontrando p valor  $< 0,01$  entre grupos y la fuerza explosiva en cambio un p valor  $< 0,05$ . (tabla 3).

Tabla 3.  
Pre-entrenamiento y Post-entrenamiento

Variables	GE			GC		
	Pre	Post	p	Pre	Post	P
Agilidad	13,06 ± 0,9	11,6 ± 0,7	**	12,05 ± 1,1	12,48 ± 1,07	0,24
Altura del salto	47,4 ± 3,8	49,7 ± 4,6	*	46,3 ± 4,1	46,5 ± 4,04	0,42
Velocidad	2,5 ± 0,2	1,9 ± 0,2	**	2,57 ± 0,38	2,58 ± 0,36	0,09

Prueba T para muestras relacionadas de: Edad (años); Edad deportiva en años; Agilidad en segundos; F.(fuerza) Explosiva en cm; Velocidad en segundos; Pre: Pre-entrenamiento; Post: Post-entrenamiento; (valores medios y  $\pm$  desviación estándar);  $p = * < 0,05$ ;  $** < 0,01$

Entre grupos, en el post test entre el GE y GE se denota una diferencia significativa para la agilidad, y fuerza explosiva p valor  $< 0,01$  al igual que en velocidad un p valor

$< 0,05$ . Es decir hay un cambio en la fase post entrenamiento en el grupo que recibió el entrenamiento el protocolo isoinercial (tabla 4).

Tabla 4.  
Estado Final de los deportistas entre grupos GE y GC

Variables	GE		GC	
	Post	p	Post	p
Agilidad	11,6 ± 0,7	**	12,48 ± 1,07	**
Altura del salto	49,7 ± 4,6	**	46,5 ± 4,04	**
Velocidad	1,9 ± 0,2	*	2,58 ± 0,36	*

Prueba T para muestras independientes de: Edad (años); Edad deportiva en años; Agilidad en segundos; F.(fuerza) Explosiva en cm; Velocidad en segundos; Post: Post-entrenamiento; (valores medios y  $\pm$  desviación estándar);  $p = * < 0,05$ ;  $** < 0,01$

### Discusión

Existen diferentes modalidades de entrenamiento con la finalidad de mejorar o desarrollar las capacidades físicas de los deportistas y brindarles ventajas deportivas frente a sus adversarios, sin embargo, el entrenamiento sobrecarga excéntrica ha ido ganando popularidad en los últimos años, debido a que brinda mejoras en las capacidades físicas de velocidad, agilidad-cambios de dirección y salto vertical frente a otras modalidades de intervención (Aloui et al., 2022) (Pardos-Mainer et al., 2021).

Estudios previos evidencian mejoras en el rendimiento individual de velocidad, agilidad-cambios de dirección y salto vertical, posterior a un entrenamiento de sobrecarga excéntrica en modalidad sentadilla, en tiempos comprendido de 6 a 10 semanas y con la versatilidad de entrenar bilateralmente o unilateralmente, sin embargo, el aumento progresivo de la carga en periodos prolongados de tiempo, se relaciona a mayor ganancias de fuerza (Moreno-Azpe et al., 2021), datos respaldados por la investigación de Sagelv et al, donde la capacidad física de velocidad evaluada mediante la prueba de sprint 10 metros, muestra los siguientes valores en el GE pre intervención  $1,75 \pm 0,07$  y post intervención de  $1,72 \pm 0,07$ , sin embargo, en el GC no hubo ningún tipo de cambios, teniendo los siguientes resultados pre y post intervención  $1,73 \pm 0,04$ , estos avances pueden reflejar una ventaja deportiva dentro del terreno de juego; al igual que en el presente estudio, donde los deportistas del GE también marcaron disminución de tiempo pasando de  $2,5 \pm 0,2$  segundos a  $1,9 \pm 0,2$  segundos, de esta manera se puede validar la aplicación de un protocolo excéntrico isoinercial en deportistas de fútbol. (Sagelv et al., 2020).

El estudio desarrollado por Negra et al, describe que la capacidad de agilidad-cambios de dirección, presentó cambios significativos marcados en comparación con las capacidades físicas de velocidad y salto vertical, evidenciando los siguiente datos en el grupo que recibió la intervención GE pre intervención  $11,1 \pm 0,5$  y post intervención  $10,3 \pm 0,5$ , estos datos guardan afinidad con la presente investigación, en donde podemos observar que en el GE la agilidad mejora de 13,06 segundos a 11,06 segundos, marcándose una disminución de tiempo en la capacidad de reacción, cabe mencionar que el grupo control no presento mejoras por lo que se ha demostrado que la falta de entrenamiento

en sobrecarga excéntrica desfavorece el rendimiento de los deportistas en esta capacidad (Negra et al., 2020).

Según Di Cargo, algunas capacidades mejoran con el entrenamiento isoinercial incluida la fuerza explosiva a través de la valoración del salto vertical, donde pasó de valores iniciales de  $30,08 \pm 6,4$  a  $33,39 \pm 8,5$ ; la altura del salto de esta investigación paso de  $47,4 \pm 3,8$  a  $49,7 \pm 4,6$  es decir se evidencia mejoras de casi 2,3 cm en el GE (Di Cagno et al., 2020), al igual que en el estudio desarrollado por Sáez-Michea donde la altura del salto aumentó a un 20,9% en una población de hombres (Sáez-Michea et al., 2023); estos hallazgos coinciden con nuestra investigación puesto que las ganancias en altura del salto a corto plazo podrían ser replicables en personas afines al entrenamiento donde uno de sus objetivos sea mejorar esta capacidad.

Finalmente podemos argumentar que las capacidades que se ven implicadas y analizadas durante la aplicación del protocolo si mejoran, por lo que este tipo de entrenamiento podría ser replicable en otras disciplinas deportivas donde la agilidad, la velocidad y altura de salto primen.

### Limitaciones y fortalezas del estudio

Dentro del estudio se presentan algunas fortalezas como

- 1) Se inició el estudio en una población con características homogéneas.
- 2) Se promovió el trabajo multidisciplinario entre la carrera de mecatrónica para la elaboración del aparato isoinercial y la carrera de fisioterapia quien fue la que se encargó de la intervención, promoviendo el uso de prototipos que sustenten las necesidades físicas del deportista.
- 3) Se decidió trabajar en escuelas formativas promoviendo las mejoras de las cualidades en edades tempranas.
- 4) Se trabajó con dos grupos: experimental GE y control GC con el fin de poder comprar en forma clara y determinar el efecto del entrenamiento isoinercial sobre las capacidades, tomando en cuenta que los futbolistas realizaron su entrenamiento habitual mas el protocolo propuesto en este estudio.
- 5) Por ultimo recalcar la importancia de este tipo de entrenamiento por la demanda actual y aplicación efectiva evidenciada en actuales investigaciones.

Como limitaciones:

- 1) El número de participantes dentro del estudio, por lo que no se podría extrapolar a otras disciplinas deportivas.
- 2) Este estudio se ejecutó en un tiempo promedio por lo que permitió analizar los efectos a corto plazo, se recomienda realizar el seguimiento a la población para poder determinar la eficacia a largo plazo.
- 3) No se realizaron modificaciones en áreas que también son importantes para el deportista, como la nutrición, el sueño y otros tipos de actividades propias de cada individuo.

### Conclusiones

Esta investigación nos ayuda a entender el papel de lo ejercicio excéntrico isoinercial en los futbolistas, proponiendo un protocolo enfocado en las variables de velocidad agilidad y altura del salto, para que pueda ser considerado

dentro de las planificaciones en función a los objetivos planteados.

Se recomienda una intervención mínima de 10 semanas donde dos de estas corresponderán a la pre y post evaluación y las 8 semanas restantes para la aplicación del protocolo de entrenamiento; se debe plantear series entre 3 o 4 y repeticiones de 7 a 10, distribuidas en forma progresiva, que represente al menos un RPE sobre 7 que sea percibida como una intensidad moderada a intensa cuidando siempre la biomecánica del deportista.

Es importante darle seguimiento a los intervenidos por lo menos durante 6 meses, con el objeto de analizar la progresión de las capacidades e incluso la presencia o incidencia de lesiones.

### Confirmación de cumplimiento ético

La investigación fue aprobada por el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Salud Resolución N°0175-HCD-FCCSS-2023.

Todos los procedimientos del estudio se realizaron de acuerdo con la Declaración de Helsinki de Derechos Humanos de 1975, modificada en 1983.

Los participantes y sus representantes legales dieron su consentimiento para participar después de ser informados de los objetivos, procedimientos de estudio y posibles riesgos.

### Agradecimientos

Agradecemos de manera especial a la Universidad Técnica del Norte por la oportunidad de realizar investigaciones a nivel deportivo, los cuales fortalecen las aptitudes y capacidades de los estudiantes y docentes.

### Referencias

- Aknoğlu, B., Paköz, B., Yilmaz, A. E., Shehu, S. U., Kocahan, T., Aknoğlu, B., Paköz, B., Yilmaz, A. E., Shehu, S. U., & Kocahan, T. (2023). Effect of contraction type at varying angular velocities on isokinetic muscle strength training. *Journal of Exercise Rehabilitation*, *19*(4), 228–236. <https://doi.org/10.12965/JER.2346236.118>
- Aloui, G., Hermassi, S., Bartels, T., Hayes, L. D., Bouhafs, E. G., Chelly, M. S., & Schwesig, R. (2022). Combined Plyometric and Short Sprint Training in U-15 Male Soccer Players: Effects on Measures of Jump, Speed, Change of Direction, Repeated Sprint, and Balance. *Frontiers in Physiology*, *13*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.757663>
- Arney, B. E., Glover, R., Fusco, A., Cortis, C., de Koning, J. J., Erp, T. van, Jaime, S., Mikat, R. P., Porcari, J. P., & Foster, C. (2019). Comparison of RPE (Rating of Perceived Exertion) Scales for Session RPE. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(7),

- 994–996. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2018-0637>
- Bravin, L. F., Sagrillo, L. G., Fernandes Machado, A., Henrique Reis, C., Paiva, R., Marcelo Miranda, J., Rica, R. L., & Bocalini, D. S. (2024). Confiabilidade dos testes de sprint de 10 metros, “spider runbeach test” e capacidade anaeróbia de beach tenistas. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación, ISSN 1579-1726, ISSN-e 1988-2041, N.º. 52, 2024, Págs. 358-366, 52(52), 358–366.*
- Bruseghini, P., Capelli, C., Calabria, E., Rossi, A. P., & Tam, E. (2019). Effects of High-Intensity Interval Training and Isoinertial Training on Leg Extensors Muscle Function, Structure, and Intermuscular Adipose Tissue in Older Adults. *Frontiers in Physiology, 10*, 465515. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2019.01260/BIBTEX>
- Chang, W. D., Chou, L. W., Chang, N. J., & Chen, S. (2020). Comparison of Functional Movement Screen, Star Excursion Balance Test, and Physical Fitness in Junior Athletes with Different Sports Injury Risk. *Bio-Med Research International, 2020*. <https://doi.org/10.1155/2020/8690540>
- Di Cagno, A., Iuliano, E., Buonsenso, A., Giombini, A., Di Martino, G., Parisi, A., Calcagno, G., & Fiorilli, G. (2020). Effects of accentuated eccentric training vs plyometric training on performance of young elite fencers. *Journal of Sports Science and Medicine, 19(4)*, 703–713.
- Fiorilli, G., Mariano, I., Iuliano, E., Giombini, A., Ciccarelli, A., Buonsenso, A., Calcagno, G., & Di Cagno, A. (2020a). Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players: Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision. *Journal of Sports Science & Medicine, 19(1)*, 213. [/pmc/articles/PMC7039027/](https://pmc/articles/PMC7039027/)
- Fiorilli, G., Mariano, I., Iuliano, E., Giombini, A., Ciccarelli, A., Buonsenso, A., Calcagno, G., & Di Cagno, A. (2020b). Isoinertial eccentric-overload training in young soccer players: Effects on strength, sprint, change of direction, agility and soccer shooting precision. *Journal of Sports Science and Medicine, 19(1)*, 213–223.
- Fisher, J. P., Ravalli, S., Carlson, L., Bridgeman, L. A., Roggio, F., Scuderi, S., Maniaci, M., Cortis, C., Fusco, A., & Musumeci, G. (2020). The “Journal of Functional Morphology and Kinesiology” Journal Club Series: Utility and Advantages of the Eccentric Training through the Isoinertial System. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology 2020, Vol. 5, Page 6, 5(1), 6*. <https://doi.org/10.3390/JFMK5010006>
- Fort-Vanmeerhaeghe, A., Gual, G., Romero-Rodriguez, D., & Unnitha, V. (2016). Lower Limb Neuromuscular Asymmetry in Volleyball and Basketball Players. *Journal of Human Kinetics, 50(1)*, 135. <https://doi.org/10.1515/HUKIN-2015-0150>
- Franchi, M. V., Atherton, P. J., Reeves, N. D., Flück, M., Williams, J., Mitchell, W. K., Selby, A., Beltran Valls, R. M., & Narici, M. V. (2014). Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiologica, 210(3)*, 642–654. <https://doi.org/10.1111/APHA.12225>
- Kim, M. H., Lin, C. I., Henschke, J., Quarmby, A., Engel, T., & Cassel, M. (2023). Effects of exercise treatment on functional outcome parameters in mid-portion achilles tendinopathy: a systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living, 5*. <https://doi.org/10.3389/FSPOR.2023.1144484>
- Lepley, L. K., Lepley, A. S., Onate, J. A., & Grooms, D. R. (2017). Eccentric Exercise to Enhance Neuromuscular Control. *https://Doi.Org/10.1177/1941738117710913, 9(4)*, 333–340. <https://doi.org/10.1177/1941738117710913>
- Manuel Núñez Alvarez, V., Carolina, ;, Poblador, L., Manuel, J., & Pistón, R. (2016). Entrenamiento muscular a través de tecnología isoinercial en un jugador de fútbol profesional intervenido de rotura total de LCA. Estudio de caso (Muscle training using isoinertial technology in a professional footballer following surgery for a complete A. *Retos, 29(29)*, 166–170. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V0I29.41315>
- Martínez-Pérez, P., & Vaquero-Cristóbal, R. (2020). Revisión sistemática del entrenamiento de fuerza en futbolistas pre-adolescentes y adolescentes (Systematic review of strength training in preadolescent and adolescent football players). *Retos, 41*, 272–284. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V0I41.82487>
- Moreno-Azze, A., Arjol-Serrano, J. L., Falcón-Miguel, D., Bishop, C., & Gonzalo-Skok, O. (2021). Comparison of three eccentric overload training strategies on power output and interlimb asymmetry in youth soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(16)*. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168270>
- Negra, Y., Chaabene, H., Fernandez-Fernandez, J., Sammoud, S., Bouguezzi, R., Prieske, O., & Granacher, U. (2020). Short-Term Plyometric Jump Training Improves Repeated-Sprint Ability in Prepubertal Male Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 34(11)*, 3241–3249. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002703>
- Núñez Álvarez, V. M., Lancho Poblador, C., & Ramírez Pistón, J. M. (2015). Entrenamiento muscular a través de tecnología isoinercial en un jugador de fútbol profesional intervenido de rotura total de LCA. Estudio de caso (Muscle training using isoinertial technology in a professional footballer following surgery for a complete A. *Retos, 29*, 166–170. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V0I29.41315>
- Pardos-Mainer, E., Lozano, D., Torrontegui-Duarte, M.,

- Cartón-Llorente, A., & Roso-Moliner, A. (2021). Effects of strength vs. Plyometric training programs on vertical jumping, linear sprint and change of direction speed performance in female soccer players: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(2), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020401>
- Raya-González, J., Castillo, D., Domínguez-Díez, M., & Hernández-Davó, J. L. (2020). Eccentric-overload production during the flywheel squat exercise in young soccer players: Implications for injury prevention. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(10). <https://doi.org/10.3390/ijerph17103671>
- Sáez-Michea, E., Alarcón-Rivera, M., Valdés-Badilla, P., & Guzmán-Muñoz, E. (2023). Efectos de seis semanas de entrenamiento isoinercial sobre la capacidad de salto, velocidad de carrera y equilibrio postural dinámico (Effects of six weeks of isoinertial training on vertical jump performance, running velocity, and dynamic postural balance). *Retos*, *48*, 291–297. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V48.95284>
- Sagelv, E. H., Pedersen, S., Nilsen, L. P. R., Casolo, A., Welde, B., Randers, M. B., & Pettersen, S. A. (2020). Flywheel squats versus free weight high load squats for improving high velocity movements in football. A randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *12*(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-020-00210-y>
- Stojanović, M. D. M., Andrić, N., Mikić, M., Vukosav, N., Vukosav, B., Zolog-Šchiopea, D. N., Tăbăcar, M., & Melinte, R. M. (2023a). Effects of Eccentric-Oriented Strength Training on Return to Sport Criteria in Late-Stage Anterior Cruciate Ligament (ACL)-Reconstructed Professional Team Sport Players. *Medicina* *2023*, Vol. 59, Page 1111, 59(6), 1111. <https://doi.org/10.3390/MEDICINA59061111>
- Stojanović, M. D. M., Andrić, N., Mikić, M., Vukosav, N., Vukosav, B., Zolog-Šchiopea, D. N., Tăbăcar, M., & Melinte, R. M. (2023b). Effects of Eccentric-Oriented Strength Training on Return to Sport Criteria in Late-Stage Anterior Cruciate Ligament (ACL)-Reconstructed Professional Team Sport Players. *Medicina (Lithuania)*, *59*(6), 1111. <https://doi.org/10.3390/medicina59061111>
- Vidmar, M. F., Baroni, B. M., Michelin, A. F., Mezzomo, M., Lugokenski, R., Pimentel, G. L., & Silva, M. F. (2020). Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, *24*(5), 424–432. <https://doi.org/10.1016/J.BJPT.2019.07.003>
- Vogt, M., & Hoppeler, H. H. (2014). Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *116*(11), 1446–1454. <https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYS-IOL.00146.2013>
- Yáñez, C. A., Mancera, E. M., & Suárez, C. (2022). Isoinertial Strength Training in Older Adults: A Systematic Review. In *Apunts. Educacion Fisica y Deportes* (Issue 147, pp. 36–44). Instituto Nacional de Educacion Fisica de Cataluna. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/1\).147.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/1).147.04)
- Younes-Egana, O., Mielgo-Ayuso, J., Stojanović, M. D. M., Bird, S. P., & Calleja-González, J. (2023). Effectiveness of Eccentric Overload Training in Basketball Players: A Systematic Review. *Journal of Human Kinetics*, *88*, 243–257. <https://doi.org/10.5114/jhk/167469>

#### Datos de los/as autores/as:

Ronnie Paredes-Gómez  
Verónica Potosí-Moya  
Cristopher Solano-Díaz  
Cosme Mejia-Echeverria

raparedesg@utn.edu.ec  
vjpotosi@utn.edu.ec  
cfsolanod@utn.edu.ec  
cdmejia@utn.edu.ec

Autor/a  
Autor/a  
Autor/a  
Autor/a