

**Influencia de la variación de masas y altura de enrollado en una polea  
cónica, sobre los parámetros cinemáticos de fuerza concéntrica en musculatura  
de miembros inferiores en estudiantes universitarias**

Andrés Alfredo Bohórquez Bolaños

Fabián Andrés Barrero Restrepo

**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA. LICENCIATURA EN**  
**EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE CALI**  
**2025**

**Influencia de la variación de masas y altura de enrollado en una polea  
cónica, sobre los parámetros cinemáticos de fuerza concéntrica en musculatura  
de miembros inferiores en estudiantes universitarias**

Andrés Alfredo Bohórquez Bolaños

Fabián Andrés Barrero Restrepo

Trabajo de Grado presentado como requisito  
parcial para optar al título de Licenciado en  
Educación Física y Deporte

**Director:** Santiago Adolfo Arboleda Franco (PhD).

**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA.**  
**LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE**  
**CALI**  
**2025**

## **Dedicatoria**

*Primeramente, quiero agradecer a Dios, él es quien permite que las cosas buenas sucedan, me dio la oportunidad de entrar a la universidad y tener una de las mejores experiencias de mi vida. También le dedicó esta investigación a mi familia, mi madre Martha Restrepo, mi padre Fabián Barrero y mi abuela María López quienes con su amor incondicional y apoyo constante lograron que siempre tuviera la inspiración necesaria para continuar con mis objetivos.*

### **Fabián Andrés Barrero Restrepo**

*A Dios, por darme la fortaleza, la salud y la sabiduría para cursar esta etapa. A mi familia, especialmente a mi madre Adriana Bolaños, mi abuela María Bolaños y mi hermano Jhon Jairo Bohorquez, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus palabras de aliento en los momentos difíciles. A ustedes les debo todo lo que soy.*

*A mis amigos y seres queridos, que con su compañía, comprensión y ánimo hicieron este camino más llevadero. Y a mí mismo, por no rendirme y seguir adelante pese a los obstáculos. Este logro también es mío.*

### **Andres Alfredo Bohorquez Bolaños**

## **Agradecimientos**

Queremos agradecer a la Universidad del Valle y a todos los profesores del programa de licenciatura en educación física y deporte por brindar los espacios para instruirnos, para desarrollarnos como personas y profesionales.

A nuestro director de tesis, el profesor Santiago Arboleda quien nos recibió en el grupo de Investigación INCIDE, y que con su pasión y esfuerzo logra contagiarnos e inspirarnos a realizar este trabajo y que, a lo largo de la investigación, nos guió, con paciencia, dedicación y compromiso para poder culminar exitosamente nuestro proyecto.

A nuestros compañeros Javier Beltrán y Cristhian Castrillón que gracias a su esfuerzo fueron pieza clave en todo el trabajo realizado para poder llevar a cabo este estudio.

Y por último a todos quienes contribuyeron de distintas maneras para la culminación de esta investigación.

## Tabla de Contenido

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Agradecimientos                                                                               | 4         |
| Tabla de Contenido                                                                            | 5         |
| Lista de Tablas                                                                               | 7         |
| Lista de Figuras                                                                              | 8         |
| Lista de Anexos                                                                               | 9         |
| <b>Resumen</b>                                                                                | <b>10</b> |
| <b>Abstract</b>                                                                               | <b>12</b> |
| <b>Introducción</b>                                                                           | <b>14</b> |
| <b>1. Planteamiento del problema</b>                                                          | <b>16</b> |
| <b>2. Justificación</b>                                                                       | <b>18</b> |
| <b>3. Marco Teórico y Estado del Arte</b>                                                     | <b>20</b> |
| 3.1 El entrenamiento de fuerza y acciones musculares isotónicas.                              | 20        |
| 3.2 La sobrecarga excéntrica en el entrenamiento de fuerza y los dispositivos que la producen | 22        |
| 3.3 Parámetros de carga de entrenamiento con dispositivos de volante de inercia               | 26        |
| <b>4. Objetivos</b>                                                                           | <b>30</b> |
| 4.1 Objetivo general:                                                                         | 30        |
| 4.2 Objetivos específicos:                                                                    | 30        |
| <b>5. Metodología</b>                                                                         | <b>31</b> |
| 5.1 Diseño:                                                                                   | 31        |

|                                                                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                                                                                                                                                          | 6         |
| 5.2 Población:                                                                                                                                           | 31        |
| 5.2.1 Reclutamiento de las participantes                                                                                                                 | 32        |
| 5.2.2 Criterios de selección                                                                                                                             | 33        |
| 5.2.3 Criterios de exclusión                                                                                                                             | 33        |
| 5.3 Definición de las variables y recolección de la información                                                                                          | 34        |
| 5.4 Métodos de recolección de la información                                                                                                             | 35        |
| 5.5 Aspectos éticos                                                                                                                                      | 39        |
| 5.6 Control de sesgos                                                                                                                                    | 40        |
| 5.7 Análisis estadístico                                                                                                                                 | 41        |
| <b>6. Resultados</b>                                                                                                                                     | <b>43</b> |
| 6.1 Influencia de las alturas de enrollado sobre la manifestación de la potencia y las variables que la constituyen.                                     | 43        |
| 6.2 Contribución de las masas suplementarias sobre la manifestación de la potencia y las variables que la constituyen.                                   | 45        |
| 6.3 Incidencia combinada de las masas suplementarias y niveles de altura de enrollado en la polea, sobre la potencia y las variables que la constituyen. | 49        |
| <b>7. Discusión</b>                                                                                                                                      | <b>53</b> |
| <b>8. Conclusiones</b>                                                                                                                                   | <b>60</b> |
| <b>9. Limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación</b>                                                                                     | <b>62</b> |
| <b>Referencias</b>                                                                                                                                       | <b>64</b> |
| <b>Anexos</b>                                                                                                                                            | <b>72</b> |

## Lista de Tablas

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables                                                                                          | 34 |
| <b>Tabla 2.</b> Combinación de variables para las seis cargas / momentos de inercia del estudio.                                         | 37 |
| <b>Tabla 3.</b> Comparación de la potencia y las variables que la constituyen según la altura de enrollado.                              | 43 |
| <b>Tabla 4.</b> Comparación de la potencia y las variables que la constituyen con el enrollado en la base y distintos números de masas.  | 46 |
| <b>Tabla 5.</b> Comparación de la potencia y las variables que la constituyen con el enrollado en la punta y distintos números de masas. | 48 |
| <b>Tabla 6.</b> Comparación de la potencia y las variables que la constituyen según todas las configuraciones de carga.                  | 49 |

## Lista de Figuras

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| <b>Ilustración 1.</b> Flujograma de la muestra del estudio. | 33 |
| <b>Ilustración 2.</b> Polea cónica inercial marca Wheeler®. | 36 |



## Lista de Anexos

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 1.</b> Acta comité de ética     | 72 |
| <b>Anexo 2.</b> Formulario Par-Q         | 73 |
| <b>Anexo 3.</b> Consentimiento informado | 75 |
| <b>Anexo 4.</b> Gráficas de la tabla 3   | 77 |
| <b>Anexo 5.</b> Gráficas de la tabla 4   | 78 |

## Resumen

El entrenamiento con sobrecarga excéntrica ha ganado gran importancia en los últimos años, por su relevancia y beneficios encontrados a nivel clínico y deportivo; debido a esto, han surgido dispositivos para generar este tipo de sobrecarga que el entrenamiento de fuerza tradicional no puede dar. Uno de ellos es la polea cónica, que está diseñada para realizar una aceleración en la fase concéntrica y un frenado en la excéntrica, creando así la sobrecarga en dicha fase de la contracción muscular. El objetivo de este estudio fue analizar la influencia de la variación de masas y altura de enrollado en una polea cónica, sobre la fuerza en la musculatura de miembros inferiores y variables asociadas a la potencia en mujeres universitarias.

Se realizó como diseño experimental un modelo de medidas repetidas, donde se evaluaron 32 mujeres estudiantes de la universidad del Valle, quienes hicieron una sentadilla media en una polea cónica, con seis cargas inerciales distintas. Se tomaron medidas básicas como talla y masa corporal y se evaluaron parámetros cinemáticos con ayuda del software Chronojump®: momento de inercia ( $\text{Kg}\cdot\text{m}^2$ ), velocidad de ejecución ( $\text{m/s}$ ), potencia media, potencia pico ( $\text{W}$ ) y fuerza ( $\text{N}$ ), todas en la fase concéntrica del movimiento. El análisis de datos incluyó estadística descriptiva con medidas de tendencia central y de dispersión, verificación de la normalidad con la prueba Shapiro Wilk y la comparación de las medias con ANOVA de medidas repetidas y la prueba pos hoc de Bonferroni, todo con un nivel de significancia de 0,05. Para esto se usó el software SPSS (IBM Corporation, USA) versión 25 para Windows.

Algunos resultados evidenciaron variación de velocidad, potencia media y potencia pico en las distintas alturas de enrollado, de igual forma se halló gran relevancia en los cambios de las variables cuando se agregaron o quitaron masas al cono. Así, se puede inferir que deben tenerse en cuenta todas las variables cinemáticas como la potencia pico y media, la fuerza y la velocidad de ejecución para monitorear la carga, dado que todas fueron alteradas en las distintas configuraciones utilizadas. Se concluye que los momentos de inercia más altos implicaron mayores valores de potencia y fuerza y se lograron con mayor número de masas y enrollado de la cuerda hasta la base del cono; la velocidad de ejecución se vio más estimulada con momentos de inercia más bajos a partir de menor cantidad de masas y enrollado de cuerda solo en la punta del cono.

Palabras clave: Fuerza, Potencia, Excéntrico, Concéntrico, Velocidad.

## **Abstract**

Eccentric overload training has gained significant importance in recent years due to its relevance and benefits in clinical and sports settings. As a result, devices have been developed to generate this type of overload that traditional strength training cannot provide. One of these is the conical pulley, which is designed to accelerate in the concentric phase and brake in the eccentric phase, thus creating overload in that phase of muscle contraction. The objective of this study was to analyze the influence of variations in mass and winding height on a conical pulley on the strength of the lower limb muscles and variables associated with power in female university students.

A repeated measures experimental design was used, in which 32 female students from the University of Valle were evaluated as they performed a half squat on a conical pulley with six different inertial loads. Basic measurements such as height and body mass were taken, and kinematic parameters were evaluated using Chronojump® software: moment of inertia ( $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ), execution speed ( $\text{m/s}$ ), average power, peak power ( $\text{W}$ ), and force ( $\text{N}$ ), all in the concentric phase of the movement. Data analysis included descriptive statistics with measures of central tendency and dispersion, verification of normality with the Shapiro Wilk test, and comparison of means with repeated measures ANOVA and the Bonferroni post hoc test, all with a significance level of 0.05. SPSS (IBM Corporation, USA) version 25 for Windows was used for this purpose.

Some results showed variations in speed, average power, and peak power at different winding heights. Similarly, significant changes in the variables were found when masses were added to or removed from the cone. Thus, it can be inferred that all kinematic variables such as peak and average power, force, and execution speed must be taken into account to monitor the load, since all of them were altered in the different configurations used. It was concluded that higher moments of inertia resulted in higher power and force values and were achieved with a greater number of weights and winding of the rope to the base of the cone; the speed of execution was more stimulated with lower moments of inertia from a smaller number of weights and winding of the rope only at the tip of the cone.

Keywords: Force, Power, Eccentric, Concentric, Speed.

## Introducción

El entrenamiento con sobrecarga excéntrica tiene gran importancia y beneficios a nivel clínico y deportivo (Tesch et al., 2017), incluso más relevantes en comparación con el entrenamiento de fuerza tradicional en el cual la fase concéntrica tiene la mayor exigencia (Franchi et al., 2018); otros métodos han logrado generar una sobrecarga en la fase excéntrica es por ello que se han creado distintos dispositivos para generar dicha sobrecarga en el entrenamiento de fuerza, (Berg & Tesch, 1998).

Uno de estos dispositivos es la polea cónica inercial la cual está diseñada para realizar una aceleración en la fase concéntrica y un frenado en la parte excéntrica, creando así la sobrecarga en dicha fase de la contracción muscular. Este dispositivo genera resistencia en función de la fuerza con la que la persona haga girar el volante y en particular el entrenamiento con polea cónica genera que la tracción a través de un eje vertical en forma de cono, desde su base (implica un diámetro mayor) hasta su vértice (implica un diámetro menor), favorece la aceleración del movimiento en la fase concéntrica y la desaceleración del movimiento en la fase excéntrica con respecto a la tracción a través de un eje horizontal en forma de cilindro (Núñez et al., 2020).

Este estudio se propuso analizar el comportamiento de algunas de las variables cinemáticas asociadas a los ejercicios de fuerza, como la potencia y la velocidad de ejecución en distintos momentos de inercia en una sentadilla con polea cónica inercial, lo cual puede aportar datos relevantes para tener el criterio del correcto manejo y prescripción de las cargas en un entrenamiento con la polea cónica (Martínez-Aranda &

Fernandez-Gonzalo, 2017). Para esto se diseñó un estudio con un modelo de medidas repetidas, donde se buscó comparar el efecto de seis cargas inerciales diferentes configuradas en una polea cónica, sobre los parámetros cinemáticos asociados a la fuerza de miembros inferiores en mujeres universitarias. Se trató de establecer en qué casos la combinación de dos alturas de enrollado de la cuerda en el cono y tres cantidades de masas suplementarias en el disco, generaban respuestas significativamente diferentes en los parámetros cinemáticos estudiados, esto para aportar evidencia útil frente a la poca información que se encuentra con respecto al manejo de las cargas en dispositivos como la polea cónica y de esta forma tener mayor claridad al momento de planificar un entrenamiento con este dispositivo.

## 1. Planteamiento del problema

La resistencia inercial como medio de sobrecarga para el entrenamiento de la fuerza es un recurso que se encuentra en expansión en el ámbito del acondicionamiento físico con fines de salud o de rendimiento deportivo, debido a que se ha encontrado una capacidad de generar sobrecarga en la fase excéntrica de la contracción muscular (Beato et al., 2021; Maroto-Izquierdo et al., 2023). Actualmente hay variedad de dispositivos y el acceso a los mismos es mucho más factible en la actualidad; algunos de estos son cilindros horizontales y conos verticales y una gran variedad empresas los están produciendo, como YoYo Technology®, VersaPulley®, Handy Gym®, entre otras; incluso, en Colombia hay prototipos fabricados por la compañía Wheeler Tech®. Todos estos dispositivos tienen la opción de funcionar conectados a mecanismos de captura de información cinemática, que permiten cuantificar la carga de trabajo en distintos parámetros para las fases concéntrica y excéntrica del movimiento mediante encoder rotatorio.

Sin embargo, la bibliografía disponible sobre parámetros de carga en este tipo de dispositivos es mayor para los que tienen ejes cilíndricos horizontales y resulta un poco más notoria la ausencia de información en cuanto al trabajo de fuerza con polea cónica inercial. Por otra parte, la mayoría de la evidencia sobre efectos agudos y crónicos del entrenamiento de fuerza con estos aparatos se soporta en estudios realizados con población masculina joven y principalmente deportistas (Nuñez Sanchez & Sáez de Villarreal, 2017). Es mucho menor la evidencia que se basa en población femenina,



existiendo ciertos vacíos a la hora de orientar el entrenamiento en este grupo específico.

Otro factor a tener en cuenta es que entre los cilindros y los conos hay diferentes parámetros que condicionan los momentos de inercia producidos, siendo mayor la cantidad de variables de carga presente en los conos inerciales. En este contexto, es evidente la poca información resultante de comparar los resultados entre la variación de cargas en estas máquinas, con respecto a parámetros como las alturas de enrollado o masas que se ponen en la base de los conos inerciales (Rivera et al., 2022), por lo que todavía subsisten pendientes en relación con el manejo de parámetros de carga en este tipo de aparatos, especialmente en el caso de población femenina. Con todo lo anterior, este estudio responde a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la Influencia de la variación de masas y altura del enrollado en una polea cónica, sobre parámetros cinemáticos de la fuerza concéntrica de miembros inferiores en mujeres universitarias?

## 2. Justificación

Este estudio se propone como respuesta a la poca consistencia y gran variedad de parámetros de carga en los dispositivos de resistencia inercial, especialmente las poleas cónicas. Esto se refleja en los momentos de inercia que se encuentran registrados en diferentes estudios sobre entrenamiento con dispositivos de resistencia inercial, pues en una revisión preliminar, se pudo notar que esos momentos de inercia son muy diversos, presentado en algunas ocasiones diferencias mínimas en sus valores y en otras, muy marcadas. De forma general, este estudio aportará más evidencia para la conformación de un acumulado de conocimientos sobre parámetros de carga en conos inerciales, contribuyendo a esta discusión, con la ventaja de centrar la información en población femenina, la cual, dadas sus particularidades biológicas, puede tener una respuesta diferenciada a este tipo de cargas de trabajo en comparación con los hombres.

De este modo, poder evidenciar los resultados que se obtienen de un trabajo de fuerza con resistencia inercial en la población femenina universitaria no entrenada, permitirá realizar futuras comparaciones entre los resultados encontrados con anterioridad en población masculina, así como también abre la posibilidad para que los hallazgos aquí logrados sean afirmados o rebatidos por futuros estudios. Estos resultados también abren la puerta a tener en cuenta poblaciones sedentarias o menos activas físicamente, teniendo en cuenta que la mayoría de información recolectada ha

sido con base en deportistas o sujetos con un nivel de actividad física considerablemente alto.

### **3. Marco Teórico y Estado del Arte**

#### **3.1 El entrenamiento de fuerza y acciones musculares isotónicas.**

Tradicionalmente se ha entrenado la fuerza mediante ejercicios isotónicos, en los cuales se dan distintas contracciones musculares, tales como las concéntricas que se expresan mediante el acortamiento de las fibras y las acciones musculares excéntricas cuya manifestación ocurre durante la fase de alargamiento del músculo. Ambos tipos de contracción se producen con el fin de vencer una resistencia externa, la cual puede ser dada por el peso del propio cuerpo, cargas externas de diverso tipo, entre ellas las más recurridas como los son las pesas y las máquinas de musculación. Si bien, este tipo de entrenamiento puede proporcionar beneficios funcionales significativos, incrementos en las capacidades cognitivas, volitivas y una mejora en la salud general y el bienestar (Padilla Colón et al., 2014), es bien sabido que en los movimientos en contra de la gravedad privilegian la fase concéntrica, limitándose la capacidad de producir fuerza, porque los músculos no son capaces de levantar tanta carga en ese régimen de contracción. Lo anterior en contraste con la cantidad de tensión/fuerza que se produce al bajar una carga con control durante la fase excéntrica debido a las características de fuerza-velocidad de los músculos (Duchateau & Enoka, 2016; (Franchi et al., 2018). Gracias a esto se puede decir que la fase concéntrica limita lo que se puede realizar en la excéntrica, lo que lleva entrenar de una forma a que esta última fase nunca tiene un estímulo óptimo, pues no se trabaja con cargas máximas o submáximas (Maroto-Izquierdo et al., 2022).

Debido a lo anterior el entrenamiento con control de velocidad de ejecución surgió como una alternativa para las distintas demandas en las acciones musculares, ya que monitorear la velocidad de las repeticiones durante el ejercicio contra una resistencia parece importante, porque tanto las demandas neuromusculares como el efecto del entrenamiento en sí dependen en gran medida de la velocidad a la que se levantan las cargas (Sánchez Medina & González-Badillo, 2011). En este aspecto la fase excéntrica también ganó protagonismo al encontrarse que desde el punto de vista de la hipertrofia, la velocidad de movimiento puede tener mayor importancia en el componente excéntrico de una repetición (Schoenfeld, 2010).

A Pesar que se ha demostrado que las contracciones concéntricas e isométricas producen una respuesta hipertrófica, la mayoría de los estudios parecen indicar que las acciones excéntricas tienen el mayor efecto en el desarrollo muscular, así, específicamente, el ejercicio de alargamiento se asocia con un aumento más rápido en la síntesis de proteínas (Moore et al., 2005). Adicionalmente, los entrenamientos que no incluyen contracciones excéntricas resultan en menor hipertrofia (Higbie et al., 1996; Farthing & Chilibeck, 2003). La superioridad hipertrófica del ejercicio excéntrico se atribuye en gran medida a una mayor tensión muscular bajo carga. Se teoriza que esto se debe a una inversión del principio de tamaño del reclutamiento, lo que resulta en el reclutamiento selectivo de las fibras de contracción rápida (Shepstone et al., 2005; Takarada et al., 2000).

### **3.2 La sobrecarga excéntrica en el entrenamiento de fuerza y los dispositivos que la producen**

La importancia de las acciones musculares excéntricas en los ejercicios de fuerza fue un tema retomado a finales de la década de los años 80 y comienzos de los 90 del siglo pasado, debido al auge que para la época habían tomado las estancias de larga duración en el espacio por parte de cosmonautas puestos en órbita (Berg & Tesch, 1994). Esta situación planteó nuevos retos respecto al acondicionamiento físico de estas personas, dada la pérdida de masa muscular y la necesidad de mitigar los efectos negativos asociados con la ausencia de gravedad durante los vuelos espaciales (Kozlovskaya et al., 1990), por lo que se creó un dispositivo mecánico independiente de la gravedad, permitiendo a las tripulaciones entrenar en situaciones de microgravedad y limitando los efectos nocivos de los vuelos espaciales (Alkner et al., 2003).

El fundamento de este dispositivo se basó en la acumulación de energía cinética en volantes que giraban a gran velocidad producto de la acción concéntrica realizada por distintos grupos musculares, según el ejercicio realizado, esta energía generaba un momento de inercia alto en el instante en el que la correa envuelta en el eje que soportaba el disco, se enrollaba y una vez este cambiaba la dirección de su giro y debía ser acelerado nuevamente (Berg & Tesch, 1994), lo que resultaba consecuente con la transición excéntrico – concéntrica, y sobre la cual, años más tarde, se demostraría a través de análisis electromiográficos que produce una mayor actividad eléctrica en los músculos que intervienen durante la fase de alargamiento (Norrbrand et al., 2007;

Norrbrand et al., 2010). Esto fundamentó la aparición de dispositivos y métodos de entrenamiento de la fuerza con sobrecarga excéntrica.

El entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica apareció con el fin de dar una mayor intensidad a esta fase de la contracción muscular (Maroto-Izquierdo et al., 2023) ya que en el entrenamiento de fuerza tradicional (isotónico) donde se recibe el mayor estímulo es en la fase concéntrica, debido a que el individuo ajusta la carga máxima al momento de levantar dicha carga (fase concéntrica). Sin embargo, esta carga máxima varía en el momento de bajarla controladamente (fase excéntrica) debido a las características fuerza-velocidad de los músculos. (Franchi et al., 2018). Este tipo de entrenamiento tiene gran importancia y beneficios a nivel clínico y deportivo (Tesch et al., 2017; Suchomel et al., 2019), incluso más relevantes en comparación con el entrenamiento de fuerza tradicional, donde la fase concéntrica tiene la mayor exigencia (Franchi et al., 2018).

Los dispositivos de volante de inercia, son medios de entrenamiento que se usan para el desarrollo del rendimiento, la prevención de lesiones y la rehabilitación clínica (Tesch et al., 2017)(Askling et al., 2003). Como se mencionó anteriormente, estos aparatos tienen características únicas y ofrecen diversas ventajas en los ejercicios de fuerza isotónicos, comparativamente con medios de entrenamiento de fuerza tradicionales (Tesch et al., 2017; Madruga-Parera et al., 2022). Así, los dispositivos de inercia rotatoria han sido diseñados para utilizar el momento de inercia de un volante giratorio con el fin de proporcionar una carga de resistencia máxima durante todas las

fases del movimiento (Nuñez Sanchez & Sáez de Villarreal, 2017). Estos sistemas proporcionan una fuente de resistencia lineal a partir de una cuerda enrollada alrededor de un cilindro horizontal (Norrbrand et al., 2008) o un eje vertical en forma de cono (Nuñez Sanchez & Sáez de Villarreal, 2017). La energía cinética de la fase de aceleración (fase concéntrica) del ejercicio se transfiere a la fase de desaceleración (fase excéntrica), donde se necesita una activación muscular igual o de mayor exigencia para detener la rotación del momento de inercia (Nuñez Sanchez & Sáez de Villarreal, 2017).

Los dispositivos de volante de inercia se pueden clasificar según sus diferencias: los que tienen forma de cono vertical (Gonzalo-Skok et al., 2017; Núñez et al., 2020) y los que tienen forma de cilindro horizontal (Cuenca-Fernández et al., 2019). La principal diferencia entre ellos es la forma del eje giratorio; mientras que en el dispositivo con forma de cono el eje tiene un radio decreciente desde la base hasta la parte superior, en el dispositivo con forma de cilindro, el radio aumenta debido a la correa que se enrolla alrededor del eje giratorio sobre sí misma (Núñez et al., 2020). Por lo tanto, un dispositivo de tipo cónico ofrece una mayor variación en el radio durante el movimiento en comparación con un dispositivo cilíndrico horizontal.

La polea cónica se utiliza habitualmente tanto a nivel deportivo como investigativo y está diseñada para realizar una aceleración y un frenado, creando así una sobrecarga en la fase excéntrica de la contracción muscular (Beato et al., 2019; Fernandez-Gonzalo et al., 2014; Gonzalo-Skok et al., 2017). A diferencia de otros



dispositivos de volante, las poleas cónicas propicia acciones musculares excéntricas acentuadas esto relacionado con la intensidad que se realice en la fase concéntrica, todo se realiza a altas velocidades lo cual permite movimientos específicos y multidireccionales (Gonzalo-Skok et al., 2017; Núñez et al., 2017). Cabe destacar la importancia de alcanzar los valores de sobrecarga excéntrica, ya que el aumento de la fuerza tras un programa de entrenamiento con volante de inercia es mayor cuando existe la mencionada sobrecarga durante el entrenamiento (Nuñez Sanchez & Sáez de Villarreal, 2017).

En los dispositivos de polea cónica, la intensidad del ejercicio se puede ajustar a través de dos modos diferentes: primero, añadiendo o quitando cualquier número de las 6 pesas situadas en la base del cono (este número de masas puede diferir según el modelo y fabricante del dispositivo) y el segundo modo, seleccionando uno de los cuatro niveles de altura que pueden cambiarse lo cual varía el punto en el cual se enrolla la cuerda en el cono, siendo el nivel de altura 4 la posición superior o donde la cuerda se enrolla alrededor del diámetro más estrecho del cono y el nivel 1 la posición más baja, siendo la parte más ancha del cono (Moras et al., 2018; Moras et al., 2019). Se ha encontrado que la selección del nivel de altura influye en el factor geométrico, es decir, el radio de la polea cónica, lo que, en consecuencia afecta a la producción de fuerza y potencia (Sabido et al., 2020).

Este dispositivo genera resistencia en función de la fuerza con la que la persona haga girar el volante en la fase concéntrica, en particular el entrenamiento con polea cónica produce que la tracción a través de un eje vertical en forma de cono, desde su base (es decir, un diámetro mayor) hasta su vértice (es decir, un diámetro menor), favorece la aceleración del movimiento en la fase concéntrica y su desaceleración en la fase excéntrica, a diferencia de la tracción a través de un eje horizontal en forma de cilindro (Núñez et al., 2020). En relación con los parámetros de carga, en las poleas cónicas, se ha determinado que ejercen influencia, variables como la longitud de la cuerda, la altura de enrollado de la misma en el cono y las masas suplementarias que se ponen en la base del cono. Todo esto se puede modificar de forma independiente y también combinada, con el fin de generar variabilidad en los momentos de inercia producidos (Sabido et al., 2020).

### **3.3 Parámetros de carga de entrenamiento con dispositivos de volante de inercia**

El entrenamiento de fuerza con resistencia inercial tiene dentro de sus variables unos parámetros de carga que producen efectos agudos como respuesta y la sumatoria de los mismos lleva a efectos crónicos. En el caso de los primeros no son tan abundantes los estudios y todavía hay cierta brecha en el conocimiento. Por ejemplo, Martínez-Aranda & Fernandez-Gonzalo, (2017) analizaron la fuerza, potencia, trabajo y sobrecarga excéntrica en mujeres y hombres durante el entrenamiento con un dispositivo de volante de inercia en un ejercicio de extensión de piernas y con seis

momentos de inercia distintos. Se encontró que la potencia disminuyó a medida que se utilizaron inercias más altas y los hombres mostraron mayores disminuciones que las mujeres; por el contrario, el trabajo aumentó a medida que se emplearon mayores inercias, independientemente del sexo. Las mujeres aumentaron la fuerza media concéntrica y excéntrica más que los hombres, y éstos últimos, a diferencia de las mujeres, tuvieron mayor sobrecarga excéntrica desde la inercia 0,0125 a 0,0375 kg\*m<sup>2</sup> (Martínez-Aranda & Fernandez-Gonzalo, 2017).

Por su parte, Sabido et al., (2020) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la influencia del uso de tres longitudes de cuerda diferentes (1,2, 2,5 y 3,5 metros) y cuatro niveles de altura igualmente distintos ( L1, L2, L3 y L4) sobre la potencia máxima concéntrica, potencia excéntrica y sobrecarga excéntrica durante los ejercicios con polea cónica. Además se usaron tres momentos de inercia, pero a pesar de la gran diferencia en la longitud de la cuerda utilizada (1,5 vs 3,5 m), las diferencias en la producción de potencia y los valores de sobrecarga excéntrica no alcanzaron significación estadística (Sabido et al., 2020). Otro estudio también analizó si el uso de un dispositivo de entrenamiento de fuerza con volante de inercia puede influir en la producción de fuerza y velocidad, independiente de la inercia utilizada. Se encontró que el aumento de la inercia del volante provocó una disminución de la velocidad concéntrica máxima, la velocidad excéntrica máxima y la velocidad excéntrica media (McErlain-Naylor & Beato, 2020).

En general, puede decirse que hace falta mayor conocimiento sobre control de cargas en el entrenamiento con dispositivo de volante de inercia (Beato & Dello Iacono, 2020), ya que el correcto manejo de las cargas para el mencionado dispositivo puede permitir tener conocimiento de cómo, cuándo y con cuánto empezar o terminar una sesión, o hasta una serie de repeticiones en un entrenamiento, lo que conlleva a tener mejores resultados y por ende mayores adaptaciones y rendimiento después de realizar un entrenamiento con volante de inercia (Martínez-Aranda & Fernandez-Gonzalo, 2017).

Muy a pesar de ese vacío, es preciso destacar que el entrenamiento con polea cónica ha ganado relevancia gracias a su capacidad de generar sobrecarga en la fase excéntrica de la contracción muscular (Beato et al., 2021), ya que dicha sobrecarga tiene diferentes efectos tales como: adaptaciones moleculares específicas para las fibras musculares de contracción rápida y la síntesis de proteínas, una mayor producción de fuerza y un menor costo energético en comparación con la contracción concéntrica, e inducir adaptaciones neuronales crónicas, como el aumento de la sincronización de las unidades motoras (Maroto-Izquierdo et al., 2021). Cabe destacar la importancia de alcanzar valores de sobrecarga excéntrica, ya que los aumentos de fuerza después de un programa de entrenamiento con volantes son mayores con la existencia de esta sobrecarga durante el entrenamiento con polea cónica (Nuñez Sanchez & Sáez de Villarreal, 2017), lo cual es importante en el campo del deporte para la prevención de lesiones, mejorar el rendimiento (sprint, saltos y cambios de dirección) e incluso en rehabilitación, (Beato et al., 2021). Estos efectos se han

encontrado tanto en población entrenada como en no entrenados (Tesch et al., 2017). Sin embargo, los estudios realizados en mujeres son pocos (Beato et al., 2021).

Por todo lo anterior, este estudio se propone como respuesta a la poca consistencia y gran variedad de momentos de inercia en los diferentes estudios examinados (Beato & Dello Iacono, 2020), pues tienen rangos muy diversos y variables, presentando en ocasiones diferencias mínimas o muy marcadas (McErlain-Naylor & Beato, 2020). Todavía no se sabe con exactitud qué valor en la unidad de medida de un momento de inercia ( $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ) representa un aumento significativo de la carga de modo que se permita una acertada periodización de este parámetro.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general:**

Analizar la influencia de la variación de masas y altura de enrollado en una polea cónica, sobre la potencia y las variables que la constituyen en la fuerza de piernas de mujeres universitarias.

### **4.2 Objetivos específicos:**

- Identificar si las alturas de enrollamiento influyen de manera independiente en la manifestación de la potencia y las variables que la constituyen.
- Establecer el modo como las masas suplementarias afectan la manifestación de la potencia y las variables que la constituyen.
- Determinar cómo influyen de forma combinada las diferentes masas suplementarias y niveles de altura en la polea, sobre la potencia y las variables que la constituyen.

## **5. Metodología**

### **5.1 Diseño:**

Se realizó como diseño experimental, un modelo de medidas repetidas (Gravetter & Wallnau, 2014), donde un grupo de estudiantes universitarias de sexo femenino hicieron una sentadilla media usando una polea cónica, con seis cargas inerciales distintas y cada una en sesión diferente, esto con el fin de comprobar posibles diferencias entre esas cargas respecto a parámetros cinemáticos asociados a la fuerza, las participantes.

### **5.2 Población:**

Se convocó a las mujeres vinculadas como estudiantes activas al programa académico Licenciatura en Educación Física y Deporte de la Universidad del Valle sede Meléndez. Dado que la participación era voluntaria se trató de un muestreo no probabilístico, donde el tamaño de muestra se definió con base en estudios similares que sugieren entre 15 y 22 sujetos (Beato et al., 2020; Martínez-Aranda & Fernandez-Gonzalo, 2017). Teniendo en cuenta la probabilidad de deserción y que algunas mujeres no participaron en el estudio, se esperaba contar con una población final de al menos 30 casos, lo que permitió asumir la Teoría de Límite Central como indicador posible para la utilización de estadística paramétrica en el análisis de los datos y la

aplicación de pruebas de normalidad. Finalmente se evaluaron 32 mujeres ( $23.2 \pm 2.7$  de edad) que cumplieron con todas las condiciones y sesiones dispuestas para el proyecto.

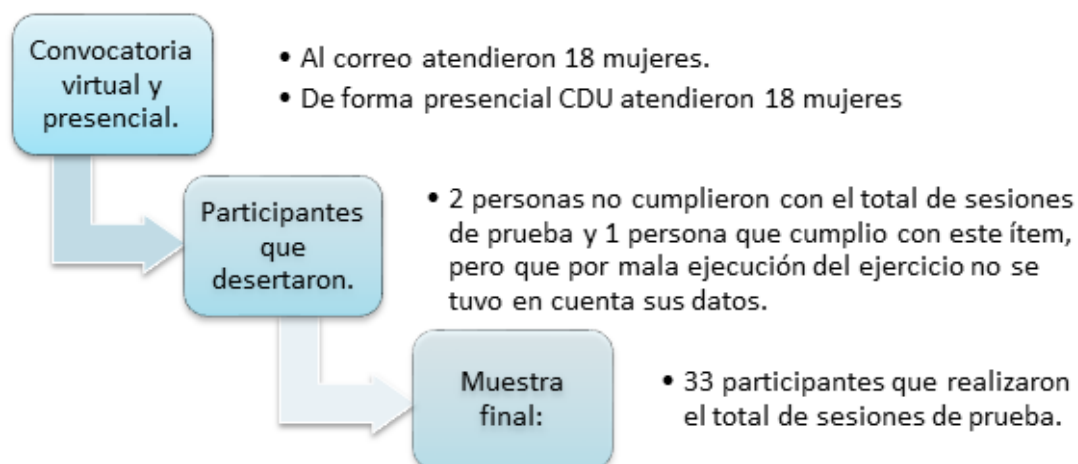
### **5.2.1 Reclutamiento de las participantes**

Las participantes del estudio se captaron del programa académico Licenciatura en Educación Física y Deporte de la Universidad del Valle, siendo convocadas a través de un mensaje colectivo enviado vía correo electrónico a las direcciones institucionales, de modo que la lista de destinatarios estuvo oculta. Igualmente hubo casos en los que se extendió la invitación de forma presencial mediante invitación en las aulas de clase. En la convocatoria se les indicó las particularidades del estudio, así como los riesgos y beneficios del mismo. Posteriormente y luego de tener una respuesta de querer participar voluntariamente en el proyecto, se envió un cuestionario de Google Forms con el Par-Q (ver Anexo 1), esto para conocer quienes eran aptas para realizar las pruebas. Como inicialmente no se pudo captar la cantidad de personas esperadas, se recurrió a una segunda convocatoria centrada en la población que frecuentaba el Centro Deportivo Universitario para captar más participantes, después de esto se continuó con los filtros ya mencionados. El flujograma que resume el proceso de captación de la muestra del estudio se muestra en la figura 1:



## Ilustración 1.

Flujograma de la muestra del estudio.



### 5.2.2 Criterios de selección

Se incluyeron todas las mujeres con rango de edad de entre 18 y 35 años que aceptaron y firmaron el consentimiento informado y que al responder el cuestionario Par-Q negaron tener enfermedades y/o problemas articulares que pudieran afectar la realización de las actividades del estudio.

### 5.2.3 Criterios de exclusión

Se excluyeron todos aquellos casos que tras ser seleccionados refieran el consumo de estatinas o presentaran alguna afectación muscular durante la aplicación

del protocolo del estudio y que afectaba su desempeño físico durante las sesiones sucesivas. Tampoco se consideraron los datos de los casos que no completaron la totalidad del protocolo de evaluación y/o quienes no realizaron de forma correcta dicho protocolo.

### 5.3 Definición de las variables y recolección de la información

La tabla de operacionalización de las variables del estudio se presenta a continuación:

**Tabla 1.**

*Operacionalización de variables*

| <b>Variable</b>    | <b>Clasificación</b>  | <b>Tipo de variable</b> | <b>Códigos o unidad de medición</b> |
|--------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Edad               | Cuantitativa de razón | Independiente           | Años cumplidos                      |
| Talla              | Cuantitativa de razón | Independiente           | Centímetros                         |
| Peso               | Cuantitativa de razón | Independiente           | kilogramos                          |
| Momento de inercia | Cuantitativa de razón | Independiente           | Kg*m <sup>2</sup>                   |
| Velocidad media    | Cuantitativa de razón | Dependiente             | m/s                                 |
| Potencia media     | Cuantitativa de razón | Dependiente             | Vatios (W)                          |
| Potencia pico      | Cuantitativa de razón | Dependiente             | Vatios                              |
| Fuerza media       | Cuantitativa de razón | Dependiente             | Newton (N)                          |

## 5.4 Métodos de recolección de la información

La recolección de información consistió en el registro de datos básicos y el registro de información de parámetros cinemáticos asociados a la ejecución de ejercicios de fuerza en una polea cónica inercial, durante la ejecución de una sentadilla media. Todo se realizó en cuatro sesiones, de las cuales la primera fue para la toma de datos personales como: nombre, fecha de nacimiento, teléfono, contacto de emergencia, dirección de residencia y edad; también, se recolectaron datos antropométricos básicos como talla y masa corporal. El segundo propósito de esa primera sesión apuntó a la familiarización con respecto al uso del implemento, ejecución del ejercicio, y explicación del protocolo a utilizar.

En las tres sesiones siguientes se llevó a cabo el protocolo experimental, donde el ejercicio a realizar fue una sentadilla media, de modo que la ejecutante vistiendo un arnés estuvo atada a través de un cordino a un cono inercial marca Wheeler® y tuvo tras de sí una referencia la cual constaba de una banda anclada a dos soportes laterales, la cual fue ajustada a la medida del cóndilo de la rodilla para de que de esta forma la profundidad de la flexión de piernas fuera siempre el adecuado para la estatura de la persona y así alcanzar siempre los 90° de flexión de piernas. El cono inercial usado tenía cuatro anclajes que permitían igual número de alturas de enrollamiento de la cuerda y una base sobre la cual era posible fijar masas suplementarias, ambas cosas como criterios de variación de la carga. Este dispositivo se puede ver en la figura 2.

**Ilustración 2.**

Polea cónica inercial marca Wheeler®



De acuerdo con la figura 2, para este estudio se utilizaron dos alturas de enrollamiento de la cuerda siendo las más extremas: la punta del cono, para el caso entendida como nivel 4 y la base del mismo, que sería el nivel 1. Por otra parte, en la base del cono se establecieron tres opciones de masas suplementarias de la siguiente forma: sin masas, con tres masas y con seis masas, lo que combinado con las dos alturas de enrollamiento inicialmente mencionadas permitió establecer seis cargas inerciales.

Las masas suplementarias de la base del cono permitieron establecer el momento de inercia ( $\text{Kg}\cdot\text{m}^2$ ), que es el parámetro que cuantifica la resistencia del eje del cono al cambiar el sentido de la velocidad de rotación. De este modo, fueron

implementados para el trabajo tres momentos de inercia a saber: 0 masas:  $0.09 \text{ Kg}\cdot\text{m}^2$ ; 3 masas:  $0.13 \text{ Kg}\cdot\text{m}^2$ ; 6 masas:  $0.18 \text{ Kg}\cdot\text{m}^2$ . Estos valores fueron obtenidos según la configuración del software de captura de información con el que se operó el dispositivo.

La combinación de los parámetros de carga que se utilizaron se implementó como se muestra en la tabla 2:

**Tabla 2.**

*Combinación de variables para las seis cargas / momentos de inercia del estudio*

| Configuración | Altura de Enrollado | Cantidad de masas en la base del cono | MI   |
|---------------|---------------------|---------------------------------------|------|
| 1             | 1                   | Sin masas                             | 0.09 |
| 2             | 1                   | Tres masas                            | 0.13 |
| 3             | 1                   | Seis masas                            | 0.18 |
| 4             | 4                   | Sin masas                             | 0.09 |
| 5             | 4                   | Tres masas                            | 0.13 |
| 6             | 4                   | Seis masas                            | 0.18 |

De acuerdo con lo anterior, la ejecución de cada carga constó de 8 repeticiones, de las cuales sólo se tuvieron en cuenta las últimas 6, puesto que las dos primeras fueron utilizadas como fase de aceleración. La polea cónica utilizada tenía un encoder rotatorio incorporado a su estructura y por medio del mismo, se evaluaron los siguientes parámetros cinemáticos: velocidad de ejecución (m/s) que se refiere a la velocidad con la que se ejecutó el movimiento en cada repetición. Para el caso se valoró la velocidad media. En segunda instancia se valoró la potencia media (W): que es el promedio resultante entre la aceleración del cono como en la fuerza para frenar dicha aceleración. Es decir, es el resultado entre la fase concéntrica y la fase excéntrica. En el mismo sentido se registró la potencia pico (W), que es la máxima potencia lograda en algún momento de toda la ejecución de la serie, específicamente en la fase concéntrica. Por último, se cuantificó la Fuerza (N), definida como la resistencia que el cono opone al usuario y esto está directamente relacionado con la fuerza aplicada inicialmente por el mismo usuario. Todo lo anteriormente registrado se hizo para la fase concéntrica del movimiento.

La información se capturó por el software Chronojump®. Por otra parte, cómo se evaluaron seis diferentes configuraciones del cono inercial, donde se combinaron entre dos alturas y tres tipos de carga diferentes y para evitar un posible sesgo de progresión o autogestión por parte de los participantes frente a dichas cargas, las mismas se administraron de forma aleatoria al participante. Para esto último - la aleatorización- se utilizó el programa [Randomization.com](https://www.randomization.com/).

Sobre el procedimiento, las participantes hicieron un calentamiento estandarizado que consiste en movilidad articular, 8 minutos de bicicleta estática y 4 minutos de movilidad dinámica. En cada sesión se midieron dos cargas equivalentes a dos momentos de inercia diferentes. Hubo una semana de diferencia entre cada sesión para evitar adaptaciones de cargas y efectos de aprendizaje (Beato et al., 2020); en total, la fase de recolección de datos tomó 4 semanas por cada participante. El horario de las sesiones fue el mismo para todas con el fin de evitar variaciones acumulativas del estilo de vida natural y diario de cada persona, la sesión tuvo de una duración aproximada de 45 minutos y hubo un descanso de 8 minutos entre cada serie de sentadilla.. No se permitió la ingesta de alcohol, ni cafeína antes de las sesiones, la ingesta nutricional fue normal (Beato et al., 2020).

El lugar donde se llevó a cabo la toma de datos de la investigación fue el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio del Departamento de Educación Física y Deporte, edificio D4 primer piso, Universidad del Valle, campus de Meléndez.

## **5.5 Aspectos éticos**

Tras el reclutamiento de las participantes se les aclaró que la información se usaría solamente con fines académicos y que no sería compartida a terceros además se protegió su identidad, para ello cada participante tuvo un código asignado en la base de datos y la información no se procesó ni publicó individualmente. Todas las participantes fueron informadas con anterioridad sobre los procedimientos a aplicar en

el estudio, sus riesgos y beneficios y aprobaron su participación mediante la firma de un consentimiento informado (ver Anexo 2). No obstante, los procedimientos de este estudio siguieron todos los requerimientos y exigencias del Comité de Ética de la Investigación de la Facultad de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle y fueron avalados según el Acta Nro. 011-2024 (ver Anexo 1).

## **5.6 Control de sesgos**

Para asegurar la confiabilidad en el registro de la información del estudio, se implementaron diversas estrategias tanto en la toma de decisiones como en la ejecución del protocolo. Se establecieron criterios claros de inclusión y exclusión para seleccionar a la población participante, con el propósito de conformar un grupo homogéneo y minimizar las variaciones externas entre las participantes. Asimismo, se consideraron los posibles errores derivados del personal encargado de aplicar las pruebas. Por tal motivo, se elaboró un protocolo escrito y se llevaron a cabo dos semanas de pruebas piloto, en las que solo participaron las personas responsables de guiar y supervisar las evaluaciones finales.

Otro aspecto clave fue mantener constante el rango de profundidad de la sentadilla, así como asegurar la aplicación de la máxima potencia posible. Para ello, se utilizó una silla que permitía fijar un ángulo aproximado de 90 grados en la articulación de la rodilla, el cual se estableció como punto de referencia para cada participante.



Durante cada prueba, se alentó a las usuarias a ejecutar el ejercicio con la mayor fuerza posible.

Dado que se infiere que la variación de cargas representa una diferenciación entre cada nivel, y con el fin de no condicionar la percepción del esfuerzo por parte de las participantes, se estableció un orden aleatorio en la aplicación de dichas cargas, evitando así una percepción anticipada de incremento o disminución del esfuerzo requerido. Finalmente, se utilizó el mismo dispositivo para todas las participantes, con el fin de evitar variaciones asociadas a diferencias en masas, momentos de inercia, diámetros del cono y otros factores que pueden variar entre modelos. De igual forma, se implementó un protocolo de calibración para cada sesión de trabajo.

## **5.7 Análisis estadístico**

La información se capturó en el software Chronojump® y desde allí se exportó a un formato CSV desde donde se configuró la base de datos en Excel. Para esto, en cada caso se analizaron las 6 repeticiones de cada una de las cargas verificando la correcta ejecución con base en la distancia recorrida, tomando para estudio aquella repetición que tuviera el mayor valor de potencia media y con este los de las demás variables estudiadas. De este modo los datos se procesaron con estadística descriptiva (medidas de tendencia central y dispersión) presentándose a través de la media y la desviación estándar. La normalidad en la distribución se verificó con la prueba Shapiro-Wilk conforme a la cantidad de casos que respondieron a la convocatoria. La

comparación entre las seis cargas inerciales se hizo a través de la prueba ANOVA de medidas repetidas y las diferencias entre estas se verificó con la prueba Pos Hoc de Bonferroni, estableciendo un nivel de significancia estadística de 0,05. Todos los análisis se hicieron utilizando el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS/PC) versión 25.0 para Windows.

## 6. Resultados

### 6.1 Influencia de las alturas de enrollado sobre la manifestación de la potencia y las variables que la constituyen.

El primer análisis a presentar es la comparación de las variables estudiadas entre las parejas de cargas con el mismo número de masas, pero con diferente nivel de enrollado, el mismo se puede ver en la tabla 3:

**Tabla 3.** Comparación de la potencia y las variables que la constituyen según la altura de enrollado

| Par (MI) | Variable  | Media o Mediana (DE o RI) | Shapiro Wilk | Estadístico de prueba T o W | Significancia T o W |
|----------|-----------|---------------------------|--------------|-----------------------------|---------------------|
| 1(0,09)  | PMedia B0 | 243,4 (110,8)             | 0,26         | -4,66                       | 0,00                |
|          | PMedia P0 | 314,4 (87,5)              | 0,48         |                             |                     |
| 2(0,13)  | PMedia B3 | 436,3 (136,5)             | 0,37         | 0,20                        | 0,84                |
|          | PMedia P3 | 428,3 (171,2)             | 0,12         |                             |                     |
| 3(0,18)  | PMedia B6 | 484,6 (206,6)             | 0,15         | 1,83                        | 0,08                |
|          | PMedia P6 | 401,8 (182,7)             | 0,58         |                             |                     |
| 1(0,09)  | PPico B0  | 808,2 (415,8)             | 0,07         | -4,49                       | 0,00                |
|          | PPico P0  | 1149,3 (366,0)            | 0,96         |                             |                     |
| 2(0,13)  | PPico B3  | <b>1612,9 (648,4)</b>     | 0,24         | -1,085c                     | 0,28                |
|          | PPico P3  | <b>1680,0 (728,8)</b>     | <b>0,02</b>  |                             |                     |

|         |           |                        |             |         |      |
|---------|-----------|------------------------|-------------|---------|------|
| 3(0,18) | PPico B6  | 1718,8 (736,4)         | 0,20        | 1,16    | 0,26 |
|         | PPico P6  | 1493,1 (777,6)         | 0,23        |         |      |
| 1(0,09) | Vel B0    | 0,218 (0,028)          | 0,75        | -3,51   | 0,00 |
|         | Vel P0    | 0,236 (0,031)          | 0,72        |         |      |
| 2(0,13) | Vel B3    | 0,205 (0,029)          | 0,85        | -4,06   | 0,00 |
|         | Vel P3    | 0,223 (0,031)          | 0,89        |         |      |
| 3(0,18) | Vel B6    | 0,193 (0,028)          | 0,39        | -1,92   | 0,06 |
|         | Vel P6    | 0,199 (0,030)          | 0,97        |         |      |
| 1(0,09) | Fuerza B0 | <b>1257,8 (738,9)</b>  | <b>0,05</b> | -1,832b | 0,07 |
|         | Fuerza P0 | <b>1238,9 (349,3)</b>  | 0,25        |         |      |
| 2(0,13) | Fuerza B3 | <b>1924,4 (500,1)</b>  | <b>0,02</b> | -1,365c | 0,17 |
|         | Fuerza P3 | <b>1776,9 (632,8)</b>  | <b>0,01</b> |         |      |
| 3(0,18) | Fuerza B6 | <b>2251,3 (737,5)</b>  | <b>0,04</b> | -1,515c | 0,13 |
|         | Fuerza P6 | <b>1959,6 (1325,6)</b> | 0,16        |         |      |

*Nota: Tabla 3 MI Momento de inercia PMedia: Potencia media PPico: Potencia Pico Vel: Velocidad DE: Desviación estándar RI: Rango Intercuartil B: Base del cono P: Punta del cono. # 0,3,6: Número de masas suplementarias.*

En la tabla 3 se puede observar que cuando se realizaron las comparaciones entre la manifestación de los parámetros evaluados, cuando la cuerda se enrolló hasta la base o en la punta del cono, utilizando distinta cantidad de masas suplementarias, se encontraron diferencias significativas cuando el cono no tenía masas. Dichas diferencias se presentaron en la potencia media y la potencia pico, lo que demuestra que cuando la cuerda se enrolló por completo en el cono, es decir hasta la base, pero sin carga adicional, se generó más potencia. Adicionalmente y según el mismo análisis entre las variables que constituyen la potencia, esas diferencias mencionadas fueron

causadas por la velocidad de ejecución. En cuanto a las otras configuraciones los resultados no fueron concluyentes ya que no hubo diferencias significativas. (Para mejor comprensión pueden remitirse a las gráficas en anexo 4)

En otro sentido, la ausencia de diferencias significativas en los parámetros estudiados cuando el cono tuvo masas suplementarias (3 o 6) y donde no hubo diferencias significativas en los promedios o las medianas de estos parámetros, al parecer muestran que la altura de enrollado no influyó en la potencia media ni la potencia pico. Vale la pena anotar que en la mayoría de los casos los valores obtenidos no se comportaron con un patrón definido en la potencia ni la velocidad de ejecución; aunque en la fuerza si hubo valores mayores cuando la cuerda se enrolló hasta la base, pero sin diferencias estadísticamente significativas.

En conclusión, al parecer por los datos recolectados se puede deducir que mientras la base tenga masas adicionales la altura de enrollado no parece influir en la manifestación de ningún parámetro cinemático. Mientras que si la base no tiene masas adicionales la altura de enrollado podría considerarse como influencia para lograr una mayor velocidad producida en el giro del cono.

## **6.2 Contribución de las masas suplementarias sobre la manifestación de la potencia y las variables que la constituyen.**

El segundo análisis realizado consistió en la comparación entre la manifestación de las cuatro variables estudiadas cuando se tenía una misma altura de enrollado (Base o la punta) con las tres diferentes configuraciones de masas (sin masas, con tres masas o con 6 masas). Eso se hizo mediante una ANOVA de Medidas Repetidas y el resultado de ese análisis se puede observar en las tablas 4 y 5.

**Tabla 4.** Comparación de la potencia y las variables que la constituyen con el enrollado en la base y distintos números de masas.

| MI   | Variable     | Media (DE)     | Dif | Valor F<br>Anova | Significancia |
|------|--------------|----------------|-----|------------------|---------------|
| 0,09 | PMedia B0    | 239,4 (19,7)   | *   | 30,92            | 0,00          |
| 0,13 | PMedia B3    | 433,5 (23,9)   | ~   |                  |               |
| 0,18 | PMedia B6    | 483,3 (35,9)   | °   |                  |               |
| 0,09 | PPico B0     | 791,3 (74,3)   | *   | 27,34            | 0,00          |
| 0,13 | PPico B3     | 1563,7 (90,9)  | ~   |                  |               |
| 0,18 | PPico B6     | 1708,9 (128,5) | °   |                  |               |
| 0,09 | Velocidad B0 | 0,22 0 (0,005) | *   | 14,17            | 0,00          |
| 0,13 | Velocidad B3 | 0,20 (0,005)   | ~   |                  |               |
| 0,18 | Velocidad B6 | 0,19 (0,005)   | °   |                  |               |
| 0,09 | Fuerza B0    | 1046,7 (75,9)  | *   | 47,92            | 0,00          |
| 0,13 | Fuerza B3    | 1850,1 (79,6)  | ~   |                  |               |
| 0,18 | Fuerza B6    | 2164,3 (125,3) | °   |                  |               |

*Nota: Tabla 4 MI: Momento de inercia PMedia: Potencia media PPico: Potencia Pico DE: Desviación estándar B: Base del cono # 0,3,6: Número de masas suplementarias. \*: Diferencia con ambas cargas ~: Diferencia entre carga B0 y B3 &: Diferencia entre B3 y B6 °: Diferencia entre B0 y B6*

En la tabla 4 se puede ver una tendencia que, cuando el cono no tiene masas suplementarias y la sogla se enrolla hasta la base, los valores de potencia son significativamente menores comparativamente a cuando el cono tiene tres o seis masas. También, se puede observar que la potencia es ascendente y dependiente del número de masas que se coloque, pudiéndose notar que a mayor cantidad de masas, se observa mayor potencia pico y potencia media. Esos valores ascendentes de potencia se relacionan con los valores ascendentes que también tiene la fuerza, mismos que contrastan con una reducción en la velocidad. (Para mejor comprensión pueden remitirse a las gráficas en anexo 5)

Se puede deducir que a mayor momento de inercia hay cambios significativos en la potencia a expensas de una mayor demanda de fuerza y que la variación en esa escala de valores para ese momento de inercia 0,04 y 0,05 Kg\*m<sup>2</sup> resultaron significativos a la hora de representar más carga para las ejecutantes en el ejercicio estudiado, siendo este un resultado esperado dado por el aumento de la carga. En otro sentido, un momento de inercia más bajo se reflejó en valores de velocidad mayores, pero más bajos en la potencia.

En la tabla 5 se presenta la comparación de las variables estudiadas cuando la altura del enrollado fue en la punta del cono y se pusieron tres diferentes configuraciones de masas (0, 3 y 6 masas suplementarias).

**Tabla 5.** Comparación de la potencia y las variables que la constituyen con el enrollado en la punta y distintos números de masas.

| MI   | Variable     | Media (DE)      | Dif | Valor F Anova | Significancia |
|------|--------------|-----------------|-----|---------------|---------------|
| 0,09 | PMedia P0    | 307,392 (16,7)  | *   | 6,776         | 0,002         |
| 0,13 | PMedia P3    | 427,932 (29,8)  | ~   |               |               |
| 0,18 | PMedia P6    | 407,289 (32,3)  | °   |               |               |
| 0,09 | PPico P0     | 1120,9 (69,7)   | ~   | 4,282         | 0,025         |
| 0,13 | PPico P0     | 1482,8 (109,5)  | ~   |               |               |
| 0,18 | PPico P6     | 1505,9 (135,8)  |     |               |               |
| 0,09 | Velocidad P0 | 0,24 (0,005)    | °   | 23,562        | 0,000         |
| 0,13 | Velocidad P3 | 0,22 (0,006)    | &   |               |               |
| 0,18 | Velocidad P6 | 0,20 (0,005)    | *   |               |               |
| 0,09 | Fuerza P0    | 1188,32 (55,1)  | *   | 15,202        | 0,000         |
| 0,13 | Fuerza P3    | 1720,76 (93,0)  | ~   |               |               |
| 0,18 | Fuerza P6    | 1857,82 (122,2) | °   |               |               |

*Nota: Tabla 5 MI: Momento de inercia PMedia: Potencia media PPico: Potencia Pico DE: Desviación estándar P: Punta del cono # 0,3,6: Numero de masas suplementarias. \*: Diferencia con ambas cargas ~: Diferencia entre carga P0 y P3 &: Diferencia entre P3 y P6 °: Diferencia entre P0 y P6*

En la tabla 5 se puede notar que cuando el nivel de enrollado se mantiene en la punta del cono, los valores más altos de potencia pico y potencia media se dan como resultado de mayor número de masas donde se genera mayor fuerza, pero menor



velocidad, continuando con lo que se pudo percibir cuando se enrolla toda la soga en el cono y se incrementan las masas.

### **6.3 Incidencia combinada de las masas suplementarias y niveles de altura de enrollado en la polea, sobre la potencia y las variables que la constituyen.**

El último análisis realizado integró la comparación de las variables estudiadas según las seis configuraciones con las que se trabajó: dos alturas de enrollado versus tres masas suplementarias en el cono. Esto se hizo mediante una ANOVA de Medidas Repetidas y el resultado de ese análisis se puede observar en la tabla 6:

**Tabla 6.** *Comparación de la potencia y las variables que la constituyen según todas las configuraciones de carga.*

| # carga (MI) | Variable     | Media (DE)     | Dif      | Valor F Anova | Significancia |
|--------------|--------------|----------------|----------|---------------|---------------|
| 1(0,09)      | PMedia B0    | 239,4 (19,7)   | *        | 16,22         | 0,00          |
| 2(0,13)      | PMedia B3    | 433,5 (23,9)   | *1,4     |               |               |
| 3(0,18)      | PMedia B6    | 483,3 (35,9)   | *1,4     |               |               |
| 4(0,09)      | PMedia P0    | 307,4 (16,7)   | *1,2,3,5 |               |               |
| 5(0,13)      | PMedia P3    | 427,9 (29,8)   | *1,4     |               |               |
| 6(0,18)      | PMedia P6    | 407,3 (32,3)   | *1       |               |               |
| 1(0,09)      | PPico B0     | 791,3 (74,3)   | *        | 12,47         | 0,00          |
| 2(0,13)      | PPico B3     | 1563,7 (90,9)  | *1,4     |               |               |
| 3(0,18)      | PPico B6     | 1708,9 (128,5) | *1,4     |               |               |
| 4(0,09)      | PPico P0     | 1120,9 (69,7)  | *1,2,3   |               |               |
| 5(0,13)      | PPico P3     | 1482,8 (109,5) | *1       |               |               |
| 6(0,18)      | PPico P6     | 1505,9 (135,8) | *1       |               |               |
| 1(0,09)      | Velocidad B0 | 0,22 (0,005)   | *3,4,6   | 22,35         | 0,00          |
| 2(0,13)      | Velocidad B3 | 0,20 (0,005)   | *4,5     |               |               |
| 3(0,18)      | Velocidad B6 | 0,19 (0,005)   | *1,4,5   |               |               |
| 4(0,09)      | Velocidad P0 | 0,24 (0,005)   | *1,2,3,6 |               |               |
| 5(0,13)      | Velocidad P3 | 0,22 (0,006)   | *2,3,6   |               |               |
| 6(0,18)      | Velocidad P6 | 0,20 (0,005)   | *1,4     |               |               |

|         |           |                |          |       |      |
|---------|-----------|----------------|----------|-------|------|
| 1(0,09) | Fuerza B0 | 1046,7 (75,9)  | *1,2,5,6 |       |      |
| 2(0,13) | Fuerza B3 | 1850,1 (79,6)  | *1,4     |       |      |
| 3(0,18) | Fuerza B6 | 2164,3 (125,3) | *1,4,5   | 26,69 | 0,00 |
| 4(0,09) | Fuerza P0 | 1188,3 (55,1)  | *2,3,5,6 |       |      |
| 5(0,13) | Fuerza P3 | 1720,8 (93,0)  | *1,3,4   |       |      |
| 6(0,18) | Fuerza P6 | 1857,8 (122,2) | *1,4     |       |      |

*Nota: Tabla 6 MI: Momento de inercia PMedia: Potencia media PPico: Potencia Pico DE: Desviación estándar B: Base del cono P: Punta del cono # 0,3,6: Número de masas suplementarias. \*Diferencia con todos (\*)+(#) Diferencia con carga*

En la tabla 6 se pudo observar que tener cero masas adicionales en el cono mostró los valores más bajos tanto en potencia media como potencia pico, independiente del nivel de altura de enrollado. En cuanto a la fuerza se pudo notar también, que resulta ascendente con respecto al número de masas independientemente de la altura de enrollado, si existe una diferencia significativa entre la fuerza máxima generada entre el enrollado en la base del cono (carga 1) y el enrollado en la punta (carga 6), destacando que en la carga 6 (enrollado en la punta y 6 masas adicionales) fue donde más fuerza se pudo generar.

En cuanto a la variable de velocidad, se notó que tiene un comportamiento contrario a la fuerza, pues a medida que aumentan las masas se disminuye la velocidad, y se encontró una diferencia en cuanto al nivel de enrollado; sin embargo, se nota cierta cercanía y relación más con el número de masas, los datos obtenidos muestran diferencia al cambiar la altura de enrollado pero parece ser que el factor

principal para determinar la velocidad de ejecución serían el número de masas por encima del nivel de enrollado.

De esta última tabla también se puede describir que cuando la cuerda se enrolle en la base del cono habrá un leve aumento en los niveles de potencia media, potencia pico y en la fuerza en la mayoría de los tres momentos de inercia 0,09, 0,13 y 0,18  $\text{Kg}\cdot\text{m}^2$ , los cuales equivalen a 0, 3 y 6 masas suplementarias, respectivamente; sin embargo, la velocidad fue mayor, cuando la cuerda se enrolló en la punta del cono, pero las variables anteriores tuvieron tendencia a disminuir.

## 7. Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la influencia de la variación de masas y altura de enrollado en una polea cónica, sobre la producción de potencia concéntrica y las variables que la constituyen. Se encontraron diferencias significativas, prácticamente en todas las variables, evidenciando ciertos comportamientos y tendencias cada vez que se ajustaban según los niveles de enrollado o el número de masas, exponiendo la importancia de modificar estas configuraciones de acuerdo con el objetivo a trabajar.

Sobre la influencia de las alturas de enrollado en la manifestación de la potencia y las variables que la constituyen se evidenciaron diferencias significativas solo en algunas variables y configuraciones tales como potencia media, potencia pico y velocidad y en las configuraciones sin masas y con tres masas sin embargo se pudo ver algunas tendencias de comportamiento similar en estas variables, así como en fuerza.

La contribución de las masas suplementarias sobre la manifestación de la potencia y las variables que la constituyen resultó en diferencias significativas en todas las configuraciones de carga mostrando una mayor fuerza, potencia media y pico cuando la cuerda se enrollaba hasta la base y punta del cono con 6 masas, sólo 1 con 3 masas, pero menor velocidad, que aumentó cuando el cono no tuvo masas. Es decir, cuando las masas aumentan, la potencia y fuerza aumenta, pero la velocidad tiende a

disminuir, esto quiere decir que es de gran importancia la variación de las masas adicionales en pro del trabajo que se quiera realizar.

En la incidencia combinada de las masas suplementarias y niveles de altura de enrollado en la polea, sobre la potencia y las variables que la constituyen se encontró que comparar las diferentes cargas, alterando número de masas y alturas de enrollado hubo diferencias significativas en todas las configuraciones para todas las variables, lo que se relaciona con los estudios de (Sabido et al., 2020; Núñez et al., 2020), esto demuestra la importancia de tener en cuenta ambas formas de modificar la carga, entendiendo que estas modificaciones son complementarias entre sí, conocer la progresión en estas ayuda a plantear un entrenamiento más efectivo y mejor orientado. Se puede plantear progresiones según el momento de inercia, habiendo encontrado que MI más bajos (menor cantidad de masas) arroja resultados de fuerza y potencia más bajos y velocidades más altas, adicionalmente se acentúa este patrón cuando la cuerda solo se enrolla hasta la punta del cono en la mayoría de variables, y contrariamente a esto, MI más altos (mayor cantidad de masas) deriva en mayor producción de fuerza y menor velocidad, al igual que en la configuración anterior, el enrollar la cuerda hasta la base del cono ayuda a incrementar estos valores, estos comportamientos se relacionan con lo que refirieron (Sabido et al., 2020; McErlain-Naylor & Beato, 2020).

Los aumentos de velocidad, acompañados de disminución del resto de variables se puede tener una posible explicación que puede ser que al haber diámetros pequeños el enrollado/desenrollado de la cuerda se realizaba con mucha más velocidad y cuando se enrollaba hasta la base el diámetro aumenta lo cual incidía en velocidades más bajas, estas velocidades más bajas permitieron a los sujetos realizar una acción muscular más larga, permitiendo alcanzar mayores valores de fuerza (Sabido et al., 2020).

Conocer cómo se comportan las variables como potencia, fuerza y velocidad resultan de gran importancia para cuantificar y modular la carga en contextos deportivos y clínicos, para esto se debe jugar con el momento de inercia, el cual se ve afectado gracias a la variación de las masas (Maroto-Izquierdo et al., 2021), adicionalmente se necesita conocer cómo afecta la altura de enrollado a las variables anteriormente mencionadas (Sabido et al., 2020).

Cuando se compararon las alturas de enrollado (base o punta del cono) y variando el número de masas adicionales se encontró una mayor producción de velocidad, potencia pico y media cuando el cono no tiene masas pero se enrolla en la punta, sin embargo parece que estos niveles de potencia tienden a disminuir una vez se le añaden masas al cono, contrario a esto los niveles de potencia media y pico cuando se enrolla la cuerda hasta la base del mismo fueron aumentando una vez se añadía mayor número de masas, este último hallazgo fue muy similar al estudio de (Sabido et al., 2020); sin embargo, solo se tiene conocimiento de un estudio que tuviera como

objetivo analizar la variación de la altura de enrollado en un dispositivo como la polea cónica, los hallazgos de dicho estudio sugieren y recalcan que el control del nivel de altura es crucial para optimizar los objetivos del entrenamiento, como la potencia o la hipertrofia (Sabido et al., 2020).

En otro sentido, se encontró que sin importar el número de masas suplementarias hubo una mayor producción de fuerza cuando la cuerda se enrolló hasta la base del cono, en contraste a cuando lo hizo en la punta; sin embargo, estos resultados no tuvieron significancia estadística, pero pueden ser una tendencia a tener en cuenta. Por el contrario, la producción de velocidad fue siempre mayor en la punta del cono, encontrándose diferencias significativas en esta variable, siendo de gran importancia puesto que una mayor velocidad en la ejecución podría favorecer adaptaciones musculares rápidas y explosivas (Maroto-Izquierdo et al., 2021) lo que será de gran aporte para la mayoría de entrenadores que busquen estas cualidades para sus deportistas.

Con respecto a la fuerza el estudio de (Vázquez-Guerrero et al., 2016) encontró un comportamiento totalmente contrario al nuestro, puesto que también evaluaron diferentes niveles de enrollado pero se evidencio una disminución en la producción de fuerza una vez la cuerda se enrollaba más cerca a la base del cono, sin embargo cabe resaltar la diferencia de población evaluada, así como sus capacidades, pues los valorados fueron hombres velocistas, esto tiene gran relevancia, ya que las distintas capacidades físicas pueden afectar los resultados de las variables como lo mencionan



(Maroto-Izquierdo et al., 2021), el conocer estos comportamientos en fuerza nos permite prescribir un entrenamiento orientado a adaptaciones específicas como por ejemplo la fuerza máxima (Martínez-Aranda & Fernandez-Gonzalo, 2017).

Con respecto a la variación de masas se pudo encontrar mayor potencia y fuerza justamente en momentos de inercia más altos (6 masas = 0,18 km.m<sup>2</sup>), algo con gran similitud a lo que hallaron (Muñoz-López et al., 2022; Núñez et al., 2020) quienes hallaron diferencias significativas de fuerza en los MI más bajos, siguiendo con esta idea todo indica que la selección por inercia influye en las respuestas musculares durante el ejercicio de resistencia al volante (Martínez-Aranda & Fernandez-Gonzalo, 2017), siguiendo este orden, inercias más altas van a contribuir a mayores valores de fuerza y potencia, sin embargo cabe resaltar que una vez se iba reduciendo el MI las variables ya mencionadas fueron decreciendo y la velocidad tuvo tendencia a incrementarse lo cual se pudo comparar en estudios como los de (Martín-Rivera et al., 2022); Muñoz-López et al., 2021) y (McErlain-Naylor & Beato, 2020) a pesar de que la población analizada fue masculina y se realizó en dispositivos de volante tipo cilindro horizontal, un hallazgo importante fue que los comportamientos de velocidad fueron semejantes evidenciando que cuando se busque trabajar sobre la velocidad se debe recurrir a inercias más bajas es decir, menor cantidad de masas, esto permite tener mayores herramientas para la cuantificación de la carga con un dispositivo de volante de inercia y de esta forma ajustar la configuración según sean las necesidades.

Con respecto a todo lo mencionado se puede recalcar que los resultados han sido de gran similitud a la mayoría de estudios que se encontraron en los cuales se analizaron las diferencias en las variables alterando las cargas (MI), a pesar de que algunos fueran en dispositivos tipo cilindro horizontal y que su población fuera en su mayoría masculina se encontraron muchos resultados semejantes, lo que fortalece la intención y el conocimiento de cómo modular las cargas en dispositivos de volante de inercia.

Teniendo claridad en este aspecto se puede plantear un entrenamiento con niveles de inercia bajos, para entrenar sobre la velocidad de ejecución que nos ayudará con resultados favorables en el rendimiento de sprint lineal y cambio de dirección (Sabido et al., 2018) y las cargas que requieran mayor fuerza y potencia se podrán trabajar sobre momentos de inercia más altos, los cuales generan velocidades más bajas y se sugirió que favorecen una mayor producción de fuerza y adaptaciones de fuerza máxima (Maroto-Izquierdo et al., 2021). En escenarios como entrenamiento de fuerza en contextos clínicos y deportivos, los dos parámetros más acertados para modular y monitorear la intensidad de la carga son: el momento de inercia (es decir, el número de masas que se adicionen a la base del cono) y las salidas de potencia (es decir, concéntrica, excéntrica y relación E:C). Por tal razón, los profesionales generalmente determinan el perfil de inercia-potencia de un ejercicio de volante de inercia dado, lo que permite la selección de la carga de inercia óptima para el sujeto (p. ej., maximización de la salida de potencia), (Maroto-Izquierdo et al., 2021). Sin embargo, la evidencia reciente sugiere que el monitoreo de la velocidad debería tenerse

en cuenta para la configuración de la carga, (Carroll et al., 2019) puesto que como se vio en este estudio fue una variable que se vio alterada ante las distintas configuraciones utilizadas.

## 8. Conclusiones

De acuerdo con todo lo planteado en el estudio y a la luz de sus resultados se puede concluir que:

- La altura de enrollado y la variación en la cantidad de masas suplementarias en una polea cónica cuando se combinan como parámetros de carga, influyen significativamente en la manifestación de la potencia media y la potencia pico al realizarse una sentadilla media en este tipo de dispositivos por parte de mujeres universitarias.
- Los cambios en la potencia media y la potencia pico cuando varía el momento de inercia por cuenta de las masas suplementarias, se dan a raíz de cambios en la velocidad en el momento de inercia más bajo y en la fuerza en el intermedio y en el más alto.
- Sobre la altura de enrollamiento en combinación con las masas suplementarias, la potencia media y la potencia pico tienen valores más bajos cuando la cuerda se enrolla hasta la base y no hay masas; sin embargo, cuando se adicionan masas suplementarias en ese mismo enrollado se alcanzan los valores más altos. El cono gira más rápido cuando el enrollado se da sólo en la punta indistintamente la cantidad de masas.

- Aumentar los momentos de inercia a razón 0,04 y 0,05 Kg\*m<sup>2</sup> en una sentadilla media realizada en polea cónica por mujeres universitarias, produce respuestas agudas significativamente diferentes en la potencia de miembros inferiores y puede usarse como progresión para el aumento de cargas en este tipo de ejercicio.

## **9. Limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación**

Los resultados de este estudio deben valorarse teniendo en cuenta las siguientes limitaciones: primero que el tamaño de la muestra puede considerarse pequeño de cara a la potencia estadística de los análisis inferenciales realizados; sin embargo, hasta donde tenemos conocimiento este es uno de los pocos estudios que se ha realizado sobre el tema solamente con una muestra de mujeres y se aporta información relevante para nuevas investigaciones.

En segunda instancia, por cuestiones de delimitación de la investigación, en este estudio sólo se valoró la fase concéntrica del movimiento y no se tiene información de la fase excéntrica para hacer un contraste; sin embargo, es importante tener en cuenta que la sobrecarga excéntrica afecta la fase concéntrica y a su vez tener poca fuerza concéntrica no garantiza que esa sobrecarga se obtenga, por lo que es igualmente importante conocer separadamente la manera como un dispositivo de esta naturaleza afecta la capacidad de ser accionado al máximo en función de las cargas que se pongan, todo para su correcto funcionamiento.

Por último, debido a razones que estuvieron por fuera del alcance del equipo investigador, la configuración del momento de inercia en el software Chronojump® no tuvo en cuenta la altura de enrollado y la misma no ejerció ninguna diferencia en este parámetro de carga, cuando se expresó numéricamente. Sin embargo, este estudio

aporta información sobre el hecho que ese indicador sí debería cuantificarse debido a las diferencias aquí encontradas en parámetros como la velocidad de ejecución y la fuerza en función del grosor del eje en donde se producía la rotación del cono.

Una vez conociendo el comportamiento de las variables en los distintas configuraciones de carga dadas por la altura de enrollado y/o masas suplementarias, se puede tener un parámetro de carga para distintos objetivos, como fuerza o potencia, sin embargo se debería investigar más sobre la cantidad de repeticiones o series que se deben realizar para los distintos objetivos, ya que conocer el número de repeticiones y series en las cuales las variables mencionadas empiezan a alterarse negativamente sería de gran ayuda para la prescripción del ejercicio con polea cónica en mujeres de una forma más acertada

Adicionalmente sería de interés la aplicación de un programa de fuerza con este dispositivo y compararlo con un programa de entrenamiento tradicional, esto con el fin de ver los diferentes comportamientos y las posibles adaptaciones de fuerza excéntrica en ambos programas de entrenamiento.

## Referencias

- Alkner, B.A., Berg, H.E., Kozlovskaya, I., Sayenko, D., & Tesch, P.A. (2003, Septiembre). Effects of strength training, using a gravity-independent exercise system, performed during 110 days of simulated space station confinement. *European journal of applied physiology*, 90(1-2), 44-49. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0850-2>
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003, Agosto). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 13(4), 244–250. doi: 10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x.
- Beato, M., de Keijzer, K. L., Fleming, A., Coates, A., La Spina, O., Coratella, G., & McErlain-Naylor, S. A. (2020, 10 28). Post flywheel squat vs. flywheel deadlift potentiation of lower limb isokinetic peak torques in male athletes. *Sports Biomechanics*, 22(11), 1514–1527. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1810750>
- Beato, M., & Dello Iacono, A. (2020a, Junio 2). Implementing Flywheel (Isoinertial) Exercise in Strength Training: Current Evidence, Practical Recommendations, and Future Directions. *Frontiers in Physiology*, 11(6). <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00569>
- Beato, M., Fleming, A., Coates, A., & Dello Iacono, A. (2020b, Octubre 6). Validity and reliability of a flywheel squat test in sport. *Journal of Sports Sciences*, 39(5), 482-488. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1827530>
- Beato, M., Madruga-Parera, M., Piqueras-Sanchiz, F., Moreno-Pérez, V., & Romero-Rodríguez, D. (2019). Acute Effect of Eccentric Overload Exercises on Change of Direction Performance and Lower-Limb Muscle Contractile Function. *Journal of strength and conditioning research*, 35(12), 3327–3333. doi: 10.1519/JSC.0000000000003359.



- Beato, M., Maroto-Izquierdo, S., Hernandez-Davó, J.L., & Raya Gonzáles, J. (2021, Noviembre 7). Flywheel Training Periodization in Team Sports. *Frontiers in Physiology*, 12(6). <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.732802>
- Berg, H. E., & Tesch, A. (1994, Agosto). A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviat Space Environ Med.*, 65(8).  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7980338/>
- Berg, S., & Tesch, P. (1998, Abril 8). Force and power characteristics of a resistive exercise device for use in space. *Acta astronautica*, 42(1-8), 219-2130.  
[https://doi.org/10.1016/s0094-5765\(98\)00119-2](https://doi.org/10.1016/s0094-5765(98)00119-2)
- Carroll, K.M., Wagle, J.P., Sato, K., Taber, C.B., Yoshida, N., Bingham, G.E., & Stone, M.H. (2019, Agosto). Characterising overload in inertial flywheel devices for use in exercise training. *Sports biomechanics*, 18(4), 390–401. doi: 10.1080/14763141.2018.1433715.
- Cuenca-Fernández, F., López-Contreras, G., Mourão, L., de Jesus, K., Zacca, R., Vilas-Boas, J.P., Fernandes, R.J., & Arellano, R. (2019, Febrero). ccentric flywheel post-activation potentiation influences swimming start performance kinetics. *Journal of sports sciences*, 37(4), 443–451. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1505183>
- Duchateau, J., & Enoka, R. (2016, Enero). Neural control of lengthening contractions. *The Journal of experimental biology*, 219, 197-204. doi:10.1242/jeb.123158
- Farthing, J., & Chilibeck, P. (2003, Agosto). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *uropean journal of applied physiology*, 89(6), 578-86. doi: 10.1007/s00421-003-0842-2.
- Fernandez-Gonzalo, R., Lundberg, T.R., Alvarez-Alvarez, L., & de Paz, J.A. (2014, Mayo). Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance

exercise in men and women. *European journal of applied physiology*, 114(5), 1075–1084.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-014-2836-7>

Franchi, M., Ruoss, S., Valdivieso, P., Mitchell, K., Smith, W., Atherton, K., Narici, P.J., & Flück, M. (2018, Marzo 3). Regional regulation of focal adhesion kinase after concentric and eccentric loading is related to remodelling of human skeletal muscle. *Acta physiologica*. <https://doi.org/10.1111/apha.13056>

Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A.V., Arjol-Serrano, J.L., Moras, G., & Méndez-Villanueva, A. (2017). Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7), 951-958. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0251>

Gravetter, F., & Wallnau, L. B. (2014). *Essentials of Statistics for the Behavioral Sciences*. Cengage Learning. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.kau.edu.sa/Files/0006214/Subjects/Frederick%20J%20Gravetter,%20Larry%20B.%20Wallnau-Essentials%20of%20Statistics%20for%20the%20Behavioral%20Sciences-Cengage%20Learning%20\(2013\).pdf](https://www.kau.edu.sa/Files/0006214/Subjects/Frederick%20J%20Gravetter,%20Larry%20B.%20Wallnau-Essentials%20of%20Statistics%20for%20the%20Behavioral%20Sciences-Cengage%20Learning%20(2013).pdf)

Higbie, E., Cureton, K., Warren, G. 3., & Prior, B. (1996, Noviembre). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of applied physiology*, 81(5), 2173-81. doi: 10.1152/jappl.1996.81.5.2173.

Kozlovskaya, I. B., Barmin, V. A., Stepantsov, V. I., & Kharitonov, N. M. (1990, Febrero). Results of studies of motor functions in long-term space flights. *The Physiologist*, 33, S1-3. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2371310/>

Madruga-Parera, M., Bishop, C., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Beato, M., Gonzalo-Skok, O., & Romero-Rodríguez, D. (2022, Mayo). Effects of 8 Weeks of Isoinertial vs. Cable-Resistance Training on Motor Skills Performance and Interlimb Asymmetries. *Journal of strength and conditioning research*, 36(5), 1200–1208. doi:

10.1519/JSC.0000000000003594.

Maroto-Izquierdo, S., Nosaka, K., Blazevich, A., González-Gallego, J., & de Paz, J. (2022, Abril). Cross-education effects of unilateral accentuated eccentric isoinertial resistance training on lean mass and function. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 32(4), 672-684. <https://doi.org/10.1111/sms.14108>

Maroto-Izquierdo, S., Raya-González, J., Hernández-Davó, J. L., & Beato, M. (2021, Octubre 22). Load Quantification and Testing Using Flywheel Devices in Sports. *Frontiers in Physiology*, 12(5). <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.739399>

Maroto-Izquierdo, S., Rivera, M., Nozaka, K., Beato, M., Gonzalez-Gallego, J., & De paz, J. A. (2023, Junio 27). Effects of submaximal and supramaximal accentuated eccentric loading on mass and function. *Frontiers in Physiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1176835>

Martínez-Aranda, L. M., & Fernandez-Gonzalo, R. (2017, Junio). Effects of Inertial Setting on Power, Force, Work, and Eccentric Overload During Flywheel Resistance Exercise in Women and Men. *Journal of strength and conditioning research*, 31(6), 1653-1661. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001635>

Martín-Rivera, F., Beato, M., Alepuz-Moner, V., & Maroto-Izquierdo, S. (2022, Agosto 12). Use of concentric linear velocity to monitor flywheel exercise load. *Frontiers in physiology*, 13. [10.3389/fphys.2022.961572](https://doi.org/10.3389/fphys.2022.961572)

- McErlain-Naylor, S. A., & Beato, M. (2020, Junio 3). Concentric and eccentric inertia–velocity and inertia–power relationships in the flywheel squat. *Journal of Sports Sciences*, 39(10), 1136-1143. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1860472>
- Moore, D., Phillips, S., Babraj, J., Smith, K., & Rennie, M. (2005, Junio). Myofibrillar and collagen protein synthesis in human skeletal muscle in young men after maximal shortening and lengthening contractions. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 288(6). doi: 10.1152/ajpendo.00387.2004.
- Moras, G., Fernández-Valdés, B., Vázquez-Guerrero, J., Tous-Fajardo, J., Exel, J., & Sampaio, J. (2018, Mayo 24). Entropy measures detect increased movement variability in resistance training when elite rugby players use the ball. *Journal of science and medicine in sport*, 21(12), 1286–1292. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.05.007>
- Moras, G., Vázquez-Guerrero, J., Fernández-Valdés, B., Rosas-Casals, M., Weakley, J., Jones, B., & Sampaio, J. (2019, Agosto). Structure of force variability during squats performed with an inertial flywheel device under stable versus unstable surfaces. *Human movement science*, 66, 497-503. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.05.022>
- Muñoz-López, A., Galiano, C., Núñez, N., & Floría, P. (2022, Febrero). The Flywheel Device Shaft Shape Determines Force and Velocity Profiles in The Half Squat Exercise. *J Hum Kinet.*, 10(81), 15-25. 10.2478/hukin-2022-0002
- Muñoz-López, A., Pozzo, M., & Floria, P. (2021, Mayo). Real-time mechanical responses to overload and fatigue using a flywheel training device. *Journal of Biomechanics*, 24(121). 10.1016/j.jbiomech.2021.110429
- Norrbrand, L., Fluckey, J. D., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2008, Febrero). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size.

*European Journal of Applied Physiology*, 102, 271-281. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0583-8>

Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European Journal of Applied Physiology*, 110, 997-1005. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1575-7>

Núñez, F.J., Galiano, C., Muñoz-López, A., & Floria, P. (2020, Abril 17). Is possible an eccentric overload in a rotary inertia device? Comparison of force profile in a cylinder-shaped and a cone-shaped axis devices. *Journal of Sports Sciences.*, 38(14).

<https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1754111>

Núñez, F.J., Suarez-Arrones, L.J., Cater, P., & Mendez-Villanueva, A. (2017, Abril). The High-Pull Exercise: A Comparison Between a VersaPulley Flywheel Device and the Free Weight. *International journal of sports physiology and performance*, 12(4), 527-532.

<https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0059>

Núñez Sanchez, F. J., & Sáez de Villarreal, E. (2017, Noviembre). Does Flywheel Paradigm Training Improve Muscle Volume and Force? A Meta-Analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 31(11), 3177-3186.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002095>

Padilla Colón, C. J., Sánchez Collado, P., & Cuevas, M. J. (2014, Mayo). Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 29(5), 979-988. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.29.5.7313>

Rivera, M., Beato, M., Alepuz-Moner, V., & Maroto-Izquierdo, S. (2022, Agosto 12). Use of concentric linear velocity to monitor flywheel exercise load. *Front. Physiol.*, 13.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2022.961572>

- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., García-Valverde, A., Marco, P., & Asencio, P. (2020, Agosto 31). Influence of the Strap Rewind Height During a Conical Pulley Exercise. *Journal of Human Kinetics*, 74(10), 109-118. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0018>
- Sabido, R., Hernández-Davó, J.L., & Pereyra-Gerber, G.T. (2018, Abril 1). Influence of Different Inertial Loads on Basic Training Variables During the Flywheel Squat Exercise. *International journal of sports physiology and performance*, 13(4), 482–489. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0282>
- Sánchez Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011, Septiembre). Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Medicina y Ciencia en el Deporte y el Ejercicio*, 43(9), 1725-1734. 10.1249/MSS.0b013e318213f880
- Schoenfeld, B. J. (2010, Octubre). The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872. 10.1519/JSC.0b013e3181e840f3
- Shepstone, T.N., Tang, J.E., Dallaire, S., Schuenke, M.D., Staron, R.S., & Phillips, S.M. (2005, Mayo). Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. *Journal of applied physiology*, 98(5), 1768–1776. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15640387/>
- Suchomel, T. J., Wagle, J. P., Douglas, J., Taber, C. B., Harden, M., Haff, G. G., & Stone, M. H. (2019, Junio 24). Implementing Eccentric Resistance Training-Part 1: A Brief Review of Existing Methods. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 4(2), 38. <https://doi.org/10.3390/jfmk4020038>
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000, Junio). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on

muscular function in humans. *Journal of applied physiology*, 88(6), 2097-106. doi: 10.1152/jappl.2000.88.6.2097.

Tesch, P.A., Fernandez-Gonzalo, R., & Lundberg, T.R. (2017, Abril 26). Clinical Applications of IsoInertial, Eccentric-Overload (YoYo™). *Frontiers in physiology*, 8(16). <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00241>

Vázquez-Guerrero, J., Moras, G., Baeza, J., & Rodríguez-Jiménez, S. (2016, Abril 25). Force Outputs during Squats Performed Using a Rotational Inertia Device under Stable versus Unstable Conditions with Different Loads. *PLoS One.*, 11(4). doi:10.1371/journal.pone.0154346

## Anexo 1

### Acta comité de ética.



### COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA CEI-FEP

### FORMATO ACTA DE APROBACIÓN

Acta Nro.011-2024

**Proyecto:** **Influencia de la variación de masas y altura de enrollado en una polea cónica, sobre la potencia y la velocidad de ejecución de una sentadilla en mujeres universitarias**

**Investigadores:** **Fabián Andrés Barrero y Andrés Alfredo Bohórquez**

**Código Interno:** **Proyecto de Pregrado** – Licenciatura en Educación Física y

Deporte Fecha en que fue sometido: 25 de abril de 2024

El Consejo de la Facultad de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle, mediante resolución 057 de julio 13 de 2022, ha establecido el Comité De Ética de la Investigación **-CEI-FEP-**, el cual está regido por la Resolución 008430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, que establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud; los principios de la Asamblea Médica Mundial expuestos en su Declaración de Helsinki de 1964; y el Código de Regulaciones Federales, título 45, parte 46, para la protección de sujetos humanos, del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos 2000.

Este Comité **certifica que:**

1. Sus miembros revisaron los siguientes **documentos** del presente proyecto:

|   |                                                        |
|---|--------------------------------------------------------|
| X | Protocolo de Investigación                             |
| X | Instrumentos de recolección de datos                   |
| X | Formato de consentimiento informado                    |
| X | Soportes solicitados por el CIREH                      |
| X | Cartas de las instituciones participantes              |
|   | Resultados de evaluación por otros comités (si aplica) |

2. El presente proyecto fue evaluado y aprobado por el Comité.



3. Según las categorías de riesgo establecidas en el artículo 11 de la Resolución N° 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, el presente estudio tiene la siguiente **Clasificación de Riesgo**:

|          |                      |
|----------|----------------------|
|          | <b>Sin riesgo</b>    |
| <b>X</b> | <b>Riesgo mínimo</b> |

4. Las **medidas** que están siendo tomadas para proteger a los sujetos humanos son adecuadas.

5. La forma de obtener el **consentimiento** informado de los participantes en el estudio es adecuada.

6. **El CEI-FEP Informará** inmediatamente a las directivas institucionales:

- Todo desacato de los investigadores a las solicitudes del Comité.
- Cualquier suspensión o terminación de la aprobación por parte del Comité.
- Lesiones a sujetos humanos.
- Problemas imprevistos que involucren riesgos para los sujetos u otras personas.
- Cualquier cambio o modificación a este proyecto que no haya sido revisado y aprobado por el Comité.
- El presente proyecto ha sido **aprobado por un periodo de un (1) año a partir de la fecha de aprobación**. Los proyectos de duración mayor a un año deberán solicitar la renovación del aval, adjuntando los documentos solicitados por el CEI-FEP

7. El **investigador principal deberá** informar al CEI-FEP:

- Cualquier cambio que se proponga introducir en este proyecto. Estos cambios no podrán iniciarse sin la revisión y aprobación del Comité excepto cuando sean necesarios para eliminar peligros inminentes para los sujetos.
- Cualquier problema imprevisto que involucre riesgos para los sujetos u otros.
- Cualquier evento adverso serio dentro de las primeras 24 horas de ocurrido, al secretario(a) y al presidente.
- Cualquier conocimiento nuevo respecto al estudio, que pueda afectar la tasa riesgo/beneficio para los sujetos participantes.
- Cualquier decisión tomada por otros comités de ética
- La terminación prematura o suspensión del proyecto explicando la razón para esto.
- El investigador principal deberá presentar un informe final al terminar el proyecto.

Fecha de expedición del Aval: 26 de junio de 2024

**HUGO ALEJANDRO CARRILLO A.**

Presidente

Comité de Ética de la Investigación – FEP

Estamos en **renovación** de la  
Acreditación Institucional en Alta Calidad

Universidad de Valle Ciudad Universitaria Meléndez  
25360 Teléfono (572) 3393296 – 3212364  
¡Vamos a grande! [fep.investigacion@correounivalle.edu.co](mailto:fep.investigacion@correounivalle.edu.co)  
Santiago de Cali - Colombia

**Anexo 2**



### Anexo 3

#### Consentimiento informado.

##### Proyecto de Investigación

#### **Influencia de la variación de masas y altura de enrollado en una polea cónica, sobre la potencia y la velocidad de ejecución de una sentadilla en mujeres universitarias.**

El grupo de investigación INCIDE se encuentra realizando un proyecto de investigación titulado “**Influencia de la variación de masas y altura de enrollado en una polea cónica, sobre la potencia y la velocidad de ejecución de una sentadilla en mujeres universitarias**” que busca identificar cómo afectan la variación de la carga a la potencia y velocidad de ejecución en una polea cónica.

La polea cónica (**Imagen 1**) es un dispositivo que utiliza una serie de mecanismos en el cual se refuerza la fase en la que el músculo se estira. Este dispositivo acelera en la fase en la que el músculo se acorta y frena en la parte en la que este se estira, con lo que se incrementa una mayor activación muscular, reforzando así la parte del estiramiento muscular.



Este entrenamiento puede generar mayor microrrotura de fibras musculares por su alto grado de exigencia lo que puede causar dolor muscular al día siguiente de la prueba y hasta el tercer día de la misma, lo cual se podrá mitigar con estiramientos, auto masajes y medios físicos (compresas frías y calientes) adicionalmente pueden haber riesgos de lesiones articulares o musculares debido a malas ejecuciones en los ejercicios, para lo cual los investigadores estarán capacitados anteriormente sobre el uso de la polea cónica, de igual forma los encargados del proyecto estarán al pendiente de la técnica de ejecución de los ejercicios por parte de los participantes todo el tiempo que dure la prueba.

Los participantes deberán asistir a 4 sesiones de aproximadamente 40 minutos, en los cuales se realizará primero la toma de algunos datos personales, (Nombre, fecha de nacimiento, teléfono, contacto de emergencia, dirección de residencia) adicionalmente se realizará ciertos formularios como el PAR-Q el cual nos indicara su aptitud para la participación en el proyecto, posteriormente se recolectarán datos antropométricos básicos como lo son, talla, altura. Todos los datos antes mencionados se usarán sólo para fines académicos y no se realizará divulgación de estos. La cadena de custodia de dicha información estará a cargo de los investigadores.

La participación de los sujetos es totalmente voluntaria y no tendrá compensación alguna. En caso de encontrarse información de relevancia para el participante con los resultados del estudio se le hará saber.

Para otras solicitudes contactarse con:

El profesor **Santiago Arboleda** celular: 3164459690, o los estudiantes **Fabián Andrés Barrero** al 3166488593 o **Andrés Alfredo Bohórquez** al 3165766576.

Yo, \_\_\_\_\_

(Nombre y apellidos en MAYÚSCULAS)

Declaro que:

- He leído la hoja de información que me han facilitado.
- He podido formular las preguntas que he considerado necesarias acerca del estudio.
- He recibido información adecuada y suficiente por el investigador abajo indicado sobre:
  - Los objetivos del estudio y sus procedimientos.
  - Los beneficios e inconvenientes del proceso.
  - Que mi participación es voluntaria y altruista
  - El procedimiento y la finalidad con que se utilizarán mis datos personales y las garantías de cumplimiento de la legalidad vigente.
  - Que en cualquier momento puedo revocar mi consentimiento (sin necesidad de explicar el motivo y sin que ello afecte a mi atención médica) y solicitar la eliminación de mis datos personales.
  - Que tengo derecho de acceso y rectificación a mis datos personales.

### CONSIENTO EN LA PARTICIPACIÓN EN EL PRESENTE ESTUDIO

SÍ

NO

Para dejar constancia de todo ello, firmo a continuación:

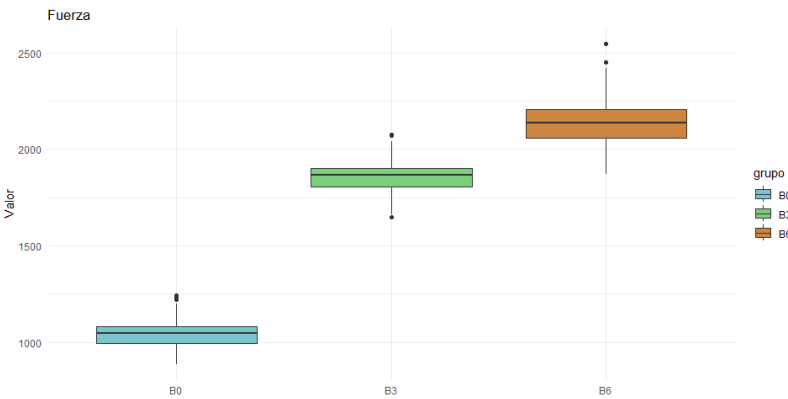
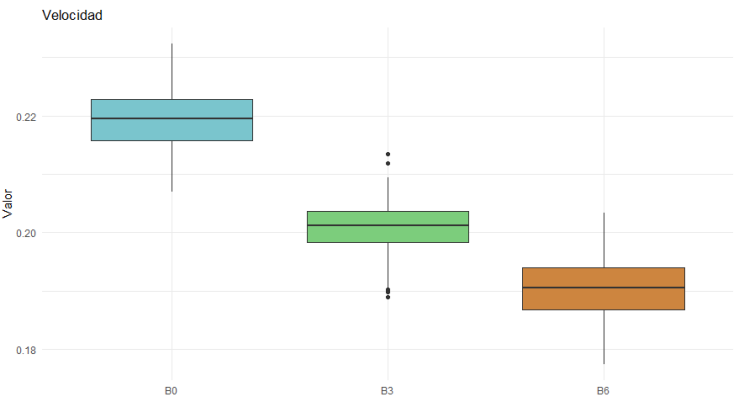
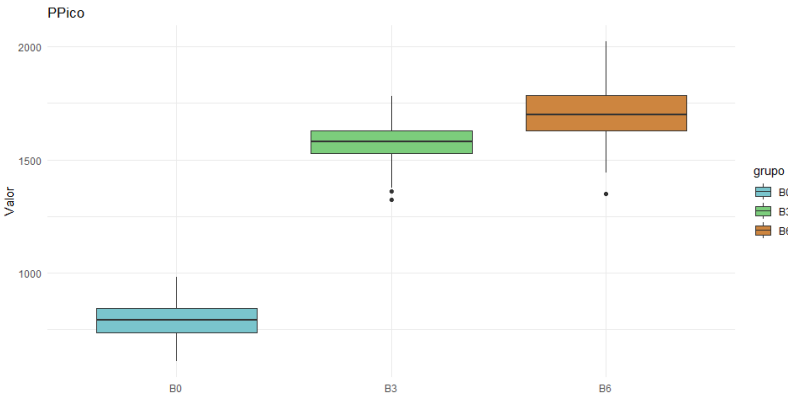
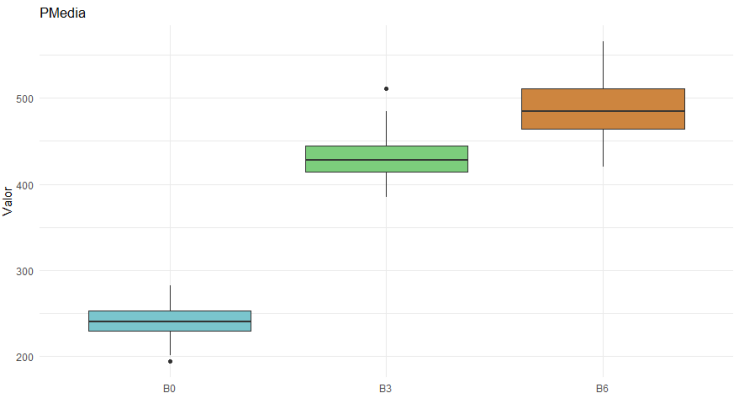
Fecha .....

Firma.....

Nombre investigador .....Firma del investigador.....

Anexo 4

Gráficas de la tabla 4



Anexo 5

Gráficas de la tabla 5

