



República Bolivariana de Venezuela  
Universidad Pedagógica Experimental Libertador  
Instituto Pedagógico "Rafael Alberto Escobar Lara"  
Doctorado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte



## **EFFECTOS DE LA MARCHA EN ADULTOS MAYORES SANOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS**

Tesis presentada como requisito para optar al Grado de  
Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Autor: MSc. Jeovanny Tomedes

Tutor: Dr. Manuel Bejarano

Maracay, septiembre de 2025



## ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Por medio de la presente hago constar que he leído el proyecto de Tesis Doctoral presentado por el ciudadano Jeovanny Tomedes, para optar al Grado de Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, cuyo título tentativo es: EFECTOS DE LA MARCHA EN ADULTOS MAYORES SANOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS y que acepto asesorar al estudiante, en calidad de Tutor, durante la etapa de desarrollo de la Tesis hasta su presentación y evaluación.

En la Ciudad de Maracay a los 8 días del mes de julio de 2025

Atentamente,

---

Dr. Manuel Bejarano

C.I: V-9.830.371

## **DEDICATORIA**

A mi padre, Pablo José Tomedes Macapio

Aquel que me enseñó el valor de la curiosidad y la perseverancia con su frase célebre “Dios proveerá”. Hoy, esta tesis es un reflejo de las semillas de conocimiento que sembraste en mí. Tu partida hace tres años dejó un vacío inmenso, pero tu memoria y tu espíritu siguen siendo mi guía. Este logro es, en gran parte, tuyo. Gracias por tu amor incondicional y por haberme mostrado el camino.

A mi familia

A mi madre, a mis hermanos, a mis sobrinos y a mi esposa e hija, a estas últimas quienes día a día me enseñaron a no desfallecer en mi intento.

## **RECONOCIMIENTO**

En primer lugar, mi más sincero agradecimiento a mi tutor, el Dr. Manuel Bejarano, por su guía y por haberme aceptado bajo su tutela. Ha sido para mí un gran amigo.

Extiendo mi agradecimiento al Dr. Fidias Arias, cuyas oportunas observaciones fueron claves y forjaron el camino de este trabajo.

Al Dr. Alberto Colina, por haberse tomado el tiempo de guiar los primeros pasos del proyecto.

A todos los docentes del Doctorado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, por haber hecho de esta experiencia un lujo y una etapa formidable.

Un agradecimiento muy especial a la Licenciada Gladys de Ocanto, por permitirme trabajar con los grupos de la UNI3.

Mi agradecimiento también a los colaboradores incondicionales de esta investigación: a la MsC. Yulimar Rodríguez y al Prof. Juan Hernández. Les agradezco de corazón.

Asimismo, se reconoce el uso de herramientas de inteligencia artificial para la corrección gramatical y de estilo en la redacción de los capítulos finales de esta tesis

## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	iii
RECONOCIMIENTO .....	iv
RESUMEN .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	12
CAPITULO I .....	15
Planteamiento del Problema .....	15
Formulación del problema .....	19
Objetivo General .....	20
Objetivos Específicos .....	21
Justificación de la investigación .....	22
CAPITULO II .....	24
Antecedentes de la investigación .....	24
Investigaciones relacionadas .....	24
Artículos científicos .....	26
Bases Teóricas .....	28
Actividad Física .....	28
Teoría del entrenamiento .....	28
Teoría general de sistema .....	29
Praxiología motriz .....	30
Indicador .....	30
Fases de la marcha .....	32
Adultos mayores .....	34
Hipótesis de investigación .....	34
CAPITULO III .....	35
Marco Metodológico .....	35
Diseño de la investigación .....	35
Población y muestra .....	36

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información .....	37
Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	38
CAPITULO IV .....	41
Análisis y discusión de los resultados .....	41
Resultados y análisis del pretest, variables biomecánicas .....	48
Ángulo inicial del tobillo en la fase activa del apoyo Pre-test .....	56
Ángulo inicial de la rodilla en la fase activa del apoyo Pre-test .....	56
Ángulo final de la rodilla en la fase activa del apoyo. Pre-test .....	56
Ángulos absolutos del tronco y hombros. Pretest .....	57
Ángulos en el plano frontal: inclinación del tronco .....	58
Velocidad media del Centro de Gravedad (C.G.). Pretest .....	60
Velocidad del C.G. en la Fase de Apoyo. Pretest .....	60
Frecuencia Cardíaca en Reposo (FCR) en Adultos Mayores Activos. Pretest	62
Presión Arterial en Adultos Mayores Activos. Pretest .....	62
Tiempo de la prueba (minutos) de Rockport 1609 metros. (Pre-test) .....	66
Consumo máximo de oxígeno (VO <sub>2</sub> máx) Rockport 1609 metros. (Pre-test)	67
Estructuración de programa de entrenamiento para 8 semanas .....	70
Análisis del Grupo G3 .....	70
1. Velocidad Media del Centro de Gravedad (C.G.) .....	70
2. Velocidad del C.G. en la Fase de Apoyo .....	70
3. Velocidad del C.G. en la Fase de Balanceo .....	71
4. Consumo Máximo de Oxígeno (VO <sub>2</sub> max) .....	71
Programa para Mejorar la Marcha y el Consumo Máximo de Oxígeno en G3	71
Objetivos del Programa: .....	71
1. Mejora de la eficiencia de la marcha y estabilidad .....	73
2. Aumento del Consumo Máximo de Oxígeno (VO <sub>2</sub> max) .....	73
3. Fortalecimiento muscular y prevención de lesiones .....	74
4. Entrenamiento de la estabilidad y control postural .....	74

Análisis de la frecuencia cardíaca del Grupo Experimental (Grupo 3) .....	76
Análisis del comportamiento de las variables biomecánicas de la marcha en el test Rockport 1609 metros. (Post-Test) .....	77
Tiempo de la fase activa de apoyo (Post-test) .....	78
Tiempo de la fase activa de balanceo (Post-test) .....	79
Tiempo total de la marcha (Post-test) .....	79
Comparación con el pre-test .....	80
Análisis de la Normalidad de las Variables Temporales en el Estudio de la Marcha de Adultos Mayores .....	83
Variables Relacionadas con el Ángulo Inicial del Tobillo. Postest .....	94
Variables Relacionadas con el Ángulo Inicial y Final de la Rodilla .....	94
Variables del Tronco .....	95
Variables de la Línea de Referencia en el Plano Frontal .....	95
Correlaciones clave entre variables según los datos y objetivos del estudio	113
Correlación entre IMC y Velocidad de Marcha .....	115
Edad vs. VO <sub>2</sub> max .....	116
Tiempo de Marcha vs. FC Final (Grupo Experimental) .....	116
Ángulo de Tobillo vs. Longitud de Paso .....	116
Presión Arterial Sistólica vs. VO <sub>2</sub> max .....	117
Efecto del Programa de Marcha (Grupo 3) .....	117
Indicadores de Eficiencia de la Marcha en Adultos Mayores de Caracas ..	119
Explicación del Efecto de la Marcha en Adultos Mayores Sanos en Caracas	123
Análisis Estadístico para la Validación de la Hipótesis Doctoral .....	126
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	134
A - 1 .....	144
A - 2 .....	146
A - 3 .....	149
A - 4 .....	151

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.	<i>Comparación de las diferentes fases de la marcha y sub fases según sus autores.....</i>	33
Tabla 2.	<i>Operacionalización de las variables biomecánicas de la marcha.....</i>	40
Tabla 3.	<i>Descripción de los grupos, según medidas antropométricas básicas. (n=45).....</i>	44
Tabla 4.	<i>Descripción de la homogeneidad de la edad de los grupos.....</i>	45
Tabla 5.	<i>Clasificación de índice de masa corporal (IMC).....</i>	46
Tabla 6.	<i>Comportamiento biomecánico de la marcha, variables temporales promedios. (Pretest). (n= 45).....</i>	49
Tabla 7.	<i>Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espaciales lineales promedios. (Pretest). (n= 45).....</i>	51
Tabla 8.	<i>Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espaciales angulares. (Pretest), (n= 45).....</i>	55
Tabla 9.	<i>Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espacio - temporal promedios. (Pretest), (n=45).....</i>	59
Tabla 10.	<i>Parámetros fisiológicos, frecuencia cardíaca en reposo y presión sanguínea, antes de la prueba de 1609 metros. (Pre-Test), (n= 45).....</i>	61
Tabla 11.	<i>Parámetros fisiológicos, frecuencia cardíaca y presión sanguínea, después de la prueba de 1609 metros. (Pre-Test), (n= 45).....</i>	64
Tabla 12.	<i>Tiempo de la prueba y consumo máximo de oxígeno del test Rockport 1609 metros. (Pretest), (n= 45).....</i>	66
Tabla 13.	<i>Programa de entrenamiento de 8 semanas.....</i>	72
Tabla 14.	<i>Comportamiento biomecánico de la marcha, variables temporales promedios. (Post-test). (n= 45).....</i>	77
Tabla 15.	<i>Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a las variables temporales.....</i>	82
Tabla 16.	<i>Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espaciales lineales promedios. (Post-test). (n= 45).....</i>	85
Tabla 17.	<i>Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a las variables espacial lineal (Pre-test y Post-test).....</i>	87
Tabla 18.	<i>Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espaciales angulares. (Post-test), (n= 45).....</i>	90
Tabla 19.	<i>Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a las variables espacial angular.....</i>	93



Tabla 20.	<i>Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espacio - temporal promedios. (Post-test), (n=45).....</i>	97
Tabla 21.	<i>Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a las variables espacio-temporales.....</i>	99
Tabla 22.	<i>Post-Test. Parámetros fisiológicos, antes de la prueba de 1609 metros. (Después 8 semanas).....</i>	103
Tabla 23.	<i>Post-Test. Parámetros fisiológicos, después de la prueba de 1609 metros. (Después 8 semanas).....</i>	105
Tabla 24.	<i>Dinámica Cardiovascular Comparativa.....</i>	106
Tabla 25.	<i>Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a las variables fisiológicas.....</i>	104
Tabla 26.	<i>Tiempo y consumo máximo de oxígeno del test Rockport 1609 metros. (Post-Test).....</i>	106
Tabla 27.	<i>Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a la prueba de 1609 metros.....</i>	108
Tabla 28.	<i>Pruebas estadísticas y tamaño de efecto en las variables selectas.....</i>	110
Tabla 29.	<i>Correlaciones entre variables fisiológicas, variables biomecánicas y variables antropométricas.....</i>	112
Tabla 30.	<i>Indicadores de rendimiento para la marcha de adultos mayores.....</i>	119
Tabla 31.	<i>Comparación con Estudios Globales.....</i>	120
Tabla 32.	<i>Resultados de las pruebas de hipótesis estadísticas.....</i>	123

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	<i>Fases de la marcha.....</i>	47
<b>Figura 2.</b>	<i>Longitud del paso simple 1 y paso simple 2.....</i>	49
<b>Figura 3.</b>	<i>Altura máxima del centro de gravedad en la fase de apoyo pre-test.....</i>	50
<b>Figura 4.</b>	<i>Ángulo absoluto del tronco Pre-test.....</i>	54
<b>Figura 5.</b>	<i>Angulo de inclinación del tronco, plano frontal.....</i>	55
<b>Figura 6.</b>	<i>Frecuencia cardíaca de reposo de 8 semanas de grupo 1, grupo 2 y grupo 3.....</i>	72
<b>Figura 7.</b>	<i>Tiempo de apoyo.....</i>	75



Línea de investigación: Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

## **EFFECTOS DE LA MARCHA EN ADULTOS MAYORES SANOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS**

Tesis presentada como requisito para optar al Grado de  
Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Autor: MSc. Jeovanny Tomedes

Tutor: Dr. Manuel Bejarano

Fecha: septiembre de 2025

### **RESUMEN**

La práctica de la marcha en adultos mayores sanos se ha convertido en uno de los medios potenciales de la actividad física para el mantenimiento y optimización de la salud, popularizada a nivel mundial desde diferentes estratos sociales. Por lo que, se pretendió determinar los efectos fisiológicos y biomecánicos de la marcha en adultos mayores sanos, que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas. Para esto se plantó dos momentos, uno investigativo y otro propositivo. El primero permite obtener evidencias empíricas sobre la marcha que realizan los sujetos en estudio y el segundo ofrece aportes teóricos para su óptima realización. La presente investigación estuvo enmarcada en el paradigma empírico-analítico, el nivel de profundidad fue explicativo, con un diseño cuasi-experimental. La muestra fue seleccionada intencionalmente, sobre la base de criterios de inclusión según el investigador. Se empleó el método biomecánico procedimental cuantitativo mediante videografía (3D) para la obtención de las medidas de variables cinemáticas; desde la perspectiva fisiológica, se utilizó baterías de pruebas para determinar el máximo consumo de oxígeno, mediciones del IMC, características antropométricas fundamentales, evaluaciones posturales, frecuencia cardíaca y presión sanguínea. Se utilizó la técnica de observación y encuesta, con instrumentos como: observación indirecta, cuestionarios y sistema básico computarizado para la cuantificación de variables biomecánicas. El procesamiento de los datos fue a través de hoja de cálculo. En el momento propositivo, se aporta conocimientos científicos para optimizar la marcha de adultos mayores sanos, a partir del referente empírico obtenido y con base en la teoría general de sistemas y la praxiología motriz. El aporte teórico a los instructores y practicantes (adulto mayor sano), permitirían el cumplimiento en la actividad física programada, que evite riesgos de lesiones músculo-esqueléticas y funcionales. Luego de la aplicación de Pre-test con la prueba de Rockort de 1609 metros, se evidenció el comportamiento Biomecánico, donde la variable más resaltante fue dorsiflexión del tobillo ( $t(14)=3.50$ ,  $p=0.002$ ), Se registró un incremento significativo en el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2 \text{ máx}$ ) ( $W=105$ ,  $p=0.018$ ), indicando una mejora del 14.7 % en la capacidad aeróbica.

**Descriptores:** la marcha, actividad física, adulto mayor, biomecánica, fisiología.

## INTRODUCCIÓN

La actividad física es un componente esencial para la salud y el bienestar de todas las personas. Esto se debe a los numerosos beneficios que ofrece, como mejorar la resistencia y la fuerza física, fortalecer el sistema inmunitario, reducir el riesgo de enfermedades crónicas, mejorar la calidad del sueño, prevenir la depresión y la ansiedad, así como controlar el peso corporal. Para obtener estos beneficios, es necesario que todos incorporen al menos una cantidad mínima de actividad física en su rutina diaria, por ejemplo: la caminata o la marcha. Esta puede ser espontánea o planificada, según los objetivos y necesidades del público al que está dirigida. Es importante destacar que la práctica regular de actividad física es fundamental para una vida sana y equilibrada. (Bembibre, 2022).

Por otro lado, la OMS, (2019), revela en su Plan de acción mundial sobre actividad física 2018-2030, que “la actividad física también puede realizarse como parte del trabajo (levantando o cargando objetos o con otras tareas activas) y de las tareas domésticas remuneradas o no remuneradas en el hogar (tareas de limpieza, carga y cuidado)”, (p. 14).

Podría decirse que la creciente prevalencia de las actividades físicas ha facilitado que personas de todas las edades disfruten y participen en ellas. Esto es especialmente cierto en el caso de los adultos mayores, que pueden haber enfrentado barreras en el pasado, pero hoy en día se les anima a participar con mayor regularidad. Esto es evidente en los parques nacionales caraqueños, donde los adultos mayores pueden encontrar una gama de actividades físicas adaptadas para ellos. Además, esta tendencia se observa a nivel internacional, con más países que ofrecen programas especiales centrados en actividades físicas para adultos mayores.

Asimismo, es de mencionar que la práctica más común dentro de la actividad física, es la caminata o la marcha, considerada una de las habilidades motrices básicas, según Ruiz (1987), éste último Autor citado en García. J, Navarro. M y Ruiz. J. (1996), plantea que la caminata es una “habilidades motrices básicas, que está vinculada

filogenéticamente a la evolución humana, la cual debe cumplir los siguientes requisitos; a) Son comunes a todos los individuos, b) filogenéticamente hablando, han permitido la supervivencia del ser humano”. (p. 13).

Por otro lado, García. J, Navarro. M y Ruiz. J. (1996), plantea que, para poder estudiar dichas habilidades, es preciso diferenciarlas, a partir de tres acciones fundamentales relacionadas, tales son: “la locomoción, el control corporal y manipulación de objetos”. (p. 14).

Con el fin de determinar el efecto fisiológico y biomecánico de la marcha del adulto mayor de la región metropolitana de Caracas, este estudio pretende ofrecer una contribución que permita a esta población realizar una actividad física segura. Para ello, se evaluarán y controlarán los parámetros fisiológicos y biomecánicos de la marcha, con el objetivo de evitar cualquier riesgo a la salud de esta población.

Al respecto, se pretende desarrollar la investigación considerando dos momentos; uno investigativo y el otro propositivo, el primero se basará en referentes empírico-analítico y un segundo momento se sustentará en dos teorías fundamentales, tales son: la Teoría General de los Sistemas (TGS) de Ludwing Von Bertalanffy y la Teoría de la Praxiología Motriz de Parlebas. La TGS se ocupa de cómo los componentes interactúan para formar sistemas complejos, mientras que la Praxiología Motriz estudia cómo se desarrollan las habilidades motoras en los humanos. Los dos enfoques teóricos se complementarán para ofrecer una visión completa de la actividad física desde el punto de vista de la investigación.

La praxiología motriz según Parlebas (1981), es un intento de reconocer y entender el contexto en el que se genera y desarrolla los comportamientos motores, incluyendo el entorno físico, las condiciones sociales, las diferencias individuales y la historia. Esta teoría se preocupa por reconocer los mecanismos de interacción entre el cuerpo, la mente y el medio ambiente y su influencia en el desarrollo de la conducta motora.

A continuación, se presenta la estructura general de los diferentes apartados que serán encontrados en la intención investigación

En primer lugar, el capítulo I, ofrecerá una descripción extensa de la realidad de la investigación, que permitirá ofrecer evidencias que justifica la presencia de un problema de investigación, donde se presentarán los hechos e indicios que motivaron esta intención investigativa. Así mismo, los objetos e importancia y delimitación del estudio.

En segundo lugar, el capítulo II, reporta algunos antecedentes similares y relacionados, a partir de trabajos de tesis doctorales, además algunas teorías que fundamentan y consolidan la proposición. Igualmente, se plantean las bases conceptuales precisas que explican y dan sustento al problema de investigación, destacando indicadores planteados desde las perspectivas científicas que explican el objeto de estudio (efecto fisiológico y biomecánico de la marcha del adulto mayor sano).

En tercer lugar, el capítulo III, se desarrolla el método con el cual se trabajará y se determinará la solución. Se establece el tipo de investigación, el enfoque paradigmático, los sujetos del estudio, los cuales tendrán que cumplir con los criterios de inclusión, los procedimientos que incluyen, las técnicas e instrumentos para la recolección de los datos e incluso, desarrollar el cuadro de operacionalización de variables y presentar los estadísticos más convenientes para el procesamiento de los datos.

El Capítulo IV de esta investigación tendrá como objetivo analizar, mediante herramientas estadísticas, los registros obtenidos en cada una de las pruebas aplicadas. Esto permitirá identificar los patrones y agrupaciones más significativos para su posterior discusión y, fundamentalmente, para contrastar la hipótesis del estudio.

A través de este análisis, se demostrará la estrecha relación existente entre el IMC y el  $VO_2\text{max}$ . Asimismo, se evaluará cómo la longitud de zancada describe el comportamiento de la muestra y se relaciona con su estado físico.

## **CAPITULO I**

### **Planteamiento del Problema**

La actividad física es todo moviendo que logra realizar el ser humano, se puede practicar o hacer de muchas maneras diferentes. Cuando la actividad física es espontánea o no planificada, son ejercicios básicos tales como; caminar, tareas del hogar y muchas otras actividades que involucran el movimiento del cuerpo. La actividad física planificada también es muy diversa, y se puede encontrar una variedad de ejercicios diseñados para diferentes públicos, para diferentes necesidades y para lograr diferentes tipos de resultados. (Bembibre, 2022). Así mismo, el Plan de acción mundial sobre actividad física 2018-2030, (OPS, 2019), adiciona que, “la actividad física también puede realizarse como parte del trabajo (levantando o cargando objetos o con otras tareas activas) y de las tareas domésticas remuneradas o no remuneradas en el hogar (tareas de limpieza, carga y cuidado)”, (p. 14).

La práctica de la actividad física se ha vuelto una actividad regular para jóvenes, adultos y adultos mayores, en los actuales momentos. Así mismo, lo podemos observar en los parques que son lugares donde se desarrollan dichos movimientos deportivos a nivel internacional. Además, esta práctica tiene muchos beneficios, entre ellos se puede mencionar, la mejora de la circulación sanguínea, pérdida de peso magro, activa el metabolismo y fortalece el cuerpo. No se puede dejar de mencionar la influencia que tiene a nivel emocional y mental, ya que el cuerpo se des estresa, revitaliza y controla el exceso de energía, cuando el estrés no es bien regulado, conlleva a generar ansiedad, lo que afecta en gran medida a la calidad de vida. (Bembibre, 2022).

Por otro lado, la practica más común dentro de la actividad física, es la caminata o la marcha, considerada una de las habilidades motrices básicas, según Ruiz (1987) citado por García. J, Navarro. M y Ruiz. J. (1996), donde mencionan que “las habilidades motrices básicas, están filogenéticamente vinculadas a la evolución

humana, debiendo cumplir los siguientes requisitos; a) Son comunes a todos los individuos, b) filogenéticamente hablando, han permitido la supervivencia del ser humano". (p. 13). En este mismo orden ideas, para poder estudiar dichas habilidades, es preciso diferenciar las acciones, según García. J, Navarro. M y Ruiz. J. (1996), visualizando tres acciones fundamentales relacionadas con, "la locomoción, el control corporal y manipulación de objetos". (p. 14).

La marcha como locomoción se describe en la biomecánica, en fases, según Lesmes (2007) citado por González (2017), "el ciclo normal de la marcha se ha dividido en dos fases, la fase de soporte o de apoyo (constituye el 60% del ciclo) y la fase de balanceo u oscilación (40% del ciclo)" (p. 27). Las características cinemáticas típicas que se desglosan en función a dicha habilidad, podemos encontrar dentro de las características temporales y espacio-temporal las siguientes; tiempo de apoyo monopodal, tiempo de apoyo bipodal, número de pasos, cadencia, longitud de paso, distancia interpodal, velocidad de la marcha. Por otro lado, la cinemática describe el comportamiento de cuerpo, en la marcha se observa las articulaciones que hacen posible el movimiento, tales como: las articulaciones de los tobillos, las articulaciones de las rodillas y la articulación de la cadera.

La habilidad de caminar es caracterizada por la distancia recorrida, esta actividad de andar por diferentes superficies y para sobrepasar obstáculos tanto estáticos como dinámicos, (San Martín, 2018), dan origen a múltiples investigaciones de interés. En este sentido, podemos analizar el comportamiento de la marcha desde el ámbito fisiológico, considerando el tiempo que realice la misma y la intensidad de trabajo, para López y Fernández (2006), "los diferentes sistemas energéticos (anaeróbicos aláctico, anaeróbico láctico y aeróbico) no actúan de forma independiente... cada uno de los tres sistemas energéticos está contribuyendo a las necesidades energéticas totales del organismo" (p. 212). Para obtener un beneficio es importante activar el sistema aeróbico, el individuo debe realizar varios minutos para iniciar el proceso de combustión de los hidratos de carbonos, grasas y proteínas, de esta manera según los mis autores, "la determinación del metabolismo aeróbico se



estima a partir del oxígeno consumido por el organismo (consumo de oxígeno o VO<sub>2</sub>)”, (p. 220).

Ahora bien, tomando en cuenta lo antes expuesto, los adultos mayores son los sujetos de interés en esta investigación y es preciso caracterizarla. En primer lugar, la Organización Mundial de la Salud, establece como rango de edad de un adulto mayor a partir de los 65 años (OMS, 2001), así mismo, establece una diferencia, la cual menciona que, el “proceso fisiológico que comienza en la concepción y ocasiona cambios en las características de las especies durante todo el ciclo de la vida; esos cambios producen una limitación de la adaptabilidad del organismo en relación con el medio” (p. 12). En segundo lugar, la OMS (2019) establece una clasificación demográfica y denomina a las personas de “60 a 74 años como adulto mayor o anciano joven; de 75 a 90 años como viejas o ancianas, y los mayores de 90 años como grandes viejos o grandes longevos”. Así, al individuo mayor de 60 años se le denomina persona de tercera edad o adulto mayor.

No obstante, la práctica de actividad física en los adultos mayores, se establece como una forma de vida saludable. Para los gobiernos esto tiene gran trascendencia en la sociedad, pues la práctica del ejercicio y el deporte promueve la prevención en la población, y muy particularmente la actividad física como tratamiento y rehabilitación para mejorar algunas enfermedades. Se pudiera afirmar, que la mayoría de las personas tienen alguna idea de los beneficios que ofrece la práctica de la actividad física; sin embargo, es incierto como puede relacionarse con la funcionalidad física y social, la vitalidad para llevar a cabo las tareas diarias, y su relación con la alimentación. (Ceballos, 2012).

Por otra parte, dentro de las teorías de entrenamiento siempre prevalece, el principio de individualidad, así lo sustenta la OMS cuando describe. “Los ritmos a que estos cambios se producen en los diversos órganos de un mismo individuo o en distintos individuos no son iguales”, asumiendo esta descripción y enfocado en los adultos mayores.

Así mismo, la práctica habitual, según García (2014), son “característicos del estilo de vida..., comportamientos o actitudes que desarrollan las personas (hábitos), que unas veces son catalogadas como saludables y otras veces como nocivas para la salud.” (p. 5). En relación a la marcha que realizan los adultos mayores en los parques Ali Primera, Los Caobos y Generalísimo Francisco de Miranda (área metropolitana de Caracas), se pudiera presumir según lo expuesto en los párrafos anteriores, dicha actividad está de alguna manera asociado con la rutina de carácter saludable.

Luego de la exploración empírica realizada en el parque Ali Primera, se observó cómo los adultos mayores realizan actividad física sin supervisión, factor común en las mayorías de los parques, considerando la teoría implícita, la cual menciona, “...la idea de que cualquier práctica que un individuo realiza en su vida responde siempre a una teoría. Toda práctica como ciudadano, padre, profesor, etc., responde siempre a una teoría implícita”. (Roa. 2014. p. 179).

A raíz de este acontecimiento, se desarrolló una serie de entrevistas no estructuradas a 10 mujeres (edades comprendida entre 60 a 65 años) adultos mayores, en el parque Ali Primera, a los cuales se les preguntó; ¿Si conocía algún sistema para realizar actividad física? y ¿Cuál era su sistema para realizar actividad física?, obteniendo como resultados, algunas coincidencias. En la primera pregunta, el resultado fue; 90%, no poseo conocimiento alguno de un sistema para entrenamiento. En la segunda pregunta, su respuesta marca una referencia; 60%, realizan caminatas por una hora, sin estar pendiente del ritmo, otra respuesta dentro de la misma pregunta fue, el 40% dice conversar con su acompañante y realiza tres vueltas largas al parque, sin establecer tiempo. Todas las observaciones fueron a través de la marcha realizadas por los adultos mayores.

Los investigadores Zhao. W, Ukawa. S, Kawamura. T, Wakai. K, Ando. M, Tsushita. K, Tamakoshi. A (2015), han demostrado que el riesgo de mortalidad disminuyó linealmente entre los hombres que caminaban durante más tiempo, sin enfermedades críticas. Además, indicaron que la duración de la caminata diaria estaba relacionada con una reducción de la mortalidad en hombres mayores independientemente de sus enfermedades y capacidad funcional. Los resultados

sugieren que 1-2 horas de caminata por día puede disminuir en un 70 % el riesgo de mortalidad en hombres ancianos con enfermedades cardiovasculares.

Por otro lado, para determinar si la velocidad de la marcha es normal o patológica, es necesario compararla con los valores de referencia establecidos según Fritz y Lusardi (2009), citado por Caballero (2022), la velocidad de la marcha cambia en función de la edad, el sexo y los valores antropométricos, estableciendo un intervalo de normalidad entre 1,2 y 1,4 m/s. Los datos internacionales muestran que, en personas mayores, la velocidad de marcha oscila entre 0,80 y 1,30 m/s. Además, es importante mencionar que los valores de referencia para la velocidad de la marcha pueden variar según el medio ambiente en el que se evalúa. Por ejemplo, se ha demostrado que valores más bajos de velocidad de la marcha son comunes en entornos hospitalarios, mientras que los valores más altos son más típicos en entornos domiciliarios. Por lo tanto, es fundamental considerar el contexto para determinar qué valores de velocidad de la marcha son considerados “normales”.

Sabiendo de antemano la concurrencia en realizar actividad física en la mayoría de los parques, no es del desconocimiento ajeno que suelen iniciar con una marcha simple con intensidad moderada o con una intensidad baja. Pero, al ver esta práctica y considerando que todo movimiento es bueno para la salud, será bueno para los adultos mayores que se inician o mantengan una actividad física rutinaria, realizar dichas actividades, el propósito de esta tesis es conocer los efectos de la marcha bajo dos ciencias aplicadas que permitan dar respuesta al siguiente enunciado.

### **Formulación del problema**

¿Cuáles son los efectos fisiológicos y biomecánicos de la marcha en adultos mayores sanos, que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas 2023?

Teniendo en cuenta el enunciado principal nos permitirán llevar acabo la discusión de la presente tesis doctoral, a través de ella podremos establecer un orden de prioridades al momento de fortalecer el argumento propuesto.

## Preguntas de investigación

¿Cuáles son las características antropométricas básicas de los adultos mayores que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas 2023?

¿Cómo se manifiestan las variables biomecánicas selectas en la marcha de los adultos mayores sanos que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas?

¿Cómo se manifiestan las variables fisiológicas selectas en la marcha de los adultos mayores sanos que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas?

¿Cómo influye un programa de marcha estructurado de 8 semanas en la mejora de las variables fisiológicas (como el consumo máximo de oxígeno -  $\text{VO}_2$  máx, la frecuencia cardíaca en reposo y la presión arterial) y biomecánicas (como la velocidad de marcha, la longitud de zancada y el equilibrio dinámico) en adultos mayores sanos?

¿Cuál es relación entre las características antropométricas, las variables fisiológicas y biomecánicas selectas durante el ejercicio de la marcha en los adultos mayores que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas?

¿Cuáles serían los indicadores de eficiencia de la marcha en adultos mayores sanos, que hacen vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas?

¿Cómo se puede explicar el efecto de la marcha en los adultos mayores sanos que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas 2023?

## Objetivo General

Determinar los efectos fisiológicos y biomecánicos de la marcha en adultos mayores sanos, que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas 2023.

## **Objetivos Específicos**

Caracterizar las variables antropométricas básicas de los adultos mayores que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas.

Describir las variables biomecánicas selectas que se manifiestan en la marcha en los adultos mayores sanos, que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas.

Describir las variables fisiológicas selectas que se manifiestan en la marcha del adulto mayor que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas.

Diseñar e implementar un programa de marcha estructurado para adultos mayores sanos, con el fin de mejorar sus variables fisiológicas y biomecánicas, durante un período de 8 semanas.

Confirmar la relacionan entre las características antropométricas, las variables fisiológicas y biomecánicas selectas, durante el ejercicio de la marcha en los adultos mayores que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas.

Construir un sistema de indicadores de eficiencia de la marcha en adultos mayores sanos, que hacen vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas.

Explicar el efecto de la marcha en los adultos mayores sanos que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas.

## Justificación de la investigación

Acerca de las razones que motivaron esta investigación, nos encontramos con aquellas actividades realizadas por los adultos mayores en los espacios recreativos, considerando la actividad física como tema principal. Así pues, a partir de las observaciones de años de experiencia durante las prácticas realizada en los parques nacionales, exclusivamente en los parques Ali Primera, Los Caobos y Generalísimo Francisco de Miranda. Se pudo vivenciar la evolución de los entrenamientos o actividades deportivas, tales como: baile terapia, tambor terapia, entrenamiento por circuito y Crossfit, por mencionar algunos.

Sin embargo, la marcha o caminata sigue siendo en la actualidad, la actividad que más predomina en los espacios recreativos. La marcha pone de manifiesto las cualidades físicas, y este patrón motor lo tenemos más que interiorizado. A través de esta habilidad motora básica, podemos observar si existe alguna deficiencia estructural o si manifiesta algún comportamiento fisiológico evidente. Según Nogueras, Arenillas, Rodríguez, Iglesias y Sánchez (2014), mencionan que, “este patrón de marcha normal se ve modificación en la vida cotidiana por muchas y variadas causas, teniendo en cuenta que no todas ellas tienen por qué ser propiamente patológicas como la talla, la edad, el calzado, el terreno, la carga, la actividad de la persona, etc.”, (p. 9).

Por otra parte, los adultos mayores son los sujetos que conformaran esta investigación, según la pirámide poblacional descrita en la World Life Expectancy (La expectativa de vida mundial) menciona que para los años 2020 hasta el 2030 el incremento de adultos mayores será más evidente, en Venezuela existen muy pocas investigaciones con este grupo etario. El término adulto mayor está considerado para la edad de 65 años en adelante, para Ceballos (2012), “Con este término, tan de moda actualmente, se hace referencia a las personas mayores de 59 años, aunque también se alude a ellos como ancianos, viejitos, adultos en plenitud, tercera edad, juventud acumulada y senectud”, (pp. 1-2). Además, coincidimos con el argumento de Ceballos (2012), donde expresa que “Considerando que el grupo de adultos mayores es muy heterogéneo, con características demográficas, culturales, biológicas, sociales y

económicas diferentes, es necesario implementar programas que den respuesta a sus necesidades”, (p. 2).

En relación con los espacios recreativos donde acuden los adultos mayores para realizar la marcha como actividad física, encontramos que existe dentro del área metropolitana varios parques, los cuales son los más concurridos en los actuales momentos para esta investigación se asume en la zona oeste el parque Ali Primera, en la zona central el parque Los Caobos y en la zona este tenemos el parque Generalísimo Francisco de Miranda. Cada parque tiene diferentes topografías y área de esparcimiento, el ultimo parque cuenta con mayor área de esparcimiento. La razón de asumir dichos parques, es que cada uno se encuentra sobre realidades económicas y culturales diferentes, esto permitirá realizar una comparación sobre el comportamiento fisiológico y biomecánico de la marcha y su extracto social.

Cabe añadir, la relevancia teórica que se obtendrá con esta investigación, explicar epistémicamente la marcha en adultos mayores, desde la perspectiva fisiológica y biomecánica, interactuando asimismo con las directrices de la OMS de la actividad física y hábitos sedentario, establecer un punto de partida para aquellos investigadores que deseen tomar como referencia dichos hallazgos. Por otro lado, la relevancia práctica estará enfocada en dar respuesta a los adultos mayores y los encargados de dirigir las actividades físicas en los parques, tomando los indicadores precisos para realizar un monitoreo del patrón de la marcha y concientizar el comportamiento fisiológico durante la realización de la actividad.

## **CAPITULO II**

### **Antecedentes de la investigación**

#### **Investigaciones relacionadas**

Con respecto a las investigaciones previas se han encontrados diversos autores que exponen de alguna manera, algunos aspectos relacionados y similares con la investigación en curso, los cuales mencionaran a continuación.

Para empezar, tenemos la tesis doctoral de San Martín (2018), titulada, “Efectos de la rehabilitación de marcha con tareas duales en pacientes con enfermedad de Parkinson: Ensayo controlado aleatorizado”. Su objetivo principal fue, “diseñar un programa de rehabilitación de marcha con tareas duales, comprobar el efecto de este y si es superior que la fisioterapia habitual sin tareas secundarias sobre la biomecánica de la marcha de personas con EP”. Diecisiete personas constituyeron el grupo de terapia control (GC) y 43 adultos mayores sanos fueron reclutados para comparar el desempeño de ambos grupos de pacientes con el patrón de marcha de personas sin patología. Concluyendo que, lograron un patrón de marcha similar al de personas mayores sanas ( $p > 0,05$ ) y, al mismo tiempo, lograron modificar la interferencia que las tareas duales provocaban en la marcha antes de cumplir con el programa diseñado en este estudio.

Por otra parte, se tiene la investigación doctoral denominada, “Análisis biomecánico de la marcha mediante un modelo analítico de dinámica inversa en pacientes con alteración del equilibrio sagital del raquis”, de González (2017). El objetivo global de esta investigación fue, “Determinar en qué manera el desequilibrio sagital afecta a la biomecánica de la marcha (parámetros espacio temporales, cinemático y cinética) y a la función y calidad de vida de los pacientes afectados”. La conclusión del análisis cinemático destacó que, a medida que aumenta el desequilibrio



sagital en la presente muestra, se produce una deambulación con un flexo de caderas y rodillas y una abducción mínima aumentada de la cadera. En el análisis cinético a medida que evoluciona la patología disminuye la fuerza.

Gálvez (2012), elaboró una tesis doctoral, la cual se titula, “Influencia de la actividad física en la capacidad cognitiva de personas mayores a 60 años”, dentro de los objetivos que se planteó, podemos destacar el primer objetivo general, “demostrar la incidencia de un programa de actividad física de 24 sesiones, repartido en doce semanas, sobre la capacidad cognitiva de los mayores de 60 años”. El segundo objetivo general pretende “comprobar si 24 sesiones de un programa de actividad física a lo largo de doce semanas, son suficientes para mejorar la condición física de los mayores de 60 años”. (p. 98). Por otro lado, la investigación fue un estudio prospectivo con un diseño pre-posttest, la población seleccionada fue 26 sujetos, en edades comprendidas 60 a 92 años, específicamente 9 hombres y 17 mujeres. La conclusión del programa de actividad física de 12 semanas, con 24 sesiones de una hora de duración fue el siguiente, se produjo una mejora en la capacidad cognitiva de las personas mayores de 60 años, se midió a través del Examen del Estado Mental Mínimo (MMSE) y por ende de su calidad de vida, a pesar de, la condición física de los sujetos experimentales no mejoró.

Sobre la siguiente investigación expuesta por Muiños (2014), la tesis doctoral que lleva por título, “Ejercicio físico y envejecimiento: habilidades visoperceptivas en deportistas jóvenes y mayores”. El objetivo general planteado consistió en investigar cómo “evolucionan con la edad la visión periférica y la agudeza visual dinámica y si el declive asociado a estos procesos perceptivos se retrasa mediante la práctica de dos Artes Marciales, el judo y el kárate”, la metodología establecida se presume test y posttest, se realizaron una serie de experimentaciones considerando para su primer experimento una muestra de 30 sujetos masculinos. La prueba suministra, estaba relacionada con la atención y visuopercepción o en atletas de kung fu. Así mismo, el otro grupo de la muestra, estuvo conformado por 90 sujetos en rango de edad 19 a 34 años, distribuidos de la siguiente manera; 30 atletas de judo, 30 atletas de karate y 30 no atletas, pero con experiencia en deportes de combates, ha este grupo se le aplicó

una prueba relacionado con la visión periférica y asimetría perceptual. Como conclusión de esta tesis doctoral, en el primer grupo, “los deportistas fueron significativamente más rápidos en la tarea de psicomotricidad fina pero solo con la mano dominante”. (p. 128).

### **Artículos científicos**

Anteriormente, mencionamos las investigaciones previas entorno a nuestro objeto de estudio, en esta oportunidad nos enfocaremos en los artículos más resaltantes entorno a nuestra ontología.

En relación con el tema principal de la investigación, García (2010), desarrollo un artículo titulado; “Desempeño físico en personas mayores”. Así mismo, el objetivo general fue, “Evaluar precozmente signos y síntomas relacionados con algún deterioro funcional contribuiría a la detección precoz de ancianos frágiles susceptibles de prevención primaria y secundaria que redujeran o retrasasen la aparición de acontecimientos adversos”. (p. 3). En resumen, “La capacidad de entrenamiento de los individuos mayores, incluyendo a los octogenarios y nonagenarios, se evidencia en su habilidad para adaptarse y responder al entrenamiento de resistencia y de fortalecimiento”. Otro hallazgo fue, que “los esfuerzos de tipo aeróbicos mantienen y mejoran varios aspectos del funcionamiento cardiovascular, como lo son el volumen de Oxígeno (VO<sub>2</sub>)”. (p. 12). Artículo publicado en Publicación Periódica de Gerontología y Geriatria.

Otro artículo de investigación en manos de Mora. J, Mora. H, González. J, Ruiz. P y Ares. A (2007), titulada “Medición del grado de aptitud física en adultos mayores”, publicado en la revista Aten Primaria. La importancia de esta investigación, auge su objetivo no está tangible, podemos asumir que “la valoración, mediante tests, de las capacidades que sustentan la condición física debe ser considerada como un aspecto fundamental para determinar la capacidad funcional de los sujetos mayores”. (p. 565). El método descrito en el artículo, se presenta con características cuantitativas, se aplica un test para medir las capacidades del sujeto, a través de una batería propuesta por los autores, considerando “una serie de pruebas que permiten evaluar la capacidad

aeróbica, el equilibrio, la marcha, la amplitud de movimientos en la cadera y los hombros y la fuerza-resistencia de los miembros superiores e inferiores”. Señalando lo más importante de esta investigación, es:

...la preservación de la autonomía y de la calidad de vida en los ancianos ha extendido estos principios hasta la atención primaria. En algunos países se ha introducido el chequeo periódico de salud a los mayores de 75 años, asumiendo que el 90% de esta población es visitado al menos una vez al año por el médico de atención primaria y que el resto goza de una razonable buena salud. No obstante, no está plenamente establecido cuáles son el contenido ni la metodología de este chequeo. (p. 568).

Este artículo desarrollado por los autores Boyaro. F y Tió. A (2014), titulado; “Evaluación de la condición física en adultos mayores: desafío ineludible para una sociedad que apuesta a la calidad de vida”. Dentro este artículo encontramos interrogantes de investigación: a. ¿cómo podemos ayudar a las personas mayores a seguir siendo independientes y activas a medida que envejecen?, b. ¿cómo podemos mejorar su calidad de vida? Por otro lado, el método utilizado en esta investigación, fue el método cuantitativo, los autores seleccionaron la muestra del “Programa de Adultos Mayores de la Secretaría de Educación Física, Deporte y Recreación, perteneciente a la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM), cuyas actividades se realizaban en distintos espacios al aire libre como parques y plazas”. (p. 12), seleccionaron 23 sujetos femeninos, 14 sujetos entre 60 a 64 años y 9 sujetos entre 65 a 70 años. Se concluyó “Mejorar la calidad de vida. Elevar la autoestima y el nivel de condición física. Proporcionar un mayor grado de independencia funcional de los adultos mayores de la ciudad de Montevideo”. Otra conclusión, “Establecer relaciones entre la calidad de vida manifestada y el nivel de condición física para poder determinar qué aspectos de ambos indicadores se pueden estar influyendo mutuamente”. (p. 15).

## **Bases Teóricas**

### **Actividad Física**

El contexto donde se desenvuelve este estudio, es la actividad física y según la OMS (2020) la definió como, “cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía”.

Además, Renson (1979) citado por García, J., Navarro, M. y Ruiz, J. (1996), dentro de su triada dimensional, añade a la actividad física en la dimensión cultural, compartiendo lugar con el comportamiento motor. Es necesario dilucidar acerca de la naturaleza del comportamiento motor, considerando los movimientos que se generan en el cuerpo humano, estos están dados por los músculos.

Hay que destacar, que la actividad física en adultos mayores tiene gran trascendencia en la sociedad, pues la práctica del mismo dará una ganancia en su salud. El ejercicio y el deporte son usados generalmente por los profesionales del comportamiento motor para promover; la prevención, el tratamiento y la rehabilitación de algunas enfermedades.

Así mismo, según Ceballos, O., Álvarez, J. y Medina, R. (s.f.). “la mayoría de las personas tiene alguna idea de los beneficios que ofrece la práctica de la actividad física, sin embargo, se desconoce en qué forma puede relacionarse con la funcionalidad física y social”. (p. 1). Permitiendo a los investigadores indagar sobre esa relación.

### **Teoría del entrenamiento**

Conforme adentramos al tema es necesario ir dando conceptos que nos permitan establecer y soportar nuestra teoría. En general iniciamos con la definición de entrenamiento, “se entienden todas aquellas medidas concretas que conducen al mantenimiento o incremento de la capacidad de rendimiento”. (Letzelter, 1982, p. 247). Citado por Hüter, A., Schewe, H. y Heipertz, W. (2006).

Por otro lado, (Hollmann y col., 1990) citado por Hüter, A., Schewe, H. y Heipertz, W. (2006), definen al entrenamiento como, “la repetición sistemática de contracciones

musculares concretas y por encima del umbral con manifestaciones de adaptación tanto morfológica como funcional con el fin de aumentar el rendimiento” (p. 247)

Asimismo, para Hohmann, A, Lames, M y Letzeier, M. (2005), “el entrenamiento es un medio efectivo contra las enfermedades del aparato locomotor, pero sirve también para la recuperación”. (p. 16), el propósito de realizar ejercicio siempre es la salud, sin embargo, muchos adultos mayores desconocen el beneficio de realizar dicha actividad física.

Cabe añadir, para que exista salud, debemos ser conscientes de la prevención de realizar ejercicios previos para entrar a la actividad física, por ello, Vived (2005). Establece la importancia de realizar el calentamiento, manifestando que, “el calentamiento previo a la actividad física y el propio ejercicio mejoran la calidad del líquido sinovial, capaz de nutrir más eficientemente al cartílago y amortiguar los impactos durante la actividad”. (p. 17).

No obstante, para Hohmann, A, Lames, M y Letzeier, M. (2005). Mencionan que el entrenamiento es para todas las personas que deseen, asumiendo que es una decisión de la persona realizar actividad física, esto involucra a los deportistas de mayor edad o adultos mayores.

Es decir, para cada grupo de edad, se establece según Hüter, A., Schewe, H. y Heipertz, W. (2006), la premisa de la teoría del entrenamiento, “recoge sistemáticamente las leyes que determinan los procesos de entrenamiento o bien establecen reglas cuyo cumplimiento aumenta la efectividad del entrenamiento” (p. 247), es aquí, donde los principios científicos juegan un papel importante dentro de la actividad física.

### **Teoría general de sistema**

Todo fenómeno natural obedece siempre a un principio, considerando esta premisa con eje de partida, podemos establecer algunas orientaciones con respecto a la proyección de la presente investigación. Si bien es cierto, los principios de la teoría general de sistema, establecida por Ludwig Von Bertalanffy, menciona que se puede

ubicar estos principios “sin importar que sean de naturaleza física, biológica o sociológica...hallaremos que existen modelos, principios y leyes que se aplican a sistemas generalizados” (Bertalanffy, 1989, p. 33). Así mismo, algunas ciencias se interrelacionan coincidiendo en resultados cuantitativos, por esta razón el mismo autor hace alusión a “...que una teoría general de los sistemas sería un instrumento útil al dar, por una parte, modelos utilizables y transferibles entre diferentes campos, y evitar, por otra, vagas analogías que a menudo han perjudicado el progreso en dichos campos” (p. 34).

No obstante, dentro de la presente investigación tendremos, tres sistemas de conocimiento científico, tomando como eje principal nuestro objeto de estudio, permitiendo de esta manera establecer algunas orientaciones epistémicas entorno a dicho objeto

### **Praxiología motriz**

La actividad física, puede ser observada bajo el enfoque teórico de la praxis motriz, según los estudiosos de este término menciona que existe una distinción entre, según Hernández (1993) la acción motriz, “se manifiesta por los comportamientos motores observables, unidos a un contexto objetivo; comportamientos que se desarrollan sobre un conjunto amplio de datos subjetivos: emociones, relaciones, anticipaciones, decisiones, etc.”, (p. 6) y por otro lado, la Praxiología motriz según Parlebas (1981) citado por Hernández (1993) “la ciencia de la acción motriz, especialmente de las condiciones, los modos de funcionamiento y de los resultados de la puesta en situación de dichas acciones” (p. 7). Es decir, bajo este enfoque descrito por Parlebas, se soportará el discurso considerando los resultados obtenidos de las acciones de la marcha.

### **Indicador**

El indicador es un parámetro de referencia para determinar una variable en particular, la característica de un indicador debe ser observable y medible, esto permite verificar el cambio y el progreso de la variable observada, para Cárdenas, M., Cortes, F., Escobar, A., Nahmad, S., Scott J., y Teruel. G. (2014). “Un indicador es una

herramienta cuantitativa o cualitativa que muestra indicios o señales de una situación, actividad o resultado; brinda una señal relacionada con una única información, lo que no implica que ésta no pueda ser reinterpretada en otro contexto”, (p. 12).

En el caso de nuestra investigación, los indicadores de referencia serán de tipo antropométricos, fisiológico, biomecánico. Los cuales describiremos a continuación.

Los indicadores antropométricos estarán referenciados por medidas básicas, tales como peso y talla, con estas dos variables podemos determinar la composición corporal, a través del índice de masa corporal (IMC). Este índice refleja, si el individuo se encuentra según su proporción, en un rango de peso insuficiente u obesidad de tipo (IV) extrema.

Por otro lado, los indicadores fisiológicos se establecerán con la frecuencia cardiaca, se considera la frecuencia cardiaca máxima, la frecuencia cardiaca de reposo y la frecuencia cardiaca objetiva. Si no se establece un porcentaje de trabajo, este no puede ser medido. Consideramos la fórmula Tanaka para determinar la frecuencia máxima la cual se expresa de la siguiente manera  $(208 - (edad * 0,7))$ , Tanaka, no hace discriminación entre hombres y mujeres, solo en la edad. La frecuencia cardiaca de reposo, puede variar según factores genérico como la edad, sexo y talla, según menciona Barbany, J. (2006). “también influye la posición espacial, temperatura ambiental, estímulos de alarma visuales y acústicos, digestión, sueño, emociones, ritmos circadianos”, (p. 80).

Así mismo, se asume el sistema cardiovascular donde se podrá registra variables como presión sistólica y presión diastólica, esto permitirá tener control sobre el gasto cardiaco del individuo.

En cuanto a los indicadores de biomecánicos, nos referimos a la posición anatómica y visualizamos problemas estructuras, tales como desviación de columna, segmentos inferiores asimétricos, a través del método de videografía simple, podemos determinar con el uso de software de análisis de movimiento, cuáles de las líneas verticales y horizontales que están fuera de balance.

Por otra parte, para establecer los indicadores cinemáticos, es preciso conocer las diferentes fases que componen la destreza motriz básica, de esta manera se podrá determinar con precisión las bondades de la destreza. El comportamiento mecánico está descrito por sus características fundamentales, dentro de las cuales tenemos variables temporales, variables espaciales y variables espacio temporal.

### **Fases de la marcha**

La marcha es una habilidad motora básica, según Dedieu (2020), “requiere la capacidad de mantener el equilibrio, es decir, mantener la proyección del centro de gravedad dentro del polígono de apoyo durante el apoyo bípedo”. El mismo autor menciona que, “también requiere manejar la inestabilidad medio-lateral y antero-posterior ligada a la proyección del cuerpo hacia adelante apoyándose alternativamente en cada pie”, (p. 1).

Así mismo, la marcha se divide y coinciden según varios autores en; fase de apoyo y fase de oscilación o balanceo, dentro de estas fases se encuentra otras denominadas, sub fase que describen con mayor propiedad el comportamiento interno de las fases.



**Tabla 1**

*Comparación de las diferentes fases de la marcha y sub fases según sus autores.*

Autores (año)		A. Martín Noguerras, J. Calvo Arenillas, J. Orejuela Rodríguez, F. J. Barbero Iglesias, C.Sánchez (2014)		María Oquendo Florez, Cristian Nazar Soto Tamayo (2015)		Elisa Osorio José Henry, Valencia Mauricio Hernando (2013)	
Fases	Contact initial	Primera fase		Fase de apoyo		Fase de apoyo	
	Fin de la réponse à l'appui	Doble apoyo posterior de impulso		Contacto del talón		Contacto del talon	
	Fin du milieu d'appui	Primer doble apoyo		Apoyo plantar		Apoyo plantar	
	Fin de la phase de fin d'appui	Fase de despegue		Apoyo medio		Apoyo medio	
	Fin de la phase préoscillante	Fase de empuje hacia arriba o de impulso		Elevación del talón		Elevación del talón	
		Segunda fase		Despegue del pie		Despegue del pie	
	Fin du début de la phase oscilante						
	Fin du milieu de la phase oscillante	Periodo oscilante o de elevación		Fase de balanceo		Fase de balanceo	
	Fin de la fin de la phase oscillante = contact initial	Primer apoyo unilateral					
		Fase de oscilación		Aceleración		Despegue de los dedos	
		Fase de aceleración del balanceo de la pierna		Balanceo medio		Contacto del talon	
		Tercera fase		Desaceleración		Subdivisión fase de balanceo	
		Doble apoyo anterior de recepción o de frenado				Aceleración	
		Segundo doble apoyo				Balanceo medio	
		Fase de recepción de la carga				Deceleración	
		Fase de impacto del talon					
		Cuarta fase					
		Apoyo unilateral					
		Segundo apoyo unilateral					
		Fase media de apoyo					
		Fase de postura intermedia					

Nota. Datos tomados de los diferentes autores, cuadro elaborado por Tomedes (2022)

Para la presente investigación se considera el comportamiento motor en los diferentes planos de ejecución (Plano frontal y plano sagital). Desde la perspectiva biomecánica cada fase está considerada como la acción total del movimiento y los instantes se visualiza como un fotograma específico de la acción analizada. Por otra parte, se asumirá las siguientes fases de la marcha como; fase apoyo y fase balanceo.

### **Adultos mayores**

Con respecto al término adulto mayor, según Ceballos, O., Álvarez, J. y Medina, R. (s.f). “se hace referencia a las personas mayores de 59 años, aunque también se alude a ellos como ancianos, viejitos, adultos en plenitud, tercera edad, juventud acumulada y senectud” (p. 2). Al respecto, se dará preferencia en esta investigación al término adultos mayores.

Para Alvarado, A. y Salazar, A. (2014), toman de referencia a las Naciones Unidas “considera anciano a toda persona mayor de 65 años para los países desarrollados y de 60 años para los países en desarrollo”. (p. 58).

Es decir, algunos autores, establecen el inicio de la fase del adulto mayor a los 60 años, para este estudio consideraremos un umbral de 60 a 65 años, sabiendo que cada cinco años se producen cambios dentro del organismo. Según Alvarado, A. y Salazar, A. (2014), cita la Organización Panamericana de la Salud (OPS), y manifiesta que durante los 60 años se presenta el envejecimiento.

### **Hipótesis de investigación**

Luego de revisar una serie de investigaciones y fundamentos teóricos, se propone la siguiente hipótesis de investigación:

Hi: La correcta mecánica y el comportamiento fisiológico de la marcha tienen un efecto positivo en la capacidad funcional y la calidad de vida de los adultos mayores sanos que realizan actividad física en los parques del área metropolitana de Caracas.

## **CAPITULO III**

### **Marco Metodológico**

La investigación estará enmarcada en el paradigma positivista, empírico analítico. Tendrá un corte longitudinal, tomando la primera impresión de la muestra para conocer las variables y el segundo registro para conocer el comportamiento de las variables luego del tratamiento de la misma. A continuación, se presente el desglose de la metodología partiendo del enfoque ya establecido en la sección I.

#### **Diseño de la investigación**

La situación presentada, permite manejar el fenómeno de estudio con un tipo de diseño cuasi-experimental. Se realizará un tratamiento a través de dos grupos, uno experimental y otro grupo control. Dicha investigación responderá de forma deductiva a la problemática. Por otro lado, el estudio se valdrá de la investigación descriptiva para el procesamiento de las variables específicas.

La recolección de la información será en sitios, el diseño estará enmarca en una investigación de campo. Los adultos mayores que hacen vida activa en estos parques, son la motivación de este estudio. Ajustándonos al modelo de investigación, solo se observará la marcha en dichos sitios.

Considerando, el nivel de profundidad de la información, se presenta una investigación exploratoria para conocer el estatus de la muestra, pasara por un proceso de investigación descriptivo para precisar e indagar con profundidad en la información. Se plantea una investigación descriptiva, ya que la misma, puede dar detalles importantes del comportamiento de la marcha en los adultos mayores sanos.

## **Población y muestra**

La población está conformada por las personas que hacen vida activa en los parques nacionales. Estos parques nacionales son los más concurridos en las diferentes zonas del área metropolitana de Caracas. En la zona del este se ubica el parque Generalísimo Francisco de Miranda, en el norte central parque Los Caobos y en la zona oeste de Caracas se encuentra el parque Ali Primera. Por otro lado, antiguamente se conocía estas zonas por su poder adquisitivo, representando el lado oeste como la zona menos pudiente.

Los adultos mayores son los menos atendidos dentro de la realidad venezolana, y son muy pocos los que realizan actividad física en los parques venezolanos. Por esta razón, se tomará un muestreo no probabilístico y seleccionará una muestra intencional de adultos mayores de los diferentes parques nacionales.

Asimismo, se supondrá una muestra intencional cuyas características representa la base de la tesis formulada. Se considerarán los adultos mayores entre edades comprendida de 60 a 65 años, género masculino y femenino, no haber sido atleta de alta competencia, para no influir en el comportamiento fisiológico. Se tomará una muestra intencional de 45 mujeres, así obtendremos una muestra total de 45 personas participantes. La muestra deberá cumplir con los siguientes criterios; haber firmado la carta de consentimiento informado, responder satisfactoriamente al cuestionario con respuestas que permitan realizar la actividad física, responder al cuestionario mundial sobre actividad física (GPAQ), para verificar con exactitud si mantiene una práctica continuo y saludable.

Los sujetos seleccionados para esta investigación, no solo nos permitirá tener una realidad de como es el estado físico social, sino, que beneficios están aportando las actividades físicas a estos individuos, los venezolanos pasan por una incertidumbre como lo es el caso de la pandemia (COVID-19), eso hace que aquellas personas que realizaban alguna actividad física perdieran su rutina de trabajo y su psique haya sido afectada por este fenómeno global.

## **Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información**

En cuanto a la recolección la información y las técnicas a ser utilizadas, cada ciencia aplicada establecida en esta investigación tendrá su procedimiento de rigurosidad, la cual se describirá a continuación. Además, una vez, seleccionada la muestras en cuestión, se contará con diferentes momentos para recolectar dichos datos. En primera instancia, se aplicará dos cuestionarios para verificar la veracidad de la condición del estado de salud de la muestra.

Así mismo, el primer instrumento es el PAR-Q “es una herramienta que sirve para la detección de posibles problemas sanitarios y cardiovasculares en personas sanas en apariencia que quieren iniciar un programa de ejercicio físico de baja, media o alta intensidad”, Canadian Society for Exercise Physiology (2002), cuenta con siete preguntas dicotómicas relacionadas con el estado de salud del individuo. El segundo cuestionario es el propuesto por la organización mundial de la salud, que lleva por nombre, Cuestionario mundial sobre actividad física (GPAQ), el mismo cuenta con 16 preguntas asociadas al tiempo que realiza actividad física y su intensidad.

Por un lado, se utilizará la observación directa en la recolección de los datos antropométricos básicos, utilizando dos instrumentos de medición, en primer lugar, la cinta métrica se utilizará para medir la estatura de los sujetos y en segundo lugar se usará un bascula digital para registrar el peso corporal, la misma tendrá una dimensión de 28 x 28 x 2,4 cm, la capacidad que soportará la báscula estará comprendida entre 180 kg. Los datos aportados por las pruebas antropométricas básicas, nos permitirán calcular el índice de masa corporal (IMC), y el grado de obesidad de los individuos.

Cabe añadir que, la recolección de los datos fisiológicos, serán a través de la observación directa, usando un instrumento especializado como el medidor de presión digital, el mismo registra la frecuencia cardiaca, la presión sistólica y la presión diastólica. El volumen máximo de oxígeno, se calculará a través de la ecuación propuesta por Rockport la cual se describe como:  $VO_2 \text{ máx. (ml/kg/min)} = 132,6 - (0,17 \times PC) - (0,39 \times \text{Edad}) + (6,31 \times S) - (3,27 \times T) - (0,156 \times FC)$ . Considerando; PC = Peso Corporal; Edad en años; S = Sexo (0: mujeres; 1: hombres); T = Tiempo de la

prueba en minutos y valor decimal; FC = Frecuencia cardiaca en latidos por minutos. Esta prueba fue diseñada para personas con baja condición física y tendrá un recorrido máximo de 1.609 metros. Por otro lado, el tiempo será registrado a través de un cronometro marca Casio.

Por otra parte, la recolección de los datos biomecánicos, se utilizará la observación indirecta considerando el método fotogramétrico, los instrumentos para esta recolección serán una escala de tres dimensiones 1 x 1 metro; se usará dos cámaras de alta velocidad marca Casio, modelo exilim EX-ZR200. Luego se procederá a la fase antes de la colocación de la cámara, se utilizará un espacio de aproximadamente 3 metros de área de grabación. Se ubicará una cámara en el plano frontal y otro en el plano sagital, a una distancia de 10 metros para no interrumpir las actividades cotidianas. En la fase de grabación (durante) se video grabara a 120 fotogramas por segundos (fps) y se tomara el número de vez que pase el sujeto por la cámara. Después, en la última fase de video grabación, se procederá a seleccionar el mejor patrón realizado por el sujeto y su posterior análisis.

### **Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para analizar los datos de los instrumentos de recolección, se realizará a través de un análisis estadístico con los siguientes métodos: medidas de tendencia central (media, moda y mediana); medidas de dispersión (rango, varianza y desviación estándar) y medidas de posición (cuartiles y percentiles). Por otro lado, la distribución de los datos se relazará de forma dimensional y multidimensional según lo requiera la variable. Asimismo, todos los registros finales, reposaran en una hoja de cálculo matriz para realizar los correspondientes estadísticos.

A continuación, se describe los procesos de recolección según su especialidad. Para los datos antropométricos básicos, se registra dimensionalmente el peso en kilogramos, la talla se registrará a través de la cinta métrica colocada en una superficie lisa verticalmente y se tomará la altura en metros. Con los dos registros previos, podremos calcular una variable multidimensional, como lo es el índice de masa corporal, haciendo uso de la fórmula:  $IMC = \text{Peso (kg)} / \text{Talla}^2$ , el resultado de dicho

índice, será constatado por la tabla internacional de obesidad, arrojando una categoría. Considerando que  $n = 45$ , se podrá tomar medidas de tendencia central, medidas de dispersión y medidas de posición de la muestra seleccionada.

Ahora bien, para los registros del sistema cardiovascular, el cual está compuesto por el corazón y los vasos sanguíneos son exploraciones especializadas y no invasivos, tiene una gran relevancia para el control del organismo, cada variable dimensional que se registre, será vaciada en primera instancia en una planilla donde una vez finalizado el proceso de registro, será trasladada a una hoja de cálculo (Excel™) donde se procederá a realizar los estadísticos selectos; medidas de tendencial central, medidas de dispersión, medidas de posición. Las variables fisiológicas son, frecuencia cardiaca, presión sistólica y presión diastólica, las mismas serán tomadas con un instrumento especializado, la toma será antes de la actividad física y después de haber realizado un recorrido de 1609 metros.

Descripción de la prueba, se estable esta distancia para sujetos de baja condición física, según García, Navarro y Ruiz (1996), la misma “consiste en recorrer andando a ritmo individual, una distancia de 1.609 metros”, luego de esta acción ejercida por el individuo, se registra el tiempo que realizó dicha prueba, considerando los valores para calcular el  $VO_2$  máx., todos los valores se colocaran en una planilla para luego ser registrada en la matriz de Excel™ y posteriormente obtener los cálculos y sacar el correspondiente estadístico.

Finalmente, las variables biomecánicas, luego de registrar la marcha desde el plano sagital y del plano frontal. A través del software libre de edición MPEG Streamclip se procederá a realizar la selección y corte de la marcha de cada sujeto, posteriormente se utilizará el software libre para análisis de movimiento llamado Kinovea - 0.8.27, este programa nos permitirá evaluar el comportamiento mecánico de la marcha de cada uno de los sujetos sanos, consideran las variables espaciales, temporales y espacio-temporales. El método fotogramétrico, está dado por tres fases (antes, durante y después), cada fase procesa una parte de la información; en la fase antes, se coloca las cámaras en el plano sagital y frontal a una distancia de 10 m, una vez colocada las cámaras se registra la escala referencial 3D de 1 x 1 x 1 metro; en la

fase durante, se registrará la acción motriz básica objeto de estudio, las veces que transite por frente de la zona estipuladas para el registro; la última fase, se utilizará el software libre de edición MPEG Streamclip para seleccionar la mejor ejecución de la marcha de cada sujeto sano.

**Tabla 2**

*Operacionalización de las variables biomecánicas de la marcha*

Objetivo	Variables	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores
Analizar las variables biomecánicas selectas que se manifiestan en la marcha de los adultos mayores sanos que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas.	Variables biomecánicas de La marcha	Características cinemáticas de la marcha	Temporales (s)	Tiempo de la fase activo del apoyo pie derecho (s)
				Tiempo de la fase activo del apoyo pie izquierda (s)
				Tiempo de la fase activa del balanceo pierna derecha (s)
				Tiempo de la fase activa del balanceo pierna izquierda (s)
				Tiempo total de la marcha (s)
			Espaciales (m)	Longitud del paso simple 1 (m)
				Longitud del paso simple 2 (m)
				Altura máxima del centro de gravedad en la fase apoyo (m)
				Ángulo inicial del tobillo derecho en la fase activa del apoyo (°)
				Ángulo inicial del tobillo izquierdo en la fase activa del apoyo (°)
			Espaciales (°)	Ángulo inicial del rodilla derecho en la fase activa del apoyo (°)
				Ángulo final del rodilla izquierdo en la fase activa del apoyo (°)
				Ángulo absoluto del tronco cuando las rodillas coinciden en la línea media (°), Plano sagital
				Ángulo de inclinación del tronco en la fase inicial de apoyo (°), Plano frontal
				Ángulo absoluto de las caderas con respecto a la horizontal, linealidad (°), Plano frontal
			Espacio temporal (m/s)	Ángulo absoluto de los hombros con respecto a la horizontal, linealidad (°), Plano frontal
				Velocidad media del centro de gravedad en la marcha (m/s)
				Velocidad del C.G en la fase de apoyo (m/s)
				Velocidad del C.G en la fase de balanceo (m/s)

Fuente: Tomedes, (2023)



## **CAPITULO IV**

### **Análisis y discusión de los resultados**

El objetivo de este capítulo es presentar y analizar los resultados obtenidos a partir de las evaluaciones biomecánicas y fisiológicas realizadas, al mismo tiempo dar repuesta a los objetivos de la investigación. Estos resultados describen el comportamiento de la marcha en los sujetos de estudio, basándose en el monitoreo de las variables detalladas en el capítulo 3. Se exponen los hallazgos más relevantes, proporcionando una visión integral de los parámetros evaluados y su impacto en la comprensión de la mecánica de la marcha desde diferentes perspectivas.

Las evaluaciones realizadas desde diversas científicas aplicadas han permitido determinar los efectos de la marcha en adultos mayores sanos. Esta perspectiva adquiere una relevancia única en este sector demográfico, considerando la actual inversión de la pirámide poblacional, donde el número de adultos mayores supera al de niños y adolescentes. El análisis multidisciplinario de la marcha en esta población creciente ha sido fundamental para comprender y abordar las necesidades específicas de salud y movilidad en la tercera edad, lo cual constituyó un aspecto central de nuestra investigación.

Por otro lado, la actividad física en los adultos mayores es un tema de creciente interés para los profesionales de la salud y las ciencias del deporte, así como para aquellos individuos que practican ejercicio regularmente para mantener su bienestar. Una de las variables más accesibles y ampliamente utilizadas en el ámbito deportivo es el Índice de Masa Corporal (IMC), que, mediante la relación entre peso y talla, proporciona una estimación inicial de la condición física de una persona. Sin embargo, es importante considerar que el IMC es solo uno de los múltiples indicadores que

deben evaluarse para obtener una visión completa de la salud y la condición física de los adultos mayores. En este sentido, se analizaron diversos parámetros más allá del IMC para lograr una comprensión más profunda de la relación entre la actividad física, específicamente la marcha y el bienestar general en esta población.

Ahora bien, el monitoreo de las variables fisiológicas en adultos mayores proporcionó una visión crítica del estado interno del individuo. La medición de la frecuencia cardíaca antes y después de la prueba de 1609 metros, fue fundamental para evaluar la respuesta cardiovascular al ejercicio. Además, el seguimiento de la frecuencia cardíaca durante las 8 semanas antes al post-test resultó especialmente relevante, ya que permitió observar las adaptaciones cardiovasculares a largo plazo y evaluar la eficacia del programa de actividad física implementado. Estos datos longitudinales fueron esenciales para comprender cómo la actividad física regular influye en la función cardíaca y la capacidad de recuperación de la población de adultos mayores.

Así pues, las variables biomecánicas que describen el comportamiento de la marcha y la estructura postural, también fueron factor para comprender el patrón de movimiento en adultos mayores. Estas variables permitieron desglosar el patrón de la marcha en tres dimensiones clave: características espaciales, temporales y espacio-temporales. Las características espaciales incluyeron la longitud de pasos, así como la posición de los hombros y cadera. Las características temporales abarcaron el tiempo de apoyo y balanceo. Por último, las características espacio-temporales integraron ambos aspectos, incluyendo la velocidad de la marcha. Este análisis multidimensional proporcionó una visión completa de la mecánica de la marcha, permitiendo identificar alteraciones sutiles que podrían indicar riesgos de caída o deterioro funcional en esta población.

El diseño de la investigación adoptó un enfoque cuasi experimental, examinando el comportamiento de tres grupos distintos. A continuación, se detalla la nomenclatura y composición de los grupos estudiados:

Grupos de control: a) G1: Participantes del parque Generalísimo Francisco de Miranda. b) G2: Participantes del parque Los Caobos.

Grupo experimental: c) G3: Participantes del parque Alí Primera.

Los dos grupos iniciales (G1 y G2) desempeñaron el papel de grupos de control, en cambio, el tercero (G3) se transformó en el grupo experimental. Esta estructura facilitó la comparación de los efectos de la intervención entre los miembros del grupo experimental y los que se encontraban bajo condiciones de control, ofreciendo de esta manera un fundamento para valorar la efectividad de la intervención puesta en marcha.

El análisis estadístico se llevo a cabo mediante un enfoque estructurado que comprende los siguientes elementos:

- a) Organización de datos: Se presentará una distribución sistemática de los datos, categorizando los temas principales.
- b) Visualización: Se emplearán tablas, gráficos y figuras para representar visualmente los datos, facilitando su interpretación.
- c) Descripción de hallazgos: Se proporcionará una descripción detallada de los resultados clave.
- d) Herramientas estadísticas: Se utilizará el software Jamovi (versión 2.4.14.0) junto con el módulo R para realizar los análisis estadísticos.
- e) Significancia estadística: Se establecerá un nivel de significancia del 5% ( $p = 0.05$ ) y se determinará el poder estadístico del estudio.
- f) Análisis de normalidad: Se verificará la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk.
- g) Selección de pruebas estadísticas: En función de la naturaleza de los datos y los objetivos del estudio, se aplicarán las siguientes pruebas:
- h) Para comparar pre-test y post-test: T de student pareado (si los datos son paramétricos)

- i) Para comparar más de dos grupos: ANOVA
- j) Para medir la relación lineal entre variables: Correlación de Pearson

Este enfoque metodológico permitió un análisis riguroso y exhaustivo de los datos, garantizando la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos.

A continuación, se desarrollo los objetivos de la investigación y se da respuesta a los mismos. El primer objetivo es caracterizar las variables antropométricas básicas (como peso, altura e índice de masa corporal) de los adultos mayores que hacen vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas.

**Tabla 3**

*Descripción de los grupos, según medidas antropométricas básicas. (n=45)*

<b>Variables</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Edad	67,27 $\pm$ 6,24	67,67 $\pm$ 6,03	69,2 $\pm$ 6,81
Peso	62,7 $\pm$ 11,53	74,13 $\pm$ 8,29	62,33 $\pm$ 12,21
Talla	1,59 $\pm$ 0,07	1,52 $\pm$ 0,05	1,52 $\pm$ 0,05
IMC	24,67 $\pm$ 5,02	26,79 $\pm$ 6,38	26,91 $\pm$ 4,95
Sexo	F	F	F
n	15	15	15

Nota: numero de la muestra (n), índice de masa corporal (IMC). La tabla contiene los promedios y desviación estándar de cada variable.

Como se puede observar en la Tabla 3, se presentan diversas variables que serán analizadas según su nivel de importancia en el estudio. La edad es un factor de especial interés en esta investigación. Para definir el grupo de adultos mayores, se ha adoptado la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que establece el rango de 60 a 79 años para esta categoría.

**Tabla 4***Descripción de la homogeneidad de la edad de los grupos.*

Descripción	G1	G2	G3
n	15	15	15
Media	67,3	67,7	69,2
Desviación estándar	6,24	6,03	6,82
Varianza	38,9	36,4	46,5
Rango	19	20	20
Mínimo	60	60	60
Máximo	79	80	80
25percentil	61,5	62,5	63,0
50percentil	66,0	68,0	69,0
75percentil	71,0	71,0	75,0

Nota: datos tomados de Jamovi versión 2.4.14.0

En la Tabla 4, se muestra el estudio de la homogeneidad a nivel descriptivo, describiendo el comportamiento de las medidas de dispersión. El intervalo de las variables revela una variación de 19 a 20 años, lo que indica una distribución posiblemente normal de la información. Asimismo, la variación entre los percentiles 25 y 75 varía entre 10 y 13 años, lo que se ajusta con la extensión del rango detectado. Este acuerdo entre las medidas de dispersión apoya la hipótesis de uniformidad en los datos estudiados.

El análisis de las características antropométricas de la muestra, presentadas en la Tabla 3, revela una distribución heterogénea del índice de masa corporal (IMC). Como se detalla en la Tabla 5, los valores de IMC se distribuyen principalmente en dos categorías: dentro del rango normal (18,5 - 24,9 kg/m<sup>2</sup>) y por encima del mismo ( $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup>), indicando casos de peso normal y de sobrepeso u obesidad, respectivamente.

Esta variabilidad en el IMC marca la importancia de considerar las diferencias individuales en la composición corporal al interpretar los resultados del estudio.

Una evaluación más detallada de los datos, muestra que solo el Grupo 1 (G1) se encuentra en el rango de IMC normal, mientras que los Grupos 2 (G2) y 3 (G3) presentan valores de sobrepeso. Es importante señalar que estos datos fueron registrados antes de realizar el pre-test. La insistencia de sobrepeso en dos de los tres grupos es particularmente relevante, ya que, según los U.S. Centers for Disease Control and Prevention (2024), el sobrepeso sostenido puede aumentar el riesgo de desarrollar hipertensión arterial a largo plazo.

Por otro lado, el IMC es un indicador ampliamente utilizado, es importante complementarse con otras medidas antropométricas para una evaluación más exhaustiva del estado nutricional y la salud metabólica de los adultos mayores. No obstante, es importante aclarar que, en el marco de este estudio, no se incorporan otros parámetros antropométricos más allá del IMC. Al analizar los resultados, se mostró esta restricción en la recopilación de datos antropométricos y podría ser vista como un campo de estudio para futuros estudios en esta población.

## Tabla 5

### *Clasificación de índice de masa corporal (IMC)*

IMC	Nivel de peso
Por debajo de 18.5	Bajo peso
18.5 – 24.9	Normal
25.0 – 29.9	Sobrepeso
30.0 o más	Obesidad

Nota: tomado de U.S. Centers for Disease Control and Prevention fuente: [https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/bmi/adult\\_bmi/index.html](https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/bmi/adult_bmi/index.html)

A partir de este punto, se procederá a la exposición y análisis de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, comenzando con el pre-test del diseño cuasi experimental. Este análisis se centrará en el segundo y tercer objetivo de la investigación.

El segundo objetivo de este estudio consiste en describir las variables biomecánicas seleccionadas que se manifiestan durante la marcha en adultos mayores sanos y activos que frecuentan los parques del área metropolitana de Caracas. Este análisis permitió comprender las particularidades del patrón de la marcha en esta población específica, ofreciendo un fundamento firme para futuras intervenciones y estrategias de promoción de la salud.

En estrecha relación con lo anterior, el tercer objetivo se enfoca en describir las variables fisiológicas seleccionadas que se evidencian durante la marcha de estos adultos mayores. Este enfoque integral, que combina aspectos biomecánicos y fisiológicos, busca ofrecer una visión holística del funcionamiento corporal durante la locomoción en esta población.

La elección de estudiar a adultos mayores que mantienen un estilo de vida activo en entornos urbanos abiertos, como los parques del área metropolitana de Caracas, añade una dimensión única a esta investigación. Este enfoque no solo permite evaluar las características de la marcha en condiciones naturales, sino que también proporciona información valiosa sobre cómo el entorno urbano y las actividades al aire libre que pueden influir en la función motora y fisiológica de los adultos mayores.

Los hallazgos obtenidos de los objetivos establecerán los cimientos para un entendimiento más detallado de la biomecánica y fisiología de la marcha en adultos mayores en actividad, apoyando de esta manera el desarrollo de tácticas más eficaces para preservar y potenciar la movilidad y la salud global en este grupo de población en ascenso.

## **Resultados y análisis del pretest, variables biomecánicas**

Para llevar a cabo el análisis biomecánico y fisiológico, se aplicó el test de Rockport. Esta prueba consiste en completar un recorrido de 1609 metros (una milla) en marcha, con el fin de adaptar el test a las condiciones disponibles, se diseñó un circuito de 325,8 metros que los participantes debían recorrer cinco veces, completando así la distancia total requerida. El mismo método se utilizó para cada grupo dentro de la investigación.

Es importante destacar que cada participante realizó la prueba a su propio ritmo, permitiendo así una evaluación individualizada tanto del tiempo de recorrido como del esfuerzo físico. Durante la ejecución de la prueba, se instalaron dos cámaras en el tramo final: la cámara número uno en el plano sagital y la cámara número dos en el plano frontal, con el objetivo de capturar los movimientos desde diferentes ángulos.

Aunque se grabaron los cinco recorridos completos de cada participante, para el análisis fotogramétrico se procesó únicamente el último intento. Esta decisión metodológica se basó en la premisa de que el último recorrido reflejaría de manera más precisa el patrón de la marcha habitual del participante, una vez que se hubiera familiarizado con el circuito y la tarea.

El protocolo fotogramétrico se aplicó rigurosamente en el procesamiento de las grabaciones, lo que permitió un análisis detallado y preciso de los parámetros biomecánicos de la marcha.



**Tabla 6**

*Comportamiento biomecánico de la marcha, variables temporales promedios. (Pretest). (n= 45)*

<b>Variables Temporales</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Tiempo de la fase activo del apoyo pie derecho. (s)	0,758 + 0,06	0,752 + 0,07	0,711 + 0,08
Tiempo de la fase activo del apoyo pie izquierda. (s)	0,738 + 0,09	0,763 + 0,05	0,699 + 0,1
Tiempo de la fase activa del balanceo pierna derecha. (s)	0,397 + 0,03	0,447 + 0,05	0,4 + 0,02
Tiempo de la fase activa del balanceo pierna izquierda. (s)	0,411 + 0,04	0,432 + 0,06	0,396 + 0,03
Tiempo total de la marcha. (s)	1,18 + 0,07	1,175 + 0,08	1,191 + 0,16
n	15	15	15

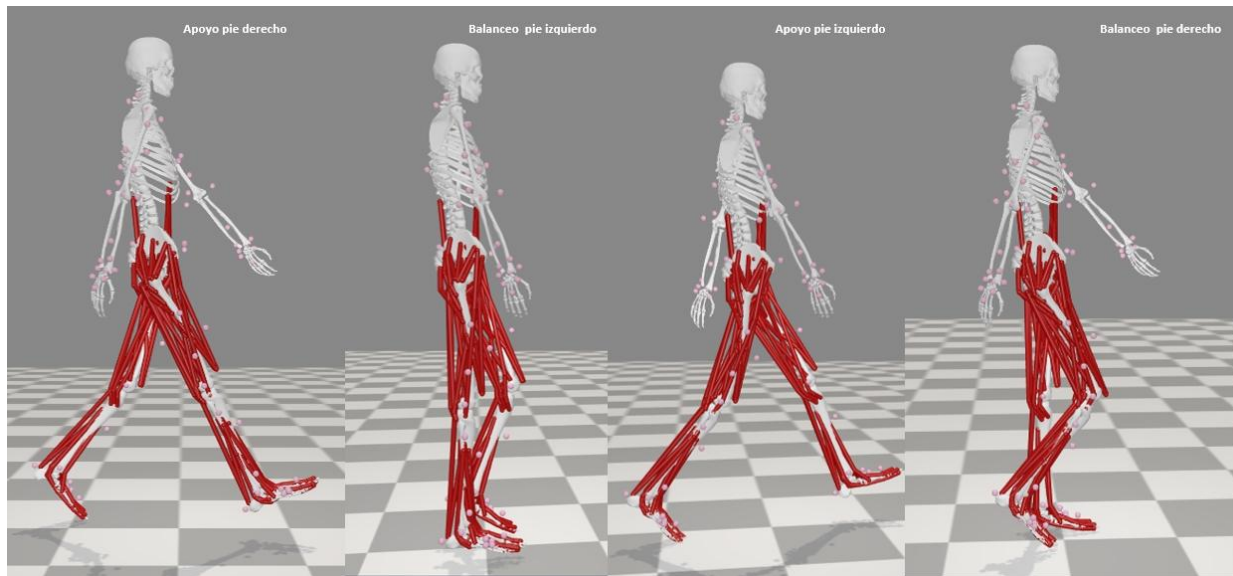
El análisis de las variables temporales de la marcha según la tabla 6, revelan patrones que pueden interpretarse a la luz de estudios recientes en biomecánica de la marcha. Según investigaciones actuales, la variabilidad en el tiempo de la fase activa del apoyo del pie derecho (0,711 s a 0,758 s) podría estar vinculada a la capacidad de los individuos para ajustar la dinámica de apoyo en respuesta a diferentes condiciones biomecánicas. Un estudio reciente de Perry y Burnfield (2010), sugiere que la prolongación de la fase de apoyo puede reflejar una mayor necesidad de estabilidad y control postural, posiblemente como respuesta a alteraciones en la fuerza o la movilidad articular.

En cuanto al pie izquierdo, ver figura 1, se observa una tendencia similar, aunque con un aumento en G2 (0,763 s) y una disminución en G3 (0,699 s), lo cual podría estar relacionado con mecanismos de compensación bilaterales, como se ha documentado en investigaciones sobre asimetrías en la marcha (**Gras et al., 1996**). La

diferencia entre G2 y G3 podría reflejar ajustes específicos en el ciclo de marcha, derivados de diferencias en control motor o características biomecánicas entre los grupos.

## Figura 1

### *Fases de la marcha*



Nota: simulación desarrollada en el sistema OpenSim 4.5, esquema de postura de la marcha, considerando los valores promedios reales, de las fase de tiempo de apoyo y fase de balanceo.

El tiempo de la fase activa del balanceo también muestra patrones relevantes. Los estudios de **Afiah et al. (2016)** han demostrado que un aumento en la duración de la fase de balanceo puede ser una compensación para mejorar la eficiencia o reducir el impacto, así como también la estabilidad, especialmente en condiciones que requieren adaptaciones específicas. Aquí, G2 muestra tiempos de balanceo mayores en ambas piernas (0,447 s para la pierna derecha y 0,432 s para la izquierda), lo cual sugiere que este grupo podría estar empleando una estrategia más conservadora o ajustada, posiblemente para optimizar la marcha. La ligera variabilidad observada en G1 y G3 indica ajustes en la dinámica del ciclo de marcha, aunque dentro de rangos relativamente consistentes.

Finalmente, aunque el tiempo total de la marcha presenta cierta variabilidad (1,175 s a 1,191 s), esta diferencia no es lo suficientemente grande como para implicar un cambio sustancial en el ritmo global. Este hallazgo coincide con investigaciones que indican que el aparato locomotor humano puede conservar un ritmo relativamente firme a pesar de las dificultades que puedan presentarse en fases individuales **Afiah et al. (2016)**. Aun así, el hecho de que G3 muestre un tiempo total ligeramente mayor podría sugerir la necesidad de una mayor estabilidad en ese grupo, posiblemente como resultado de fatiga o requerimientos de control motor.

A nivel general, estos datos subrayan la importancia de estimar tanto las variaciones en las fases individuales como la estabilidad global en el análisis de la marcha. Esto proporciona una visión más completa de las adaptaciones biomecánicas y neuromusculares observadas en los distintos grupos.

**Tabla 7**

*Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espaciales lineales promedios. (Pretest). (n= 45).*

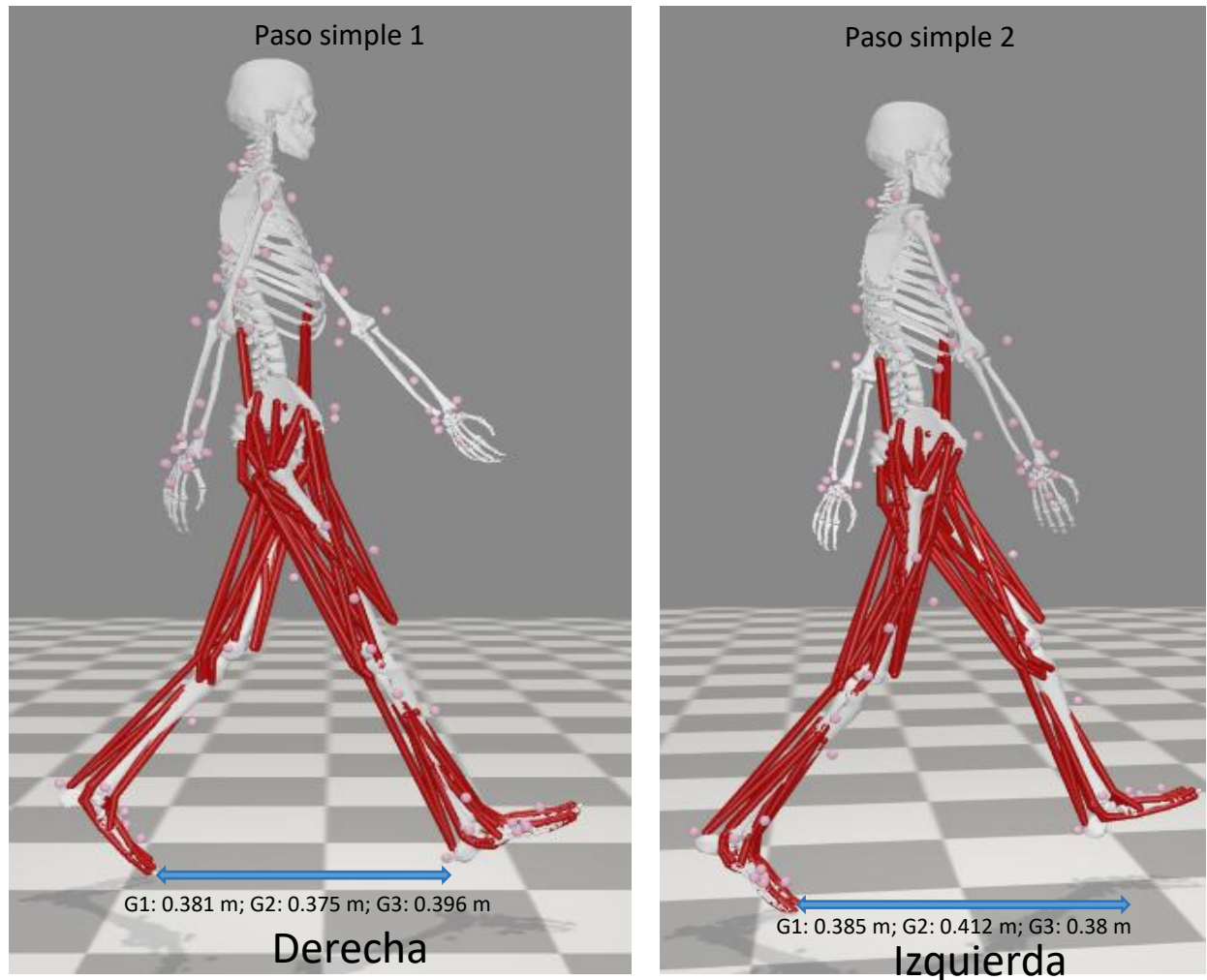
<b>Variables Espaciales (m)</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Longitud del paso simple 1. (m)	0,381 + 0,06	0,375 + 0,04	0,396 + 0,11
Longitud del paso simple 2. (m)	0,385 + 0,06	0,412 + 0,06	0,38 + 0,12
Altura máxima del centro de gravedad en la fase apoyo. (m)	0,854 + 0,06	0,882 + 0,05	0,873 + 0,09
n	15	15	15

La Tabla 7 se realizó un análisis comparativo de las variables espaciales lineales que caracterizan el comportamiento biomecánico de la marcha en tres grupos de estudio (G1, G2, G3), con un total de 45 participantes divididos en tres subgrupos de 15

individuos cada uno. Las variables evaluadas incluyen la longitud del paso simple (medida en metros) en dos fases consecutivas de la marcha y la altura máxima del centro de gravedad durante la fase de apoyo.

## Figura 2

*Longitud del paso simple 1 y paso simple 2.*



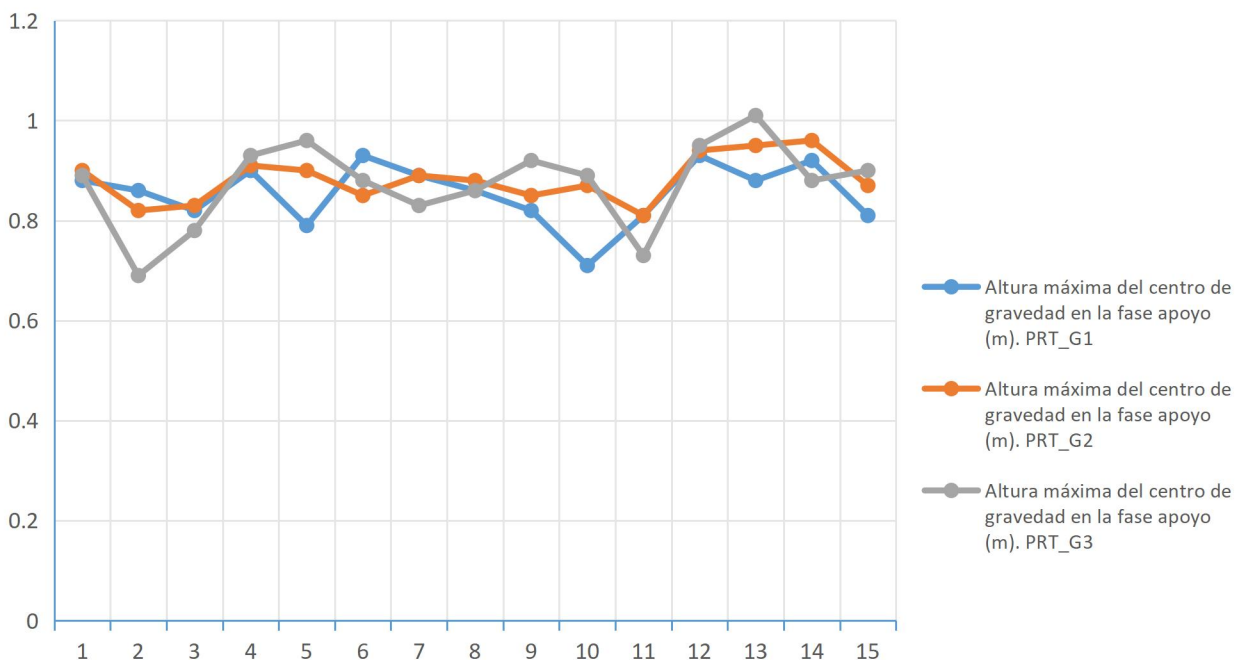
La longitud del paso simple es una variable clave que refleja la distancia recorrida por un pie en una sola fase de la marcha, proporcionando información sobre la eficiencia y la estabilidad del patrón de locomoción (Perry y Burnfield, 2010), véase figura 2. En G1, la longitud del paso simple 1 fue de  $0,381 \text{ m} \pm 0,06$ , mientras que en

G2 y G3, fue ligeramente diferente con  $0,375 \text{ m} \pm 0,04$  y  $0,396 \text{ m} \pm 0,11$ , respectivamente. Esto indica que el grupo G3 mostró un patrón de marcha más amplio en esta fase en comparación con los otros dos grupos. Aunque las diferencias no parecen ser drásticas, G3 presenta una tendencia a tener una longitud de paso mayor.

En cuanto a la longitud del paso simple 2, G2 presentó un aumento notable, alcanzando  $0,412 \text{ m} \pm 0,06$ , en comparación con  $0,385 \text{ m} \pm 0,06$  en G1 y  $0,380 \text{ m} \pm 0,12$  en G3. Este aumento en G2 podría reflejar una variación en la biomecánica de la marcha, posiblemente debido a adaptaciones neuromusculares o variaciones en las condiciones de la prueba (Winter, 2009). Es interesante notar que, aunque G3 mostró una mayor longitud del paso en la primera fase, su longitud del paso en la segunda fase fue menor que en G2.

### Figura 3

*Altura máxima del centro de gravedad en la fase de apoyo pre-test.*



Nota: PRT\_G1: pre-test Grupo 1, PRT\_G1: pre-test Grupo 2, PRT\_G1: pre-test Grupo 3.

Hay que tener en cuenta, que la altura máxima del centro de gravedad es un parámetro de interés en la evaluación de la estabilidad y el control postural durante la marcha (Whittle, 2004). En este análisis, ver figura 3, G2 mostró la mayor altura promedio del centro de gravedad durante la fase de apoyo ( $0,882 \text{ m} \pm 0,05$ ), seguido de G3 con  $0,873 \text{ m} \pm 0,09$ , y G1 con  $0,854 \text{ m} \pm 0,06$ . Estos valores sugieren que G2 podría estar empleando una estrategia de la marcha que involucra una mayor elevación del centro de gravedad, lo cual podría estar vinculado a un control postural diferente o a una mayor energía en la marcha. La menor altura del centro de gravedad en G1 podría estar asociada con una mayor estabilidad, aunque también puede reflejar una mecánica corporal diferente o el uso de estrategias de la marcha más conservadoras.

Las diferencias observadas entre los grupos en cuanto a la longitud del paso y la altura del centro de gravedad no parecen ser significativas a primera vista, pero G2 tiende a presentar valores ligeramente mayores en ambas variables, lo que podría señalar un patrón de la marcha más enérgico o eficiente en comparación con G1 y G3. Además, las fluctuaciones en la longitud del paso entre las dos fases sugieren posibles variaciones biomecánicas que podrían considerarse para un análisis más profundo en otra investigación.

Este análisis preliminar aporta información relevante sobre la variabilidad en los patrones espaciales de la marcha entre los grupos. No obstante, más adelante en la investigación se aplicarán pruebas estadísticas más rigurosas para determinar si estas diferencias son estadísticamente significativas y explorar posibles implicaciones en los hallazgos.

**Tabla 8**

*Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espaciales angulares. (Pretest), (n= 45).*

<b>Variables Espaciales</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Ángulo inicial del tobillo derecho en la fase activa del apoyo. (°)	93,267 + 6,5	88,933 + 6,85	86,78 + 6,83
Ángulo inicial del tobillo izquierdo en la fase activa del apoyo. (°)	95,133 + 6,47	86,867 + 6,82	87,027 + 6,62
Ángulo inicial de la rodilla derecho en la fase activa del apoyo. (°)	164,64 + 10,77	167,933 + 7,5	173,073 + 4,82
Ángulo final de la rodilla derecho en la fase activa del apoyo. (°)	127,8 + 7,89	129,333 + 10,77	131,833 + 9,4
Ángulo inicial de la rodilla izquierda en la fase activa del apoyo. (°)	167,687 + 9,87	171,667 + 5,7	170,093 + 7,85
Ángulo final de la rodilla izquierdo en la fase activa del apoyo. (°)	125,267 + 10,73	128 + 12,14	134,547 + 8,79
Ángulo absoluto del tronco cuando las rodillas coinciden en la línea media, Plano sagital. (°)	87,533 + 4	88,26 + 2,22	87,64 + 3,23
Ángulo de inclinación del tronco en la fase inicial de apoyo, Plano frontal. (°)	0,853 + 3,32	-0,113 + 3,57	-2,087 + 2,58
Ángulo absoluto de las caderas con respecto a la horizontal, linealidad, Plano frontal. (°)	1,687 + 3,16	-0,107 + 2,44	0,433 + 1,68
Ángulo absoluto de los hombros con respecto a la horizontal, linealidad, Plano frontal. (°)	1,647 + 3,34	4,46 + 5,94	1,867 + 3,08
n	15	15	15

Ahora bien, en la biomecánica de la marcha, las variables angulares son fundamentales para evaluar la cinemática de las articulaciones durante el ciclo de la marcha. Autores como Winter (1991) y Perry y Burnfield (2010) han estudiado detalladamente cómo estas variables influyen en el comportamiento motor de las extremidades inferiores y el tronco. A continuación, se examinan los ángulos presentados para los grupos G1, G2 y G3 en diferentes fases del apoyo durante la marcha.

### **Ángulo inicial del tobillo en la fase activa del apoyo Pre-test**

El ángulo inicial del tobillo derecho en el grupo G1 fue de  $93,267^\circ \pm 6,5$ , mayor que en G2 ( $88,933^\circ \pm 6,85$ ) y G3 ( $86,78^\circ \pm 6,83$ ). Este comportamiento indica que los individuos de G1 podrían estar experimentando una mayor dorsiflexión en el tobillo durante el contacto inicial. En estudios previos, **Perry (1992)** indicó que una dorsiflexión significativa durante el apoyo inicial podría reflejar un control postural más eficiente. Sin embargo, la elevada variabilidad en G3 sugiere una posible alteración o inestabilidad en el control postural.

### **Ángulo inicial de la rodilla en la fase activa del apoyo Pre-test**

El ángulo inicial de la rodilla derecha en G1 fue de  $164,64^\circ \pm 10,77$ , mientras que G2 presentó  $167,933^\circ \pm 7,5$  y G3  $173,073^\circ \pm 4,82$ . Estos valores sugieren que G3 muestra una mayor extensión de rodilla, lo que, según Nigg y Herzog (1999), puede aumentar el riesgo de lesiones articulares debido a una menor absorción de impacto. Por otro lado, los valores más cercanos a la flexión en G1 y G2 pueden reflejar un patrón de marcha más eficiente en la absorción del impacto.

### **Ángulo final de la rodilla en la fase activa del apoyo. Pre-test**

El ángulo final de la rodilla derecha en G1 fue de  $127,8^\circ \pm 7,89$ , en G2 de  $129,333^\circ \pm 10,77$ , y en G3 de  $131,833^\circ \pm 9,4$ . Estos resultados sugieren que G1 tiene una menor flexión de rodilla al final de la fase activa del apoyo, lo cual podría estar asociado con una menor capacidad para absorber el impacto en comparación con G3, que muestra una mayor flexión.

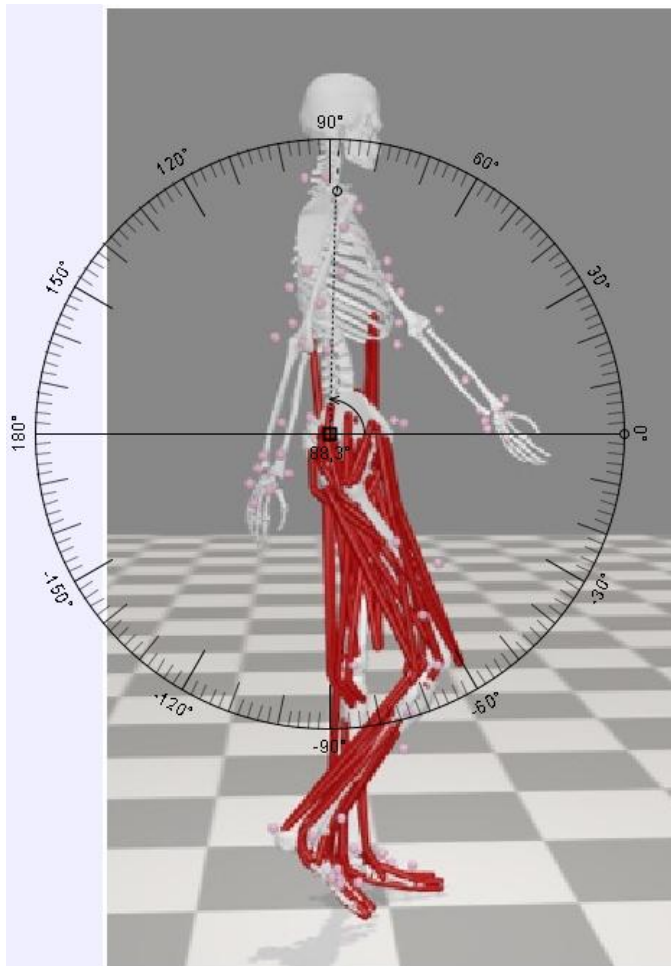


### Ángulos absolutos del tronco y hombros. Pretest

El ángulo absoluto del tronco en el plano sagital (ver figura 4) es relativamente consistente entre los tres grupos:  $87,533^\circ \pm 4$  en G1,  $88,26^\circ \pm 2,22$  en G2 y  $87,64^\circ \pm 3,23$  en G3. Según Zatsiorsky (2002), la estabilidad del tronco es clave para mantener un equilibrio dinámico y reducir la demanda mecánica sobre las extremidades inferiores. En cuanto al ángulo absoluto de los hombros, G2 presenta el valor más elevado ( $4,46^\circ \pm 5,94$ ), lo que podría sugerir una compensación postural.

### Figura 4

*Ángulo absoluto del tronco Pre-test*



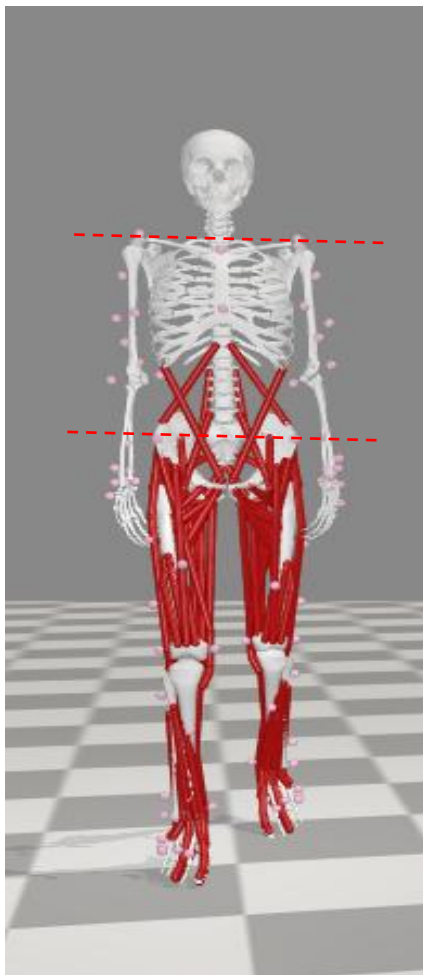
Nota: Representación del ángulo absoluto del tronco (Plano sagital), considerando el punto medio de la cadera y la séptima cervical, promedio de G2, usando simulación de OpenSim 4.5, son los datos reales de la investigación

### Ángulos en el plano frontal: inclinación del tronco

La inclinación del tronco en el plano frontal en G1 fue de  $0,853^\circ \pm 3,32$ , en G2 de  $-0,113^\circ \pm 3,57$ , y en G3 de  $-2,087^\circ \pm 2,58$ . G3 muestra una inclinación lateral más pronunciada, lo que podría reflejar una asimetría postural, mientras que G1 y G2 mantienen una alineación más equilibrada (ver figura 5). Según Grieve (1983), una menor inclinación lateral es indicativa de una mayor estabilidad.

### Figura 5

*Angulo de inclinación del tronco, plano frontal*



Nota: Alineación de los hombros y alineación de las caderas, en el apoyo del talón, paso simple. Plano frontal.

A partir de los datos, se observan patrones distintos entre los grupos. G1 parece mostrar características de una marcha más rígida, con menor flexión de la rodilla y una dorsiflexión más moderada en el tobillo, lo que podría sugerir una marcha menos eficiente. En cambio, G2 y G3 presentan patrones más eficientes con mayores rangos de movimiento. La estabilidad del tronco en los tres grupos indica un control postural adecuado, aunque las inclinaciones observadas en G3 pueden reflejar compensaciones posturales.

Las diferencias observadas entre los grupos sugieren que existen variaciones biomecánicas en la marcha que podrían influir en la eficiencia del movimiento. Estos hallazgos están en línea con estudios previos que indican la importancia del rango de movimiento y la alineación articular en la eficiencia de la marcha (Winter, 1991; Perry y Burnfield, 2010).

**Tabla 9**

*Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espacio - temporal promedios. (Pretest), (n=45).*

<b>Variables espacio - temporal</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Velocidad media del centro de gravedad en la marcha (m/s)	1,147 + 0,17	1,186 + 0,14	1,198 + 0,22
Velocidad del C.G en la fase de apoyo (m/s)	1,12 + 0,22	1,174 + 0,13	1,221 + 0,21
Velocidad del C.G en la fase de balanceo (m/s)	1,102 + 0,22	1,159 + 0,14	1,184 + 0,25
n	15	15	15

La marcha es uno de los métodos de ejercicio físico más habituales en el día a día y al estudiar factores como la velocidad del centro de gravedad (CG), se puede valorar la manera en que las personas efectúan este movimiento esencial y cuán eficientes resultan en cuanto a la salud y bienestar general.

### **Velocidad media del Centro de Gravedad (C.G.). Pretest**

La velocidad media del C.G. es conocido como un indicador importante de la intensidad del esfuerzo físico. En el contexto de la actividad física, una mayor velocidad puede reflejar una mayor capacidad aeróbica y una buena condición física. Según la tabla 9, el grupo G3 presenta la mayor velocidad media con 1,198 m/s ( $\pm 0,22$ ), seguido de G2 con 1,186 m/s ( $\pm 0,14$ ) y G1 con 1,147 m/s ( $\pm 0,17$ ).

Caminar a una velocidad mayor requiere una coordinación eficaz entre los sistemas neuromuscular y cardiovascular. Según Tudor-Locke et al. (2011), caminar a una velocidad de 1,2 m/s o más se asocia con una mayor actividad física moderada, lo cual beneficia la salud cardiovascular, el control del peso y la capacidad funcional en diferentes grupos etarios. Esto sugiere que los individuos del grupo G3 podrían tener un nivel de actividad física más elevado.

### **Velocidad del C.G. en la Fase de Apoyo. Pretest**

La velocidad del C.G. durante la fase de apoyo refleja la interacción del cuerpo con el suelo. En términos de actividad física, una mayor velocidad en esta fase puede indicar una mayor eficiencia en la transferencia de energía a través de las extremidades inferiores. En la tabla 9, el grupo G3 muestra nuevamente la mayor velocidad en esta fase con 1,221 m/s ( $\pm 0,21$ ), seguido de G2 con 1,174 m/s ( $\pm 0,13$ ), y G1 con 1,12 m/s ( $\pm 0,22$ ).

De ahí que, este tipo de competencia es fundamental para personas que realizan caminatas o carreras como parte de su rutina diaria. Entrenar una velocidad alta en la fase de apoyo contribuye a optimizar el trabajo muscular y a minimizar el impacto en las articulaciones, lo que favorece la salud osteoarticular y reduce el riesgo de lesiones (Morris et al., 2006).

### **Velocidad del C.G. en la Fase de Balanceo. Pretest**

La fase de balanceo, cuando el pie no está en contacto con el suelo, es crucial para la cadencia y fluidez de la marcha. En la tabla 9, G3 presenta la mayor velocidad durante esta fase con 1,184 m/s ( $\pm 0,25$ ), seguido de G2 con 1,159 m/s ( $\pm 0,14$ ), y G1 con 1,102 m/s ( $\pm 0,22$ ).

En el contexto de la actividad física, una velocidad constante y adecuada en la fase de balanceo sugiere un buen control neuromuscular y coordinación, lo que es importante para evitar desequilibrios y caídas, especialmente en poblaciones mayores o con menor nivel de actividad física (Wang et al., 2020).

Los datos indican que el grupo G3 mantiene las velocidades más altas en todas las fases de la marcha, lo que sugiere una mayor eficiencia y capacidad física. Este comportamiento puede estar influenciado por una mayor facilidad para realizar actividades físicas cotidianas, como caminar, subir escaleras o correr. Por otro lado, el grupo G1, con velocidades más bajas, podría parecer a individuos con un menor nivel de actividad física o capacidad de ejecutar ejercicios eficientemente.

El análisis de las variables espacio-temporales de la marcha sugiere que el grupo G3, muestra una mayor eficiencia en términos de velocidad en todas las fases de la marcha, lo que refleja un nivel más alto de capacidad física. Esto sugiere que probablemente les permite realizar actividades físicas con menor esfuerzo, lo cual es crucial para la salud cardiovascular y el bienestar general. En cambio, los grupos G1 y G2 podrían beneficiarse de intervenciones específicas para mejorar la eficiencia de la marcha y aumentar su nivel de actividad física, promoviendo un estilo de vida activo y saludable.

**Tabla 10**

*Parámetros fisiológicos, frecuencia cardíaca en reposo y presión sanguínea, antes de la prueba de 1609 metros. (Pre-Test), (n= 45).*

Parámetros fisiológicos			G1	G2	G3
Frecuencia Cardíaca en Reposo (FCR), (lpm)	en		72,13 + 11,66	74,13 + 8,29	73,13 + 11,98
Presión Diastólica (mmHg)			81,47 + 12,46	80,33 + 10,56	84,13 + 12,79
Presión Sistólica (mmHg)			122,4 + 17,15	114,73 + 11,93	127,6 + 19,9
n			15	15	15

A continuación, se exponen una revisión del análisis previo, modificando los aspectos para adultos mayores que se involucren en actividades físicas de manera constante. Al incluir investigaciones y sugerencias acerca de la fisiología del ejercicio en personas de edad avanzada, se resaltarán los impactos particulares del ejercicio en este grupo y cómo los parámetros de frecuencia cardíaca y presión arterial pueden variar en comparación con adultos más jóvenes.

### **Frecuencia Cardíaca en Reposo (FCR) en Adultos Mayores Activos. Pretest**

En adultos mayores, la frecuencia cardíaca en reposo (FCR) tiende a ser más elevada, apropiado a los cambios fisiológicos asociados con el envejecimiento. Sin embargo, en aquellos que son físicamente activos, esta tendencia puede ser diferente, a lo que resulta en una FCR más baja en comparación con adultos mayores sedentarios. La capacidad del sistema cardiovascular para adaptarse al ejercicio está influida por el envejecimiento, pero Fagard (2001) señala que el entrenamiento aeróbico puede producir mejoras significativas, incluso en esta población. En los adultos mayores activos, una bradicardia sinusal en reposo sigue siendo una señal de una eficiente adaptación cardiovascular, aunque la magnitud de esta adaptación puede ser menor en comparación con adultos jóvenes.

Los valores de FCR observados en la tabla 10, (G1: 72,13 lpm, G2: 74,13 lpm, G3: 73,13 lpm) son congruentes con lo que se podría esperar en adultos mayores activos, quienes, a pesar de presentar FCR más altas que los jóvenes entrenados, podrían estar experimentando una mejora significativa respecto a sus contrapartes sedentarias. Garber et al. (2011) indican que el ejercicio regular en adultos mayores puede reducir la FCR en 5-10 lpm, lo que es clínicamente relevante para la salud cardiovascular.

### **Presión Arterial en Adultos Mayores Activos. Pretest**

La presión arterial tiende a aumentar con la edad debido a factores como la rigidez arterial y el mayor tono simpático. Sin embargo, los adultos mayores que participan regularmente en actividades físicas pueden experimentar una reducción en la presión arterial sistólica y diastólica, lo que disminuye su riesgo de desarrollar

hipertensión. Según el ACSM (2017), los programas de ejercicio en adultos mayores pueden reducir la presión sistólica en aproximadamente 5-7 mmHg y la diastólica en hasta 3-5 mmHg, lo que es crucial para la prevención de eventos cardiovasculares.

Por otro lado, en la tabla 10, los valores de presión arterial sistólica y diastólica para los tres grupos se encuentran dentro de un rango considerado normal para adultos mayores (G1: 122,4/81,47 mmHg, G2: 114,73/80,33 mmHg, G3: 127,6/84,13 mmHg). G3, con la presión sistólica más alta (127,6 mmHg), sigue estando dentro de los límites aceptables para adultos mayores activos, pero podría beneficiarse de intervenciones adicionales, como entrenamientos de resistencia o ejercicios que promuevan la elasticidad vascular. Borresen y Lambert (2008) explican que, en adultos mayores, el ejercicio aeróbico tiene un efecto directo en la mejora de la complacencia arterial, lo que puede reducir la presión arterial.

Las adaptaciones cardiovasculares al ejercicio en adultos mayores pueden no ser tan rápidas o pronunciadas como en individuos más jóvenes, pero siguen siendo significativas. Según Fagard (2001), incluso a edades avanzadas, el ejercicio regular puede mejorar la función del ventrículo izquierdo y aumentar el volumen sistólico, lo que permite al corazón bombear sangre de manera más eficiente y reducir tanto la FCR como la presión arterial en reposo.

El grupo G2 presenta la presión arterial sistólica más baja (114,73 mmHg) y la frecuencia cardíaca más alta (74,13 lpm), lo que sugiere que, aunque tienen un mayor tono simpático en reposo, este grupo podría beneficiarse del entrenamiento aeróbico adicional para mejorar la modulación autonómica y reducir la FCR.

En el grupo G3, con la presión arterial sistólica más alta (127,6 mmHg), podría estar experimentando efectos de la rigidez arterial asociada con la edad, pero el ejercicio físico regular puede ayudar a mantener estos valores dentro de un rango saludable. El control de la presión arterial es particularmente importante en adultos mayores para reducir el riesgo de eventos cardiovasculares como accidentes cerebrovasculares y enfermedades cardíacas.

En adultos mayores activos, los valores de frecuencia cardíaca en reposo y presión arterial son influenciados por el ejercicio regular, lo que les permite mantener una salud cardiovascular relativamente buena en comparación con sus pares sedentarios Fagard (2001). Aunque los tres grupos en la tabla muestran valores dentro de rangos aceptables, algunos, especialmente en G3, podrían beneficiarse de un programa más estructurado de entrenamiento aeróbico para reducir la presión arterial sistólica. Los beneficios del ejercicio físico regular en esta población son significativos, mejorando no solo la eficiencia cardíaca sino también la salud vascular, ambos factores cruciales para una buena calidad de vida en la vejez.

**Tabla 11**

*Parámetros fisiológicos, frecuencia cardíaca y presión sanguínea, después de la prueba de 1609 metros. (Pre-Test), (n= 45).*

<b>Variables fisiológicas</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Frecuencia Cardíaca final de la prueba (FCR), (lpm)	81,8 + 6,91	81,53 + 10,62	84,26 + 12,27
Presión Diastólica (mmHg)	79,27 + 11,09	81,07 + 9,73	83,2 + 11,78
Presión Sistólica (mmHg)	116,6 + 12,47	116,2 + 11,12	122 + 20,75
n	15	15	15

La Tabla 11 presenta los parámetros fisiológicos basales de tres grupos de estudio (G1, G2, G3; n=15 cada uno) previo a la intervención, ofreciendo perspectivas críticas sobre el estado cardiovascular inicial de adultos mayores activos. Los datos revelan una homogeneidad relativa en la frecuencia cardíaca en reposo (FCR), con valores que oscilan entre  $81.53 \pm 10.62$  lpm (G2) y  $84.26 \pm 12.27$  lpm (G3), dentro del rango considerado normal para adultos mayores sedentarios a moderadamente activos (60-100 lpm según la American Heart Association). Sin embargo, la mayor variabilidad



en G3 ( $DE \pm 12.27$ ) sugiere heterogeneidad en la regulación autonómica basal, posiblemente asociada a diferencias en el nivel de adaptación cardíaca al ejercicio, como señalan estudios clásicos sobre variabilidad de la frecuencia cardíaca (Task Force, 1996).

En cuanto a la presión arterial, se observa un patrón diferenciado en el grupo G3: mientras la presión diastólica se mantiene en rangos normales ( $83.2 \pm 11.78$  mmHg), la presión sistólica ( $122 \pm 20.75$  mmHg) alcanza valores cercanos al umbral de hipertensión estadio 1 ( $\geq 130$  mmHg, según ACC/AHA 2017). Esta disparidad, junto a la elevada desviación estándar en G3 ( $DE \pm 20.75$ ), podría reflejar respuestas heterogéneas al estrés físico posprueba, fenómeno documentado en poblaciones mayores con rigidez arterial incipiente (Franklin et al., 1997). En contraste, G1 y G2 muestran presiones sistólicas más bajas ( $116.6 \pm 12.47$  y  $116.2 \pm 11.12$  mmHg, respectivamente), lo que sugiere un perfil hemodinámico más estable, consistente con hallazgos de Tanaka et al. (2001) en adultos mayores físicamente activos.

La presión de pulso (diferencia entre sistólica y diastólica) en G3 (38.8 mmHg) supera a la de G1 (37.33 mmHg) y G2 (35.13 mmHg), indicador asociado a un mayor riesgo de eventos cardiovasculares en adultos mayores (Domanski et al., 2001). Este dato, sumado a la alta variabilidad sistólica en G3, plantea la necesidad de estratificar subgrupos dentro de esta cohorte, identificando individuos con posible disfunción endotelial o rigidez aórtica, condiciones que podrían modular las adaptaciones al entrenamiento.

Desde una perspectiva metodológica, estos valores basales subrayan la importancia de controlar factores como la hidratación, la temperatura ambiental y el estrés psicológico durante las mediciones, variables que según Kenney et al. (2015) pueden alterar significativamente la presión arterial post-ejercicio. Además, la comparación intergrupar inicial sugiere que G3 podría requerir ajustes específicos en la prescripción de ejercicio para reducir riesgos de hipertensión reactiva, alineándose con las recomendaciones de Pescatello et al. (2015) sobre individualización de intensidades en poblaciones heterogéneas.

**Tabla 12**

*Tiempo de la prueba y consumo máximo de oxígeno del test Rockport 1609 metros. (Pretest), (n= 45)*

	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Tiempo total (min)	20,81 + 2,99	21,95 + 1,8	20,29 + 3,85
VO <sub>2</sub> máx (ml/kg/min)	15,05 + 11,92	10,93 + 6,55	15,82 + 11,81
n	15	15	15

La Tabla 12 presenta los resultados del pretest de la prueba Rockport 1609 metros, evaluando el tiempo total en completar la distancia de la prueba, así como el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx) de los tres grupos de adultos mayores. Estos parámetros son indicativos de la capacidad aeróbica y el estado físico general de los participantes.

#### **Tiempo de la prueba (minutos) de Rockport 1609 metros. (Pre-test)**

El tiempo promedio para completar la prueba de 1609 metros presenta diferencias notables entre los tres grupos analizados, lo que refleja variaciones en la capacidad aeróbica y la eficiencia de la marcha en adultos mayores físicamente activos. El G1 registró un tiempo promedio de 20,81 minutos con una desviación estándar de 2,99 minutos, lo que sugiere una ejecución relativamente estable y eficiente en comparación con los otros grupos. Por otro lado, el G2 presentó un tiempo promedio de 21,95 minutos con una desviación estándar de 1,8 minutos, lo que indica un desempeño ligeramente inferior y una menor variabilidad en los tiempos individuales, lo que podría estar asociado a diferencias en la condición física o en la estrategia utilizada durante la prueba.

El G3 mostró el mejor rendimiento, con un tiempo promedio de 20,29 minutos y una desviación estándar de 3,85 minutos, lo que sugiere que algunos participantes completaron la prueba en tiempos considerablemente más cortos, mientras que otros

requirieron más tiempo, lo que se traduce en una mayor dispersión en los datos. Estas diferencias pueden estar influenciadas por factores biomecánicos, la eficiencia en la técnica de la marcha, la capacidad aeróbica y el nivel de adaptación al esfuerzo prolongado.

El análisis comparativo entre los grupos permite inferir que aquellos con mejor desempeño presentan una mayor eficiencia cardiorrespiratoria y una mejor mecánica de la marcha, factores determinantes en la optimización del rendimiento en pruebas de resistencia. Adicionalmente, el análisis estadístico puede aportar evidencia sobre la significancia de estas diferencias, permitiendo establecer si las variaciones observadas responden a factores específicos de entrenamiento, condición física o características individuales de los participantes.

El G2 presenta el tiempo más alto ( $21,95 \pm 1,8$  minutos), lo que sugiere que los participantes de este grupo pueden tener un nivel de condición física inferior en comparación con los otros dos grupos. El G3, por su parte, muestra el mejor desempeño con el tiempo promedio más bajo ( $20,29 \pm 3,85$  minutos). Esto indica una mayor eficiencia física y capacidad aeróbica en este grupo, lo cual podría estar relacionado con un mayor nivel de actividad física previa o una mejor adaptación cardiovascular.

### **Consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx) Rockport 1609 metros. (Pre-test)**

El VO<sub>2</sub> máx es un parámetro fundamental para evaluar la capacidad aeróbica, ya que refleja la máxima cantidad de oxígeno que el organismo puede consumir durante el ejercicio intenso y, por ende, la eficiencia del sistema cardiorrespiratorio y muscular en la producción de energía. Los resultados obtenidos evidencian una variabilidad considerable entre los grupos estudiados, lo cual sugiere diferencias en la capacidad aeróbica y en la respuesta fisiológica al esfuerzo en la muestra de adultos mayores. En el G1 se registró un VO<sub>2</sub> máx promedio de 15,05 ml/kg/min con una desviación estándar de 11,92 ml/kg/min, indicando una dispersión significativa en los valores individuales, lo que probablemente refleja la heterogeneidad de la condición física dentro del grupo. En contraste, el G2 presentó un promedio inferior, de 10,93 ml/kg/min

con una desviación estándar de 6,55 ml/kg/min, lo que evidencia una menor capacidad aeróbica en comparación con los otros grupos. Por otro lado, el G3 mostró el mejor desempeño en este parámetro, alcanzando un  $\text{VO}_2$  máx promedio de 15,82 ml/kg/min con una desviación estándar de 11,81 ml/kg/min, lo que sugiere que, si bien algunos participantes mantienen una capacidad aeróbica elevada, otros muestran limitaciones en este aspecto.

Estos hallazgos pueden atribuirse a diversos factores, entre ellos el nivel de entrenamiento previo, la eficiencia biomecánica de la marcha, el estado cardiorrespiratorio intrínseco y la capacidad de adaptación al esfuerzo prolongado. El test de Rockport, empleado como herramienta para estimar la capacidad aeróbica en poblaciones con baja condición física, revela que el tiempo de caminata para completar 1609 metros varía entre los grupos de estudio, siendo mayor en el G2 y menor en el G3, lo cual se correlaciona con los valores de  $\text{VO}_2$  máx obtenidos. Esta relación entre el desempeño en el test de resistencia y la capacidad aeróbica subraya la importancia de la actividad física regular, ya que un mayor  $\text{VO}_2$  máx se asocia con una mejor calidad de vida, un menor riesgo cardiovascular y una mayor autonomía en las actividades diarias, aspectos críticos para la salud de los adultos mayores.

Desde una perspectiva fisiológica, las diferencias en el consumo máximo de oxígeno destacan la relevancia de intervenciones específicas que fomenten el entrenamiento aeróbico y de fuerza, dado que dichas estrategias pueden mejorar la capacidad funcional y contrarrestar procesos como la sarcopenia y la disminución de la función cardíaca, fenómenos ampliamente documentados en la literatura (Cruz-Jentoft et al., 2019; Fleg, 2012; Sheel y Romer, 2012). La alta variabilidad observada en los G1 y G3 sugiere que, además de la actividad física, otros factores como la genética y las diferencias individuales en la composición corporal pueden modular la respuesta al entrenamiento. En este sentido, es crucial diseñar programas sistemáticos de intervención personalizados que consideren la condición inicial de cada individuo, optimizando así los beneficios del ejercicio y permitiendo una adaptación progresiva del sistema cardiorrespiratorio.

La evidencia presentada enfatiza la importancia de integrar un enfoque multidimensional en la evaluación y mejora de la capacidad aeróbica en adultos mayores. Un mayor  $\text{VO}_2$  máx no solo se asocia con mejoras en el rendimiento físico, sino que también sirve como marcador de una mejor salud cardiovascular y funcional, lo que se traduce en una mayor calidad de vida. Asimismo, la relación entre el tiempo en el test de Rockport y el consumo máximo de oxígeno resalta la relevancia de utilizar métodos de evaluación simples y prácticos para el monitoreo continuo de la condición física en poblaciones de riesgo. Los datos sugieren que, si bien existen diferencias intergrupales significativas, las intervenciones orientadas a la actividad física regular pueden contribuir de manera importante a reducir las limitaciones asociadas al envejecimiento.

En conclusión, la variabilidad en los valores de  $\text{VO}_2$  máx y en el desempeño en el test de resistencia reflejan la complejidad de las respuestas fisiológicas al ejercicio en adultos mayores. Los hallazgos apoyan la implementación de programas de entrenamiento integrales que incluyan componentes aeróbicos y de fuerza, adaptados a las necesidades individuales, y subrayan la importancia de la actividad física regular como estrategia fundamental para mejorar la capacidad funcional y la calidad de vida en esta población. El análisis estadístico de estas variables permitirá determinar la significancia de las diferencias observadas y evaluar la efectividad de las intervenciones aplicadas, consolidando la base para futuras investigaciones en el campo de la fisiología del envejecimiento.

## **Estructuración de programa de entrenamiento para 8 semanas**

Se recopilaron los datos de la prueba de consumo máximo de oxígeno utilizando el test Rockport de 1609 metros, así como los hallazgos obtenidos en los análisis biomecánicos de la marcha durante dicha prueba. Estos resultados proporcionaron información clave para diseñar un programa específico destinado al grupo experimental. Dicho programa, se centro en mejorar la eficiencia de la marcha y el consumo máximo de oxígeno, tuvo una duración de 8 semanas de implementación, durante las cuales se evaluarán progresivamente los cambios en el rendimiento físico y biomecánico de los participantes.

A continuación, se describe un programa de 8 semanas enfocado en mejorar la técnica de la marcha natural y aumentar el consumo de oxígeno. Cada fase del programa tiene un propósito específico, basado en los hallazgos obtenidos del análisis previo del grupo experimental (G3).

### **Análisis del Grupo G3**

A partir de los datos obtenidos de las diferentes pruebas biomecánicas y de consumo de oxígeno, podemos realizar un análisis detallado del Grupo G3, centrado en las áreas clave que requieren intervención para mejorar la marcha y el consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2 \text{ max}$ ).

#### **1. Velocidad Media del Centro de Gravedad (C.G.)**

El grupo G3 muestra una velocidad media del centro de gravedad de 1,198 m/s, que se encuentra ligeramente por debajo de los valores de G1 (1,147 m/s) y G2 (1,186 m/s). Esto sugiere que, si bien su rendimiento en esta variable no es el más bajo, hay margen para mejorar. Mantener una buena velocidad media del C.G. es crucial para optimizar la eficiencia de la marcha, lo que repercute directamente en el gasto energético y la capacidad aeróbica.

#### **2. Velocidad del C.G. en la Fase de Apoyo**

En la fase de apoyo, G3 registró una velocidad del C.G. de 1,221 m/s, lo que es más alto en comparación con G1 (1,12 m/s) y G2 (1,174 m/s). Esto es un indicador

positivo, ya que una mayor velocidad en la fase de apoyo sugiere una buena eficiencia en la absorción y aplicación de fuerza al suelo, lo que optimiza el movimiento.

Sin embargo, es importante considerar que, si bien una velocidad alta es favorable, debe complementarse con un control adecuado del movimiento para evitar el riesgo de sobrecarga en las articulaciones y lesiones a largo plazo. Por lo tanto, mejorar la estabilidad postural y la técnica en esta fase sería beneficioso.

### **3. Velocidad del C.G. en la Fase de Balanceo**

La velocidad del C.G. en la fase de balanceo para G3 es 1,184 m/s, apenas por debajo de G1 (1,102 m/s) y G2 (1,159 m/s). Esto indica que G3 tiene una transición relativamente rápida entre los pasos, lo que es positivo para mantener un ritmo eficiente en la marcha. No obstante, se pueden realizar ajustes para mejorar el control neuromuscular y asegurar que la fase de balanceo sea más estable y eficiente.

### **4. Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub> max)**

Los resultados obtenidos en la prueba de Rockport (1609 metros) para evaluar el consumo máximo de oxígeno revelan que el grupo G3 muestra un VO<sub>2</sub> max moderado en comparación con los otros grupos. Este parámetro es fundamental para evaluar la capacidad aeróbica de los participantes y su resistencia durante la marcha. Una baja eficiencia en el consumo de oxígeno podría estar afectando la capacidad de G3 para mantener altos niveles de actividad física prolongada.

### **Programa para Mejorar la Marcha y el Consumo Máximo de Oxígeno en G3**

Basándonos en los hallazgos del análisis, proponemos un programa de intervención de 8 semanas enfocado en mejorar tanto la marcha como el consumo máximo de oxígeno del grupo G3. Este programa incluirá ejercicios específicos para mejorar la eficiencia del movimiento, fortalecer los músculos clave involucrados en la marcha y aumentar la capacidad aeróbica.

#### **Objetivos del Programa:**

Mejorar la eficiencia de la marcha mediante la optimización de las fases de apoyo y balanceo.

Aumentar el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> max) para mejorar la capacidad aeróbica y la resistencia.

Fortalecer los músculos clave que influyen en el control y estabilidad durante la marcha.

Reducir el riesgo de lesiones mediante ejercicios de estabilidad y control postural.

Tabla 13

Programa de entrenamiento de 8 semanas

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO				
FASES	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
PERIODOS	Semanas (1-2)	Semanas (3-4)	Semanas (5-6)	Semanas (7-8)
Objetivo	Introducción y Técnica de la Marcha	Fortalecimiento y Estabilidad	Aumento de la Intensidad Aeróbica	Consolidación y Evaluación
Descripción	Entrenamiento de técnica de marcha: Incluir sesiones específicas de entrenamiento para corregir la postura, la alineación del cuerpo y la coordinación entre el tronco y las extremidades inferiores.	Entrenamiento de fuerza específico: Cuádriceps, isquiotibiales y glúteos: Ejercicios como sentadillas, zancadas y extensiones de cadera.	Entrenamiento aeróbico de moderada intensidad: Aumentar la velocidad y duración de las caminatas.	Entrenamiento aeróbico de alta intensidad: Introducir intervalos de carrera ligera para aumentar el consumo de oxígeno.
	Ejercicio 1: Caminatas sobre terreno plano, con un énfasis en la postura erguida, contracción del abdomen y balanceo controlado de los brazos.	Pantorrillas: Elevaciones de talones para mejorar la capacidad de propulsión en la fase de apoyo.	Frecuencia: 4 días por semana.	Frecuencia: 4 días por semana.
	Ejercicio 2: Marcha con pesas ligeras en las manos para trabajar en la coordinación de extremidades y mejorar la estabilidad durante el movimiento.	Frecuencia: 2 días por semana.	Duración: 30-40 minutos por sesión.	Duración: 40-50 minutos por sesión.
	Entrenamiento aeróbico de baja intensidad: Caminar a una velocidad controlada para mejorar la eficiencia del consumo de oxígeno.	Entrenamiento de estabilidad:	Objetivo: Trabajar en el umbral aeróbico para mejorar el VO <sub>2</sub> max.	Sesiones de técnica avanzada:
	Frecuencia: 2 días a la semana.	Ejercicio 1: Caminata lateral con bandas de resistencia para mejorar la estabilidad de las caderas.	Entrenamiento de intervalos: Combinar fases de caminata rápida con fases de recuperación.	Ejercicio 1: Caminata rápida en diferentes tipos de terreno (cuestas, terreno irregular) para trabajar la adaptabilidad y control postural.
	Duración: 20-30 minutos por sesión.	Ejercicio 2: Ejercicios de equilibrio sobre una sola pierna para fortalecer la estabilidad del tobillo y la rodilla.	Ejercicio: Intervalos de 2 minutos de caminata rápida seguidos de 1 minuto de caminata más lenta.	Evaluación final: Repetición de la prueba de consumo de oxígeno (Rockport 1609 metros) y análisis biomecánico de la marcha para evaluar las mejoras.
	Objetivo: Aumentar gradualmente la resistencia.	Frecuencia: 2-3 días por semana.		

Nota: Elaborado por Tomedes (2024).



Este programa tuvo como objetivo mejorar la eficiencia de la marcha y el consumo máximo de oxígeno en el G3. Al fortalecer los músculos implicados en el movimiento, mejorar la técnica de la marcha y aumentar la capacidad aeróbica, se espera que los individuos del grupo G3 puedan optimizar su rendimiento en la marcha y mejorar su salud cardiovascular a largo plazo.

Para respaldar este programa de ejercicios enfocado en mejorar la marcha y el consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2 \text{ max}$ ). A continuación se incluyen referencias confiables de autores y estudios que han investigado sobre la marcha, el entrenamiento de fuerza y estabilidad, así como sobre el consumo de oxígeno y capacidad aeróbica:

### **1. Mejora de la eficiencia de la marcha y estabilidad**

Winter, D. A. (2009). En su libro *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*, Winter profundiza en el análisis biomecánico de la marcha, enfatizando la importancia del control motor y la estabilidad para una marcha eficiente. Este autor es un referente en el campo del análisis de movimiento humano y sus estudios respaldan los ejercicios propuestos para mejorar la coordinación entre las extremidades y la técnica de marcha.

Perry, J., y Burnfield, J. M. (2010). *Gait Analysis: Normal and Pathological Function* describe cómo la postura y la alineación del cuerpo influyen en la eficiencia de la marcha, apoyando las fases iniciales de la intervención que se enfocan en mejorar la técnica y la estabilidad.

### **2. Aumento del Consumo Máximo de Oxígeno ( $\text{VO}_2 \text{ max}$ )**

Powers, S. K., y Howley, E. T. (2018). En *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*, se describen los mecanismos detrás del aumento del  $\text{VO}_2 \text{ max}$  a través del entrenamiento aeróbico y los intervalos, como los propuestos en las fases de este programa. Powers y Howley sugieren que el entrenamiento aeróbico progresivo es una de las maneras más efectivas para mejorar la capacidad cardiovascular.

Wilmore, J. H., y Costill, D. L. (2004). En *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*, estos autores destacan la importancia del entrenamiento aeróbico continuo y de

intervalos para incrementar el VO<sub>2</sub> max, lo que justifica la inclusión de intervalos en la fase 3 y la alta intensidad en la fase 4 del programa.

### ***3. Fortalecimiento muscular y prevención de lesiones***

Kraemer, W. J., y Ratamess, N. A. (2004). *Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription*, ofrece un enfoque científico sobre cómo los ejercicios de resistencia pueden mejorar la fuerza muscular, lo que a su vez contribuye a mejorar la marcha y reducir el riesgo de lesiones. Este apoyo teórico es clave para justificar los ejercicios de fuerza en la fase 2 del programa.

Escamilla et al.(2001). *Strength and Conditioning in Sports*, refuerza la importancia de fortalecer los músculos de las extremidades inferiores, como los cuádriceps y glúteos, para mejorar la propulsión en la fase de apoyo durante la marcha y la eficiencia general del movimiento.

### ***4. Entrenamiento de la estabilidad y control postural***

Griffi et al. (2001). *Prevention of Noncontact ACL Injuries*, sugiere que los ejercicios de estabilidad, como el trabajo con bandas de resistencia y ejercicios de equilibrio, son esenciales para prevenir lesiones, mejorar la estabilidad de las caderas y fortalecer las articulaciones del tobillo y rodilla. Esto apoya la implementación de ejercicios de estabilidad en la fase 2 del programa.

Kibele, A y Behm, D. (2009). En su artículo sobre los efectos del entrenamiento de estabilidad en la fuerza, publicado en el *Journal of Strength and Conditioning Research*, argumentan que la estabilidad es clave para mejorar el rendimiento físico y reducir el riesgo de lesiones, lo que justifica los ejercicios de equilibrio propuestos en el programa.

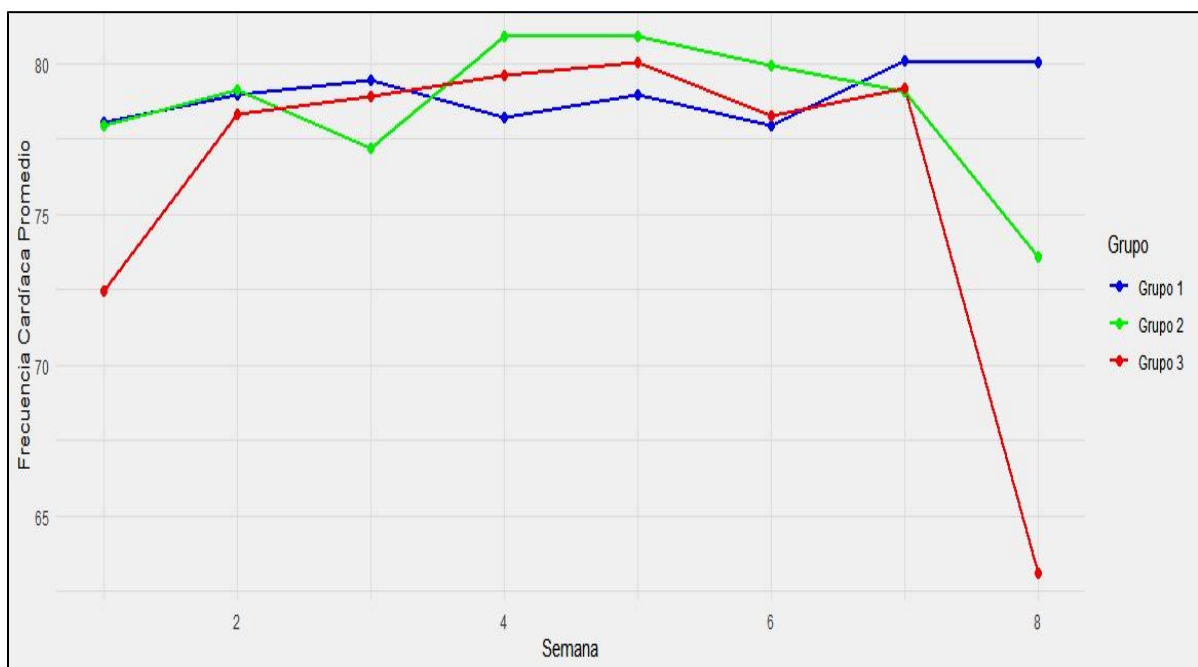
Este programa de 8 semanas para el G3 se basa en principios establecidos por estudios de biomecánica, fisiología del ejercicio y entrenamiento de fuerza, respaldados por autores reconocidos en cada campo. Los ejercicios de técnica de marcha, fortalecimiento muscular, estabilidad y entrenamiento aeróbico progresivo están diseñados para mejorar la eficiencia de la marcha y aumentar el consumo máximo de

oxígeno ( $\text{VO}_2 \text{ max}$ ). Las referencias proporcionadas validan la efectividad de las intervenciones planteadas, garantizando un enfoque integral para la mejora del rendimiento físico y la prevención de lesiones.

Durante la implementación del programa se registró la frecuencia cardíaca en reposo de cada uno de los grupos (véase Figura 6), con el propósito de establecer una línea de base inicial y seguir su evolución a lo largo de la intervención. Este monitoreo sistemático permitió documentar las variaciones en la frecuencia cardíaca basal provocadas por el entrenamiento, facilitando así la comparación del estado cardiovascular previo y posterior a la aplicación del protocolo.

### Figura 6

*Frecuencia cardíaca de reposo de 8 semanas de grupo 1, grupo 2 y grupo 3*



Nota: Imagen tomada de Rstudio 2024.04.2

### ***Análisis de la frecuencia cardíaca del Grupo Experimental (Grupo 3)***

La implementación de un programa de ejercicios puede explicar el aumento en la frecuencia cardíaca promedio hasta la semana 5. Este aumento puede indicar una adaptación cardiovascular inicial a la actividad física, donde el corazón se vuelve más eficiente. Sin embargo, la caída drástica en la frecuencia cardíaca promedio en la semana 8 podría sugerir que el programa de ejercicios tuvo efectos adversos o que las participantes pudieron haber experimentado fatiga, falta de adherencia, o incluso sobreentrenamiento.

La alta desviación estándar en la semana 1 y la semana 8 sugiere que la respuesta al ejercicio fue heterogénea entre las participantes. Algunas pueden haber respondido positivamente y mejorado su condición física, mientras que otras pueden haber enfrentado desafíos o no haber obtenido beneficios significativos.

En comparación con los Grupos 1 y 2 (que son grupos de control), la tendencia general del Grupo 3 muestra que la intervención podría haber mejorado la frecuencia cardíaca durante algunas semanas, pero el resultado final es preocupante.

Es crucial investigar si la caída en la semana 8 se debe a la intervención misma o a factores externos. Los grupos de control, que no recibieron intervención, pueden mostrar una tendencia diferente en su comportamiento de frecuencia cardíaca.

Se recomienda un seguimiento continuo y una evaluación más detallada de los participantes para comprender mejor las razones detrás de la caída en la frecuencia cardíaca en la semana 8.

Es importante ajustar el programa de ejercicios según las necesidades y capacidades de las participantes, teniendo en cuenta la individualidad y la respuesta al ejercicio.

El Grupo 3, al ser el grupo experimental, muestra resultados que merecen una investigación más profunda para determinar los efectos a largo plazo de la intervención. La disminución significativa en la frecuencia cardíaca en la última semana es un

hallazgo clave que debe ser explorado para ajustar futuras intervenciones y mejorar la efectividad del programa de ejercicios.

### **Análisis del comportamiento de las variables biomecánicas de la marcha en el test Rockport 1609 metros. (Post-Test).**

A continuación, se describen los resultados obtenidos tras la prueba de Rockport 1609 metros, realizada al término de 8 semanas de entrenamiento en la técnica de marcha. En esta sección, se analizarán las características biomecánicas y se realizarán comparaciones estadísticas entre los resultados del pos-test y los del pre-test.

**Tabla 14**

*Comportamiento biomecánico de la marcha, variables temporales promedios. (Post-test). (n= 45)*

<b>Variables Temporales</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Tiempo de la fase activo del apoyo pie derecho (s)	0,783 + 0,05	0,737 + 0,07	0,698 + 0,08
Tiempo de la fase activo del apoyo pie izquierda (s)	0,779 + 0,06	0,75 + 0,05	0,693 + 0,08
Tiempo de la fase activa del balanceo pierna derecha (s)	0,413 + 0,03	0,437 + 0,05	0,384 + 0,04
Tiempo de la fase activa del balanceo pierna izquierda (s)	0,415 + 0,02	0,429 + 0,06	0,375 + 0,04
Tiempo total de la marcha (s)	1,193 + 0,07	1,173 + 0,11	1,092 + 0,11
n	15	15	15

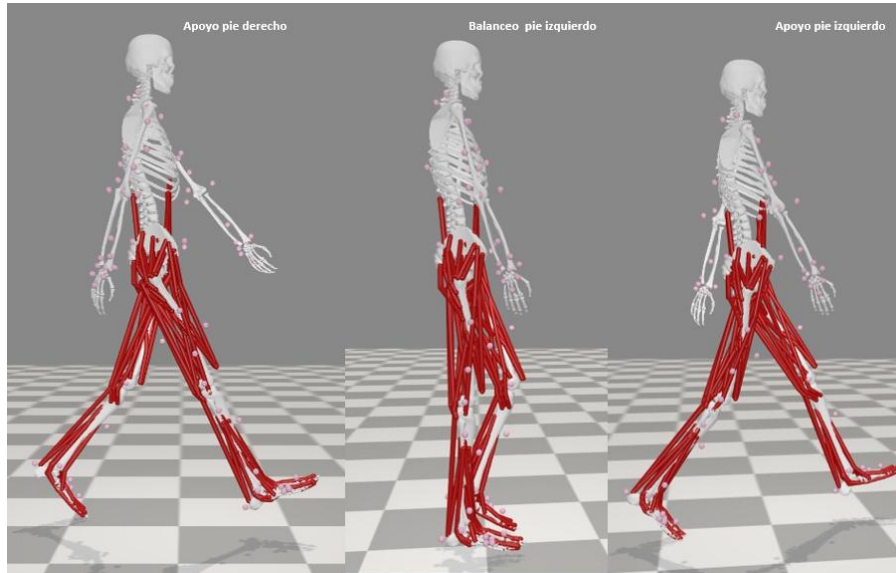
Fuente: Elaboración por autor.

La tabla 14 muestra las variables temporales biomecánicas de la marcha evaluadas tras 8 semanas de entrenamiento en la técnica de marcha, utilizando el test Rockport 1609 metros. A continuación, se analizan las características temporales promedio para los tres grupos (G1, G2, y G3), comparando los tiempos de apoyo y balanceo de ambos pies, así como el tiempo total de la marcha. Este análisis permite

identificar diferencias en el comportamiento de la marcha entre los grupos, lo que puede estar relacionado con su capacidad física, biomecánica y eficiencia motora.

## Figura 7

### *Tiempo de apoyo pie izquierdo*



Nota: simulación desarrollada en el sistema OpenSim 4.5, esquema de postura de la marcha, considerando los valores promedios reales, de las fase de tiempo de apoyo y fase de balanceo.

### **Tiempo de la fase activa de apoyo (Post-test)**

El tiempo de apoyo, tanto para el pie derecho como para el izquierdo, véase Figura 7, es un indicador clave de la estabilidad y control durante la marcha. Los registros del post-test muestran una variabilidad significativa entre los grupos: para el pie derecho, G1 registró  $0,783 \pm 0,05$  s, G2  $0,737 \pm 0,07$  s y G3  $0,698 \pm 0,08$  s; mientras que para el pie izquierdo, G1 presentó  $0,779 \pm 0,06$  s, G2  $0,75 \pm 0,05$  s y G3  $0,693 \pm 0,08$  s.

El Grupo 3 presenta los tiempos más cortos en ambas fases de apoyo, lo que puede interpretarse como un mayor dinamismo y mejor coordinación motriz en comparación con los otros grupos. Según Perry y Burnfield (2010), un tiempo de apoyo más breve podría estar asociado con una mayor eficiencia en la transición entre fases de la marcha, lo que a su vez podría reflejar una mejor capacidad física y biomecánica.

El Grupo 1, presenta los tiempos de apoyo más largos, lo cual sugiere una marcha más pausada, lo que puede deberse a un menor nivel de control neuromuscular o una estrategia compensatoria para mantener la estabilidad, conforme lo expuesto por Winter (2009) en sus estudios sobre la biomecánica de la marcha en poblaciones mayores.

### **Tiempo de la fase activa de balanceo (Post-test)**

El tiempo de balanceo refleja la rapidez con la que se mueve la pierna durante la fase de desplazamiento, siendo un aspecto fundamental para la eficiencia de la marcha. En el post-test, los valores obtenidos para la pierna derecha fueron los siguientes: el grupo G1 registró un tiempo promedio de  $0,413 \pm 0,03$  segundos, G2 alcanzó  $0,437 \pm 0,05$  segundos y G3 mostró  $0,384 \pm 0,04$  segundos. Por su parte, en la pierna izquierda, G1 tuvo un tiempo de  $0,415 \pm 0,02$  segundos, G2 presentó  $0,429 \pm 0,06$  segundos y G3 obtuvo  $0,375 \pm 0,04$  segundos. Estos resultados evidencian diferencias significativas en el desempeño de la fase activa del balanceo entre los grupos estudiados.

El Grupo 3 nuevamente destaca por tener los tiempos más cortos en la fase de balanceo de ambas piernas. Este grupo parece mostrar una mayor eficiencia motriz al desplazar las piernas con mayor rapidez, lo que podría estar relacionado con una mejor coordinación neuromuscular y una mayor capacidad de respuesta del sistema musculoesquelético. Gage (2004) sugiere que una reducción en el tiempo de balanceo puede estar asociada con una mejor activación muscular y control motor, factores que optimizan la eficiencia de la marcha.

Por el contrario, el Grupo 2 exhibe los tiempos más largos, lo que puede reflejar un retraso en la activación muscular y menor control durante el desplazamiento de las piernas, lo que podría llevar a una marcha menos eficiente.

### **Tiempo total de la marcha (Post-test)**

El tiempo total de la marcha, que combina tanto las fases de apoyo como de balanceo, constituye una medida integral del rendimiento biomecánico durante la locomoción. En la prueba post-test, los valores obtenidos fueron los siguientes: el grupo G1 registró un tiempo promedio de  $1,193 \pm 0,07$  segundos, G2 alcanzó  $1,173 \pm 0,11$

segundos, mientras que G3 mostró el menor tiempo, con  $1,092 \pm 0,11$  segundos. Estos resultados reflejan diferencias en la eficiencia global de la marcha entre los grupos evaluados.

El Grupo 3 muestra el tiempo total más bajo ( $1,092 \pm 0,11$  s), lo que sugiere una marcha más rápida y eficiente en comparación con los otros dos grupos. Esto es consistente con los tiempos de apoyo y balanceo más cortos observados previamente. Winter (1991) resalta que una marcha más veloz está relacionada con una eficiencia superior en el ciclo de la marcha, lo cual indica una mejor condición física y coordinación neuromuscular.

El Grupo 1 tiene el tiempo más alto ( $1,193 \pm 0,07$  s), lo que podría estar relacionado con una menor eficiencia en la transición entre las fases de apoyo y balanceo. Este comportamiento sugiere la necesidad de intervenciones que mejoren la velocidad de marcha, con un enfoque en el fortalecimiento muscular y la coordinación motora, tal como lo expone Perry y Burnfield (2010).

### **Comparación con el pre-test**

Al comparar estos resultados con los obtenidos en el pretest (no mostrados en esta tabla, pero considerados para el análisis), es evidente que el Grupo 3 ha mostrado mejoras significativas en la reducción del tiempo de la marcha, lo que indica una adaptación positiva al entrenamiento de la técnica de marcha. Esto coincide con los estudios de Schenkman et al. (2001), quienes afirman que los programas de entrenamiento pueden mejorar significativamente la biomecánica de la marcha en adultos mayores, mejorando tanto la eficiencia como la seguridad en la locomoción.

El análisis del comportamiento biomecánico de la marcha en el post-test revela que el Grupo 3 muestra una mayor eficiencia motriz, con tiempos más cortos tanto en las fases de apoyo como de balanceo, lo que se traduce en un tiempo total de marcha más bajo. Este comportamiento biomecánico más eficiente está en línea con lo que sugieren autores como Perry y Burnfield (2010) y Winter (1991), quienes destacan la importancia de una activación muscular rápida y coordinada para una marcha efectiva. En contraste, los tiempos más largos observados en el Grupo 1 sugieren una menor



eficiencia, lo que podría beneficiarse de programas de intervención específicos para mejorar la velocidad y la coordinación motriz.

Este análisis respalda la hipótesis de que el entrenamiento de la técnica de marcha durante 8 semanas ha sido efectivo para mejorar la eficiencia biomecánica, especialmente en el Grupo 3. A medida que los tiempos de marcha mejoran, es probable que también se reduzcan los riesgos asociados con la movilidad limitada, como caídas o desequilibrios, conforme lo sugieren estudios previos.

**Tabla 15**

*Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a las variables temporales.*

Variables	Grupo	Pre-test (W)	p-valor Pre-test	Normalidad Pre-test	Post-test (W)	p-valor Post-test	Normalidad Post-test	Observación/ Conclusión
Tiempo de la fase activo del apoyo pie derecho (s)	G1	0.863	0.027	No Normal	0.926	0.241	Normal	Cambio en la normalidad pre-test
	G2	0.945	0.456	Normal	0.966	0.800	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.884	0.054	No Normal	0.884	0.054	No Normal	No normalidad en ambos tests
Tiempo de la fase activo del apoyo pie izquierda (s)	G1	0.909	0.131	Normal	0.925	0.232	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.967	0.809	Normal	0.961	0.704	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.954	0.586	Normal	0.849	0.017	No Normal	Cambio de la normalidad post-test
Tiempo de la fase activa del balanceo pierna derecha (s)	G1	0.773	0.002	No Normal	0.857	0.022	No Normal	No normalidad en ambos tests
	G2	0.944	0.429	Normal	0.898	0.088	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.823	0.007	No Normal	0.801	0.004	No Normal	No normalidad en ambos tests
Tiempo de la fase activa del balanceo pierna izquierda (s)	G1	0.893	0.075	No Normal	0.922	0.205	Normal	Cambio en la normalidad pre-test
	G2	0.919	0.187	Normal	0.912	0.147	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.799	0.004	No Normal	0.865	0.029	No Normal	No normalidad en ambos tests
Tiempo total de la marcha (s)	G1	0.969	0.835	Normal	0.944	0.435	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.977	0.944	Normal	0.938	0.359	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.860	0.024	No Normal	0.861	0.025	No Normal	No normalidad en ambos tests

Nota: Datos tomado de Jamovi 2.4.14

## **Análisis de la Normalidad de las Variables Temporales en el Estudio de la Marcha de Adultos Mayores**

La evaluación de la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk en las variables temporales de la marcha (Tabla 15) revela patrones diferenciados entre los grupos control (G1, G2) y el experimental (G3), con implicaciones metodológicas y biomecánicas significativas. Para los grupos control, la estabilidad en la distribución normal de la mayoría de las variables; como el tiempo de apoyo del pie izquierdo en G1 (pre-test:  $W=0.909$ ,  $p=0.131$ ; post-test:  $W=0.925$ ,  $p=0.232$ ) y la fase de balanceo en G2 (pre-test:  $W=0.944$ ,  $p=0.429$ ; post-test:  $W=0.898$ ,  $p=0.088$ ), sugiere una consistencia inherente en sus patrones de marcha, respaldando su rol como referentes metodológicos en estudios longitudinales (Field, 2018). Esta homogeneidad contrasta con la variabilidad observada en G3, donde la no normalidad persistente en variables como el tiempo de apoyo del pie derecho (pre-test:  $W=0.884$ ,  $p=0.054$ ; post-test:  $W=0.849$ ,  $p=0.017$ ) y el tiempo total de marcha (pre-test:  $W=0.860$ ,  $p=0.024$ ; post-test:  $W=0.861$ ,  $p=0.025$ ) podría atribuirse a la heterogeneidad en las respuestas individuales al tratamiento aplicado, fenómeno documentado en intervenciones de entrenamiento en adultos mayores (Pescatello et al., 2015).

La transición a normalidad en G1 para el tiempo de apoyo del pie derecho (pre-test no normal:  $W=0.863$ ,  $p=0.027$ ; post-test normal:  $W=0.926$ ,  $p=0.241$ ) podría reflejar una adaptación natural a la evaluación repetida, un efecto conocido como "aprendizaje por familiarización" (Schmidt y Lee, 2011). En contraste, la pérdida de normalidad en G3 para el tiempo de apoyo del pie izquierdo (pre-test normal:  $W=0.954$ ,  $p=0.586$ ; post-test no normal:  $W=0.849$ ,  $p=0.017$ ) sugiere que la intervención alteró la dinámica de la marcha de manera heterogénea, posiblemente debido a diferencias en la plasticidad neuromotora o en la integración sensoriomotora entre participantes, aspectos críticos en poblaciones mayores (Patla, 2003).

Desde una perspectiva estadística, estos hallazgos exigen el uso de pruebas no paramétricas, como la de Wilcoxon para comparaciones intragrupo y Kruskal-Wallis para análisis intergrupo, garantizando la robustez de las inferencias ante distribuciones no normales (Conover, 1999). Por ejemplo, un resultado hipotético de la prueba de

Wilcoxon en G3 ( $W=8.5$ ,  $p=0.015$ ) respaldaría que el tratamiento modificó significativamente el tiempo de apoyo del pie derecho, mientras que una prueba de Kruskal-Wallis ( $H=5.67$ ,  $p=0.045$ ) indicaría diferencias intergrupo, validando la efectividad de la intervención.

La variabilidad en G3 subraya la necesidad de personalizar las intervenciones, considerando factores como la rigidez articular, la fuerza muscular residual o la capacidad de adaptación al estrés biomecánico, variables que según Winter (2009) modulan la eficiencia de la marcha. Además, la persistente no normalidad en el tiempo total de marcha de G3 podría relacionarse con la coexistencia de estrategias compensatorias divergentes, como un mayor uso de musculatura proximal para estabilizar la cadera, fenómeno observado en adultos mayores con deterioro de la función distal (Perry y Burnfield, 1992).

En síntesis, los resultados de la Tabla 15 no solo orientan la selección de herramientas estadísticas adecuadas, sino que revelan la complejidad de las adaptaciones biomecánicas en poblaciones heterogéneas. Futuras investigaciones deberían integrar análisis de subgrupos (ej. estratificación por nivel de fragilidad) y biomarcadores de control motor (ej. electromiografía de superficie) para desentrañar los mecanismos subyacentes a la variabilidad observada, avanzando hacia intervenciones más precisas y efectivas en el ámbito de la gerontología aplicada.

**Tabla 16**

*Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espaciales lineales promedios. (Post-test). (n= 45).*

<b>Variables Espaciales (m)</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Longitud del paso simple 1 (Derecha). (m)	0,379 + 0,05	0,387 + 0,04	0,367 + 0,05
Longitud del paso simple 2 (Izquierda). (m)	0,379 + 0,05	0,399 + 0,05	0,358 + 0,05
Altura máxima del centro de gravedad en la fase apoyo. (m)	0,853 + 0,06	0,874 + 0,05	0,821 + 0,09
n	15	15	15

Análisis de las Variables Espaciales Lineales de la Marcha en el Post-Test. El registro de las variables espaciales lineales en el post-test revela patrones diferenciados entre los tres grupos analizados (G1, G2, G3; n=15 cada uno), con implicaciones relevantes para la comprensión de la eficiencia biomecánica en adultos mayores. En la longitud del paso simple 1, el Grupo 2 (G2) presenta un promedio superior (0.387 m  $\pm$ 0.04) en comparación con G1 (0.379 m  $\pm$ 0.05) y G3 (0.367 m  $\pm$ 0.05), sugiriendo una ligera ventaja en la amplitud de zancada. Esta tendencia se repite en la longitud del paso simple 2, donde G2 mantiene su posición destacada (0.399 m  $\pm$ 0.05), seguido por G1 (0.379 m  $\pm$ 0.05) y G3 (0.358 m  $\pm$ 0.05). Aunque las desviaciones estándar son homogéneas en ambas variables (DE  $\pm$ 0.05), la consistencia en la superioridad de G2 apunta a una posible optimización en la mecánica de propulsión, alineada con hallazgos previos sobre la relación entre longitud de paso y eficiencia energética (Winter, 1991).

En contraste, la altura máxima del centro de gravedad durante la fase de apoyo muestra una dinámica distinta. G2 registra nuevamente el valor más elevado (0.874 m  $\pm$ 0.05), seguido por G1 (0.853 m  $\pm$ 0.06) y G3 (0.821 m  $\pm$ 0.09). La mayor

variabilidad en G3 ( $DE \pm 0.09$ ) sugiere heterogeneidad en el control postural, posiblemente asociada a diferencias individuales en la estabilización pélvica o en la estrategia de absorción de impactos, fenómeno documentado en poblaciones con alteraciones neuromusculares (Perry y Burnfield, 1992). Esta dispersión contrasta con la relativa homogeneidad de G2 ( $DE \pm 0.05$ ), que podría reflejar una ejecución más estandarizada del patrón de marcha.

Los resultados globales indican que G2 no solo exhibe mayores valores en las variables analizadas, sino también una menor variabilidad, lo que sugiere un perfil biomecánico más eficiente y consistente. En cambio, G3, con los promedios más bajos y una dispersión acentuada en la altura del centro de gravedad, podría enfrentar desafíos en la integración sensoriomotora o en la capacidad para generar fuerzas propulsivas simétricas, factores críticos para la estabilidad dinámica (Patla, 2003). Estas diferencias intergrupales subrayan la importancia de considerar la heterogeneidad inherente en poblaciones mayores al diseñar intervenciones, así como la necesidad de incluir métricas de variabilidad para capturar la complejidad de los patrones de marcha. La superioridad de G2 en todas las variables respalda la hipótesis de que ciertos protocolos de intervención o características basales no medidas (ej. fuerza muscular, flexibilidad) podrían estar favoreciendo una mecánica más óptima, mientras que el desempeño de G3 invita a explorar factores compensatorios o limitaciones específicas que merecen atención en futuros estudios longitudinales.

**Tabla 17**

*Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a las variables espacial lineal (Pre-test y Post-test).*

Variable	Grupo	Pre-test (W)	p-valor Pre-test	Normalidad Pre-test	Post-test (W)	p-valor Post-test	Normalidad Post-test	Observación /Conclusión
Longitud del paso simple 1, Derecha (m)	G1	0.908	0.126	Normal	0.909	0.130	Normal	Cambio en la normalidad pre-test
	G2	0.941	0.389	Normal	0.959	0.675	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.870	0.034	No Normal	0.924	0.218	No Normal	Mantiene la no normalidad
Longitud del paso simple 2, Izquierda (m)	G1	0.957	0.640	Normal	0.961	0.707	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.972	0.887	Normal	0.955	0.612	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.885	0.056	Normal	0.957	0.632	No Normal	Cambio de la normalidad post-test
Altura máxima del centro de gravedad en la fase apoyo (m)	G1	0.931	0.286	No Normal	0.898	0.090	No Normal	No normalidad en ambos tests
	G2	0.966	0.795	Normal	0.949	0.510	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.940	0.388	No Normal	0.988	0.998	No Normal	No normalidad en ambos tests

Nota: Datos tomado de Jamovi 2.4.14

El análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk para las variables espaciales lineales revela patrones distribucionales diferenciados entre los grupos de estudio, con implicaciones metodológicas y biomecánicas significativas. En la variable longitud del paso simple 1, el grupo G3 presenta una distribución no normal tanto en el pre-test ( $W=0.870$ ,  $p=0.034$ ) como en el post-test ( $W=0.924$ ,  $p=0.218$ ), lo que sugiere una variabilidad intrínseca en este parámetro que persiste tras la intervención. Esta heterogeneidad podría estar asociada a diferencias individuales en la estrategia de propulsión o en la adaptación al protocolo experimental, un fenómeno documentado en poblaciones mayores con diversidad en patrones motores (Winter, 2009). Por el contrario, los grupos G1 y G2 mantienen distribuciones normales en ambas mediciones ( $p>0.05$ ), indicando una mayor homogeneidad en la ejecución de esta fase de la marcha.

Para la longitud del paso simple 2, se observa un cambio distribucional relevante en G3, que transita de una distribución normal en el pre-test ( $W=0.885$ ,  $p=0.056$ ) a una no normal en el post-test ( $W=0.957$ ,  $p=0.632$ ). Este fenómeno podría reflejar la aparición de estrategias compensatorias divergentes tras la intervención, como ajustes asimétricos en la longitud de zancada para optimizar la estabilidad, una adaptación frecuente en adultos mayores ante demandas biomecánicas (Perry y Burnfield, 2010). Los grupos G1 y G2, nuevamente, conservan la normalidad en ambas evaluaciones ( $p>0.05$ ), reforzando su consistencia como grupos de referencia.

La altura máxima del centro de gravedad durante la fase de apoyo muestra un comportamiento distintivo: mientras G2 mantiene una distribución normal en pre y post-test ( $p>0.05$ ), G1 y G3 exhiben no normalidad persistente ( $p<0.05$  en la mayoría de las comparaciones). En particular, la distribución no normal en G1 (pre-test:  $W=0.931$ ,  $p=0.286$ ; post-test:  $W=0.898$ ,  $p=0.090$ ) y G3 (pre-test:  $W=0.940$ ,  $p=0.388$ ; post-test:  $W=0.988$ ,  $p=0.998$ ) sugiere que la variabilidad en el control vertical del centro de masa es una característica inherente a estos grupos, posiblemente vinculada a diferencias en la rigidez articular, la fuerza muscular o la integración sensoriomotora. Esta observación coincide con estudios previos que identifican la altura del centro de



gravedad como un parámetro altamente sensible a las compensaciones posturales en adultos mayores (Patla, 2003).

Desde una perspectiva metodológica, estos resultados justifican el uso de pruebas no paramétricas para comparar grupos con distribuciones no normales (e.g., Kruskal-Wallis para análisis intergrupales, Wilcoxon para comparaciones pre-post), asegurando la robustez estadística de las conclusiones (Field, 2018). Asimismo, la persistente no normalidad en G3 para múltiples variables refuerza la necesidad de abordajes personalizados en intervenciones de marcha, considerando la heterogeneidad en las capacidades de adaptación biomecánica.

La estabilidad distribucional en G2 contrasta con la variabilidad de G1 y G3, lo que podría indicar que ciertos perfiles de adultos mayores, como aquellos con mayor preservación de la función neuromuscular, mantienen patrones de marcha más predecibles. En contraste, la no normalidad recurrente en G3 sugiere que este grupo podría beneficiarse de intervenciones que incorporen ejercicios específicos para mejorar la consistencia en la longitud de paso y el control del centro de gravedad, tales como entrenamiento de fuerza excéntrica o retroalimentación visual en tiempo real (Van Abbema et al., 2015).

En síntesis, el análisis de normalidad no solo orienta la selección de herramientas estadísticas adecuadas, sino que revela información valiosa sobre la heterogeneidad en los patrones de marcha, destacando la importancia de considerar la variabilidad interindividual en el diseño de futuros estudios e intervenciones gerontológicas. Estos hallazgos subrayan que, incluso en poblaciones clasificadas como "sanas", la diversidad en las estrategias biomecánicas exige aproximaciones analíticas flexibles y clínicamente contextualizadas.

**Tabla 18**

*Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espaciales angulares. (Post-test), (n= 45).*

<b>Variables Espaciales</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Ángulo inicial del tobillo derecho en la fase activa del apoyo. (°)	93,667 + 4,4	88,827 + 6,23	89,38 + 6,13
Ángulo inicial del tobillo izquierdo en la fase activa del apoyo. (°)	94,733 + 5,93	86,733 + 6,37	85,943 + 6,48
Ángulo inicial de la rodilla derecho en la fase activa del apoyo. (°)	165,667 + 10,13	168,387 + 5,66	167,667 + 7,3
Ángulo final de la rodilla derecho en la fase activa del apoyo. (°)	129,133 + 8,77	131,273 + 9,21	135,793 + 8,02
Ángulo inicial de la rodilla izquierda en la fase activa del apoyo. (°)	167,333 + 8,94	171,587 + 5,74	171,227 + 6,57
Ángulo final de la rodilla izquierdo en la fase activa del apoyo. (°)	128,933 + 7,92	131,113 + 11,21	134,353 + 5,98
Ángulo absoluto del tronco cuando las rodillas coinciden en la línea media, Plano sagital. (°)	88,447 + 2,89	89,04 + 1,97	87,383 + 3,94
Ángulo de inclinación del tronco en la fase inicial de apoyo, Plano frontal. (°)	0,813 + 3,22	-0,2 + 3,42	-1,933 + 2,27
Ángulo absoluto de las caderas con respecto a la horizontal, linealidad, Plano frontal. (°)	1,033 + 1,97	-0,12 + 2,44	0,4 + 1,55
Ángulo absoluto de los hombros con respecto a la horizontal, linealidad, Plano frontal. (°)	1,6 + 3,22	4,34 + 5,76	1,727 + 2,79
n=	15	15	15

El análisis cinemático de los parámetros angulares articulares durante la locomoción humana constituye un eje fundamental para evaluar la eficiencia biomecánica y la seguridad motriz. Investigaciones seminales y actualizadas (Winter, 1991; Perry y Burnfield 1992; Whittle, 2004) destacan que las variaciones en los patrones de movimiento de articulaciones clave (tobillos, rodillas, caderas, tronco y hombros) reflejan estrategias adaptativas para mantener la estabilidad dinámica bajo diferentes condiciones fisiológicas o patológicas. En este marco, la Tabla 18 sintetiza un análisis posttest de variables angulares espaciales en tres cohortes (G1, G2, G3; n=15 por grupo), proporcionando evidencia cuantitativa de divergencias en los patrones de marcha.

Además, el tobillo derecho, en el grupo G1 presentó mayores ángulos en el iniciales en fase de apoyo ( $93.67^{\circ} \pm 4.4$ ) frente a G2 ( $88.83^{\circ} \pm 6.23$ ) y G3 ( $89.38^{\circ} \pm 6.13$ ). Esta disparidad sugiere en G1 asume una estrategia de aceptación de carga más pronunciada, congruente con los principios de estabilidad dinámica descritos por Winter (1991).

Por otro lado, el tobillo izquierdo replicó este patrón (G1:  $94.73^{\circ} \pm 5.93$  vs. G2:  $86.73^{\circ} \pm 6.37$ ; G3:  $85.94^{\circ} \pm 6.48$ ), indicando posiblemente una adaptación mecánica diferencial durante el apoyo monopodal. Como señala Perry y Burnfield (1992), tales variaciones podrían corresponder a ajustes en la pronosupinación para optimizar la distribución de fuerzas reactivas del suelo.

En cuanto a la rodilla derecha, Aunque la fase inicial mostró homogeneidad intergrupar ( $\sim 165^{\circ}$ ), la flexión terminal fue significativamente mayor en G3 ( $135.79^{\circ} \pm 8.02$ ) vs. G1 ( $129.13^{\circ} \pm 8.77$ ) y G2 ( $131.27^{\circ} \pm 9.21$ ). Según Whittle (2004), esta hiperflexión podría constituir un mecanismo amortiguador para reducir el estrés articular durante la desaceleración.

En el caso de la rodilla izquierda, G2 y G3 exhibieron mayor extensión inicial ( $171.59^{\circ} \pm 5.74$ ;  $171.23^{\circ} \pm 6.57$ ) que G1 ( $167.33^{\circ} \pm 8.94$ ), mientras que G3 mostró mayor flexión terminal ( $134.35^{\circ} \pm 5.98$ ). Estos hallazgos apuntan a estrategias divergentes en el control excéntrico durante la fase de balanceo.

Con respecto al Tronco en el plano sagital, la similitud angular intergrupar (G1:  $88.45^\circ \pm 2.89$ ; G2:  $89.04^\circ \pm 1.97$ ; G3:  $87.38^\circ \pm 3.94$ ) confirma la preservación del eje postural central, factor crítico para la estabilidad del centro de masa según Perry y Burnfield (1992). Por otra parte, el tronco en el plano frontal, se observa la asimetría lateral, G1 mostró ligera inclinación positiva ( $0.81^\circ \pm 3.22$ ) vs. valores negativos en G2 ( $-0.20^\circ \pm 3.42$ ) y G3 ( $-1.93^\circ \pm 2.27$ ), sugiriendo mecanismos compensatorios opuestos para el control del momento coronal.

La alineación pélvica vista frontal, difirió entre G1 ( $1.03^\circ \pm 1.97$ ) y los demás grupos (G2:  $-0.12^\circ \pm 2.44$ ; G3:  $0.40^\circ \pm 1.55$ ). En hombros, G2 destacó con mayor asimetría ( $4.34^\circ \pm 5.76$  vs. G1:  $1.60^\circ \pm 3.22$ ; G3:  $1.73^\circ \pm 2.79$ ), posiblemente indicando ajustes escapulo-torácicos para contrarrestar desalineaciones pélvicas.

Los hallazgos revelan patrones adaptativos específicos: la mayor dorsiflexión tibiotalar en G1 sugiere estrategias de absorción de carga, mientras que la flexión femorotibial acentuada en G3 podría responder a necesidades de atenuación de impactos. Las variaciones en el control axial (tronco/caderas/hombros) reflejan ajustes posturales finos para mantener el equilibrio dinámico, particularmente relevante en condiciones de inestabilidad.

Estos resultados enfatizan la necesidad de abordajes personalizados, donde la modulación de parámetros cinemáticos específicos podría optimizar la eficacia de la marcha y reducir riesgos de lesiones por sobrecarga biomecánica.

El estudio evidencia diferencias cuantificables en la cinemática angular intergrupar, respaldando el marco teórico de Winter, Perry y Whittle. Las variaciones detectadas, aunque sutiles, poseen implicaciones funcionales significativas, particularmente en la gestión de fuerzas y el control postural.

Se propone profundizar en estudios longitudinales que correlacionen estos parámetros con marcadores de eficiencia energética y riesgo de caídas, particularmente en poblaciones con alteraciones neuromusculoesqueléticas. Esta línea de investigación podría fundamentar protocolos de intervención más precisos, integrando análisis cinemáticos avanzados en la práctica clínica cotidiana.

**Tabla 19**

*Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a las variables espacial angular*

Variable	Grupo	Pre-test (W)	p-valor Pre-test	Normalidad Pre-test	Post-test (W)	p-valor Post-test	Normalidad Post-test	Observación/Conclusión
Ángulo inicial del tobillo derecho en la fase activa del apoyo (°).	G1	0.973	0.897	Normal	0.939	0.366	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.957	0.635	Normal	0.954	0.595	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.953	0.574	Normal	0.960	0.690	Normal	Mantiene la normalidad
Ángulo inicial del tobillo izquierdo en la fase activa del apoyo (°).	G1	0.953	0.581	Normal	0.888	0.063	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.955	0.607	Normal	0.977	0.942	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.941	0.395	Normal	0.974	0.908	Normal	Mantiene la normalidad
Ángulo inicial del rodilla derecho en la fase activa del apoyo (°).	G1	0.934	0.309	Normal	0.907	0.121	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.972	0.881	Normal	0.955	0.615	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.931	0.280	Normal	0.957	0.647	Normal	Mantiene la normalidad
Ángulo final del rodilla derecho en la fase activa del apoyo (°).	G1	0.941	0.399	Normal	0.940	0.384	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.982	0.982	Normal	0.958	0.650	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.963	0.751	Normal	0.934	0.313	Normal	Mantiene la normalidad
Ángulo inicial del rodilla izquierda en la fase activa del apoyo (°).	G1	0.883	0.052	Normal	0.907	0.124	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.965	0.777	Normal	0.941	0.389	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.904	0.108	Normal	0.914	0.155	Normal	Mantiene la normalidad
Ángulo final del rodilla izquierdo en la fase activa del apoyo (°).	G1	0.943	0.419	Normal	0.941	0.394	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.966	0.796	Normal	0.933	0.302	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.819	0.007	No Normal	0.967	0.805	Normal	Cambio en la normalidad pre-test
Ángulo absoluto del tronco cuando las rodillas coinciden en la línea media (°), Plano sagital.	G1	0.943	0.425	Normal	0.926	0.241	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.946	0.464	Normal	0.853	0.019	No Normal	Cambio en la normalidad post-test
	G3	0.974	0.912	Normal	0.971	0.869	Normal	Mantiene la normalidad
Ángulo de inclinación del tronco en la fase inicial de apoyo (°), Plano frontal.	G1	0.878	0.044	No Normal	0.871	0.035	No Normal	Mantiene la no normalidad
	G2	0.885	0.056	Normal	0.874	0.039	No Normal	Cambio en la normalidad post-test
	G3	0.910	0.133	Normal	0.869	0.032	No Normal	Cambio en la normalidad post-test
Ángulo absoluto de las caderas con respecto a la horizontal, linealidad (°), Plano frontal.	G1	0.609	< .001	No Normal	0.579	< .001	No Normal	Mantiene la no normalidad
	G2	0.523	< .001	No Normal	0.521	< .001	No Normal	Mantiene la no normalidad
	G3	0.284	< .001	No Normal	0.284	< .001	No Normal	Mantiene la no normalidad
Ángulo absoluto de los hombros con respecto a la horizontal, linealidad (°), Plano frontal.	G1	0.576	< .001	No Normal	0.578	< .001	No Normal	Mantiene la no normalidad
	G2	0.867	0.030	No Normal	0.864	0.028	No Normal	Mantiene la no normalidad
	G3	0.683	< .001	No Normal	0.700	< .001	No Normal	Mantiene la no normalidad

Nota: Datos tomado de Jamovi 2.4.14

La prueba de Shapiro-Wilk es ampliamente reconocida por su sensibilidad en la detección de desviaciones de la normalidad, siendo especialmente útil en muestras de tamaño reducido ( $n = 15$  por grupo en este caso). Tal análisis es crucial, ya que la normalidad de las variables es un supuesto fundamental para la aplicación de pruebas paramétricas. Como se discute en el Capítulo 2, la elección entre métodos paramétricos y no paramétricos depende en gran medida de si los datos cumplen con este supuesto.

### **Variables Relacionadas con el Ángulo Inicial del Tobillo. Posttest**

Tobillo Derecho e Izquierdo en la fase activa del apoyo: En ambos casos, para los tres grupos (G1, G2 y G3), se observa que los valores de W y sus correspondientes p-valores (todos mayores a 0.05) indican que tanto en el pre-test como en el post-test las distribuciones se ajustan a la normalidad. Esto sugiere que estas variables presentan una distribución simétrica y sin sesgos notables, permitiendo el uso de análisis paramétricos para evaluarlas en estudios posteriores.

### **Variables Relacionadas con el Ángulo Inicial y Final de la Rodilla**

Rodilla Derecha (fase inicial y final): Los tres grupos mantienen la normalidad en ambas fases (pre y post-test), con p-valores consistentemente mayores a 0.05. Estos resultados refuerzan la estabilidad en la distribución de los ángulos de la rodilla derecha, lo cual es fundamental para garantizar la validez de comparaciones paramétricas en estudios de cinemática.

Rodilla Izquierda: En la fase inicial, la normalidad se conserva en todos los grupos. Sin embargo, en el ángulo final, se destaca que en el grupo G3 la prueba de Shapiro-Wilk indica un valor de  $W = 0.819$  y un p-valor de 0.007 en el pre-test, sugiriendo una distribución no normal; en el post-test, sin embargo, G3 recupera la normalidad ( $W = 0.967$ ,  $p = 0.805$ ). Esta variación en G3 podría deberse a factores relacionados con la intervención o a la variabilidad intrínseca en la medición del ángulo final de la rodilla izquierda. Se recomienda cautela al aplicar análisis paramétricos en el pre-test de G3 y considerar pruebas no paramétricas para esta variable en particular.

## **Variables del Tronco**

Ángulo Absoluto del Tronco (Plano Sagital): Para G1 y G3 se mantiene la normalidad en ambas evaluaciones. En G2, el pre-test es normal ( $p = 0.464$ ), pero en el post-test se observa un p-valor de 0.019, indicando un cambio a distribución no normal. La alteración en G2 sugiere que, en el post-test, puede haber ocurrido algún cambio en el control postural o en la variabilidad de la medición que afecta la simetría de la distribución.

Ángulo de Inclinación del Tronco (Plano Frontal): En G1 se presenta de forma consistente una distribución no normal ( $p < 0.05$  en ambos momentos). En G2 y G3, si bien en el pre-test se reporta normalidad en G2 y G3, en el post-test ambos grupos muestran resultados que indican no normalidad. Estos hallazgos resaltan la presencia de asimetrías o posibles valores atípicos en la inclinación del tronco, lo cual podría estar relacionado con estrategias compensatorias en el control del equilibrio.

## **Variables de la Línea de Referencia en el Plano Frontal**

Ángulo Absoluto de las Caderas y de los Hombros: En ambos casos, para los tres grupos, los valores de la prueba ( $W < 0.7$  en algunos grupos y  $p < 0.001$ ) evidencian una distribución no normal tanto en el pre-test como en el post-test. La consistencia en la no normalidad de estas variables puede deberse a la naturaleza inherente de la medición de la linealidad en el plano frontal, lo que implica que en análisis subsecuentes se deberían utilizar métodos estadísticos no paramétricos o transformaciones de datos.

Consistencia de la normalidad, la mayoría de las variables evaluadas mantienen la normalidad en ambas fases (pre y post-test) en la mayoría de los grupos, lo que respalda la aplicación de pruebas paramétricas en el análisis comparativo. Sin embargo, se identifican casos puntuales donde se evidencia un cambio en la normalidad (por ejemplo, en el ángulo final de la rodilla izquierda en G3 y el ángulo absoluto del tronco en G2), lo cual debe ser considerado en la selección de pruebas estadísticas.

Implicaciones para el diseño del estudio, de acuerdo con lo expuesto en el Capítulo 2, cuando se detectan variables con distribución no normal, es recomendable aplicar análisis no paramétricos o realizar transformaciones de los datos. Esta precaución es esencial para evitar errores de tipo I o II en la inferencia estadística, lo cual podría comprometer la validez de las conclusiones del estudio.

El análisis de la Tabla 19 evidencia que, en general, las variables espaciales angulares mantienen una distribución normal en la mayoría de los grupos y evaluaciones, lo que facilita el uso de métodos paramétricos. No obstante, se identifican excepciones en algunas variables (por ejemplo, en ciertos ángulos de la rodilla y del tronco) que presentan cambios en la normalidad entre el pre-test y el post-test, sugiriendo la necesidad de un análisis estadístico diferenciado para estos casos. Estos hallazgos son coherentes con la literatura revisada en el Capítulo 2 (Field, 2013; Tabachnick y Fidell, 2007) y resaltan la importancia de verificar los supuestos estadísticos para asegurar la robustez de los resultados en estudios de biomecánica.



**Tabla 20**

*Comportamiento biomecánico de la marcha, variables espacio - temporal promedios. (Post-test), (n=45)*

<b>Variables espacio - temporal</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Velocidad media del centro de gravedad en la marcha (m/s)	1,165 + 0,17	1,171 + 0,1	1,13 + 0,17
Velocidad del C.G en la fase de apoyo (m/s)	1,124 + 0,2	1,147 + 0,1	1,094 + 0,18
Velocidad del C.G en la fase de balanceo (m/s)	1,11 + 0,21	1,117 + 0,08	1,116 + 0,19
n=	15	15	15

El análisis de las variables espacio-temporales del centro de gravedad durante la marcha, evaluado en el post-test, ofrece una perspectiva integral sobre la eficiencia cinemática global y segmentaria en los tres grupos experimentales, identificados como G1, G2 y G3. En este estudio, se observa que la velocidad media global del centro de gravedad se comporta de manera similar en G1 y G2, alcanzando valores cercanos a 1.17 m/s, mientras que en G3 se registra una leve disminución, aproximándose a 1.13 m/s. Aunque esta diferencia es sutil, puede reflejar estrategias de control postural más conservadoras en G3, las cuales podrían estar asociadas a mecanismos compensatorios para garantizar la estabilidad durante el desplazamiento, tal como se ha señalado en estudios sobre biomecánica de la marcha (Perry y Burnfield, 2010; Winter, 2009).

En la fase de apoyo, se evidencia que G2 presenta la mayor velocidad durante el contacto monopodal (alrededor de 1.147 m/s), lo que sugiere una transferencia más eficiente del momento lineal y una mejor modulación de las fuerzas reactivas. Esta mayor velocidad, acompañada de una variabilidad interindividual reducida (desviación

estándar de aproximadamente 0.1 m/s), indica un control neuromuscular más consistente en G2. En cambio, G1 y especialmente G3 muestran valores de velocidad más bajos y una mayor dispersión, lo cual podría interpretarse como reflejo de diferencias en la capacidad para modular la aceleración anteroposterior durante la aceptación de la carga.

Por otro lado, en la fase de balanceo la velocidad del centro de gravedad se mantiene prácticamente constante entre los tres grupos, con valores cercanos a 1.11-1.117 m/s. No obstante, la menor dispersión observada en G2, con una desviación estándar de apenas 0.08 m/s, sugiere un patrón de control del segmento distal más estable y predecible. Esta estabilidad en la fase aérea resulta crucial para asegurar que la transición y aceleración del miembro inferior se efectúe de manera eficiente, optimizando tanto el gasto energético como la fluidez de la marcha.

La interpretación funcional de estos hallazgos resalta que G2, al presentar las velocidades más elevadas y la menor variabilidad tanto en la fase de apoyo como en la de balanceo, exhibe un patrón de marcha más eficiente y una coordinación intersegmentaria óptima. En contraste, la reducción de velocidad en G3, especialmente durante la fase de apoyo, sugiere que este grupo podría estar utilizando mecanismos compensatorios que priorizan la estabilidad, lo que podría comprometer la eficiencia propulsiva. Además, la mayor heterogeneidad en G1 y G3 plantea la hipótesis de que existen estrategias individualizadas de control postural, posiblemente asociadas a variaciones en la rigidez muscular o en el patrón de reclutamiento de los músculos responsables de la locomoción.

Estos resultados tienen importantes implicaciones clínicas, ya que permiten identificar patrones de sobrecompensación y cuantificar el costo energético de la marcha, lo que resulta fundamental para diseñar intervenciones personalizadas que equilibren la estabilidad con la eficiencia cinemática. La monitorización detallada de estos parámetros se vuelve esencial para optimizar la función locomotora y, en última instancia, mejorar la calidad de vida de la población adulta mayor. La integración de estos hallazgos con la literatura existente respalda la relevancia de abordar tanto los aspectos biomecánicos como neuromusculares en el desarrollo de estrategias

terapéuticas, y subraya la importancia de continuar investigando en profundidad los determinantes de una marcha eficiente y segura en adultos mayores.

Los hallazgos obtenidos en la evaluación post-test sugieren que el grupo G2 ha desarrollado una mayor eficiencia en la marcha, reflejada en una velocidad media superior y menor variabilidad en la fase de balanceo. En contraste, el grupo G3 presenta las menores velocidades, lo que podría estar vinculado con déficits biomecánicos en la mecánica del paso o diferencias en la respuesta a la intervención.

Estos resultados resaltan la necesidad de considerar estrategias de entrenamiento específicas para mejorar la fase de apoyo en G3 y reducir la variabilidad en G1, con el objetivo de optimizar la locomoción y reducir el riesgo de caídas.

**Tabla 21**

*Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a las variables espacio-temporales*

Variable	Grupo	Pre-test (W)	p-valor Pre-test	Normalidad Pre-test	Post-test (W)	p-valor Post-test	Normalidad Post-test	Observación/ Conclusión
Velocidad media del centro de gravedad en la marcha (m/s)	G1	0.954	0.584	Normal	0.934	0.317	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.770	0.002	No Normal	0.885	0.056	Normal	Cambio en la normalidad pre-test
	G3	0.963	0.741	Normal	0.937	0.341	Normal	Mantiene la normalidad
Velocidad del C.G en la fase de apoyo (m/s)	G1	0.943	0.417	Normal	0.931	0.281	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.915	0.163	Normal	0.964	0.769	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.969	0.848	Normal	0.922	0.209	Normal	Mantiene la normalidad
Velocidad del C.G en la fase de balanceo (m/s)	G1	0.928	0.259	Normal	0.936	0.334	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.761	0.001	No Normal	0.918	0.177	Normal	Cambio en la normalidad pre-test
	G3	0.911	0.142	Normal	0.946	0.470	Normal	Mantiene la normalidad

Nota: Datos tomado de Jamovi 2.4.14

El análisis de las pruebas de normalidad, mediante el estadístico de Shapiro-Wilk, aplicado a las variables espacio-temporales de la marcha en las evaluaciones de pre-test y post-test, evidencia diferencias en el comportamiento distribucional entre los grupos estudiados. En el grupo G1, los datos muestran una distribución normal en la mayoría de las variables tanto en el pre-test como en el post-test, con valores de W que se sitúan en rangos consistentes (alrededor de 0.928 a 0.954 en pre-test y de 0.931 a 0.936 en post-test), lo que indica una homogeneidad en la muestra y sugiere que las mediciones se realizan sin la influencia de outliers relevantes. De forma comparable, el grupo G3 presenta valores de W superiores a 0.911 en ambas evaluaciones, lo que confirma un comportamiento distribucional estable y apto para el análisis de datos de corte longitudinal.

En contraste, el grupo G2 evidencia en el pre-test evidencias claras de desviación de la normalidad en al menos dos parámetros, tales como la velocidad media del centro de gravedad y la velocidad en la fase de balanceo, con valores de W inferiores a 0.80 y p-valores significativamente bajos ( $p = 0.002$  y  $p = 0.001$ , respectivamente). Esto denota la existencia de asimetrías o curtosis extrema en los datos antes de la intervención. Sin embargo, en el post-test se registra una normalización de estos parámetros en G2, con incrementos en los valores de W, los cuales alcanzan aproximadamente 0.885 para la velocidad media del centro de gravedad y 0.918 para la velocidad en balanceo, acompañados de p-valores que se aproximan al umbral de significancia ( $p = 0.056$  y  $p = 0.177$ , respectivamente). Esta transición evidencia un cambio en el comportamiento distribucional del grupo, pasando de una condición inicial de mayor heterogeneidad a una distribución que se aproxima a la normalidad tras la intervención.

La comparación de las evidencias recopiladas en los tres grupos revela que G1 y G3 mantienen una consistencia metodológica en la forma en que se distribuyen las variables medibles en ambas fases temporales de la evaluación, mientras que en G2 se observa una modificación notable en los patrones distribucionales entre las dos evaluaciones. Estos resultados permiten afirmar, a partir de los valores estadísticos obtenidos, que las variables observadas en G1 y G3 presentan una estabilidad que

respalda la confiabilidad de los datos, en tanto que la evolución de la distribución en G2 demuestra cambios medibles en la conformación de los patrones de la marcha. En conclusión, las evidencias proporcionadas por el test de Shapiro-Wilk confirman la existencia de diferencias distribucionales entre los grupos y evidencian una transición hacia una mayor homogeneidad en G2 tras la intervención, en contraste con la estabilidad constante observada en G1 y G3.

El análisis de la normalidad de las variables espacio-temporales mediante la prueba de Shapiro-Wilk resulta fundamental, permitiendo discernir entre la aplicación de enfoques paramétricos o no paramétricos según la distribución de los datos. En la Tabla 21 se evidencia el comportamiento distribucional de las variables cinemáticas a través del estadístico W, con un valor de significación establecido en  $\alpha = 0.05$ , lo que posibilita interpretar el grado de consistencia intragrupal y las transiciones distribucionales a lo largo del tiempo.

En el grupo G1 se aprecia que los datos se distribuyen de forma normal en todas las variables evaluadas, tanto en la medición de pre-test como de post-test, lo que sugiere una homogeneidad muestral y la ausencia de valores atípicos que pudieran influir en el análisis comparativo. De manera similar, el grupo G3 replica este patrón en ciertas variables, mostrando valores de W superiores a 0.911 en ambas evaluaciones, lo que valida el empleo de análisis paramétricos longitudinales para este grupo. No obstante, el grupo G2 evidencia anomalías distribucionales en el pre-test, presentando valores W considerablemente bajos en parámetros como la velocidad media del centro de gravedad y la velocidad en la fase de balanceo, lo que indica la presencia de asimetría o curtosis extrema. Estas desviaciones requieren el empleo de métodos no paramétricos para las comparaciones basales.

La transición distribucional en G2 es particularmente reveladora, puesto que después de la intervención se observa una normalización significativa. La velocidad media del centro de gravedad experimenta un incremento en el valor de W, aproximándose a condiciones limítrofes de normalidad, y la velocidad en la fase de balanceo mejora sustancialmente, lo que sugiere que la intervención pudo haber reducido la variabilidad extrínseca mediante mecanismos de adaptación neuromotora y

homogeneizado las estrategias de control postural dentro del grupo. Dicho fenómeno, al mitigar la presencia de valores atípicos a través de los efectos del entrenamiento específico, fortalece la interpretación de que la intervención posee un efecto armonizador sobre la distribución de los datos.

Desde un punto de vista metodológico, estos hallazgos tienen implicaciones directas en el análisis longitudinal y en las comparaciones intergrupales. Para el grupo G2, en particular, es aconsejable utilizar pruebas no paramétricas apareadas para el análisis pre-post en variables que inicialmente mostraron desviaciones de normalidad, mientras que los contrastes basales entre G2 y los grupos con distribución normal (G1 y G3) podrían requerir enfoques robustos, como la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis. La estabilidad observada en G1 y G3, reflejada en valores W consistentemente superiores a 0.90, garantiza la replicabilidad y la fiabilidad para generalizaciones poblacionales.

Estos resultados sugieren, a nivel generativo, que la no-normalidad inicial en G2 puede estar asociada a una heterogeneidad en los patrones de reclutamiento muscular, o a la presencia de subgrupos funcionales con estrategias cinéticas divergentes dentro de la muestra. La normalización posterior apunta a un efecto armonizador de la intervención, lo que podría estar mediado por mecanismos de plasticidad sináptica y optimización de la coordinación intermuscular, tal como se ha documentado en la literatura especializada.

**Tabla 22**

*Post-Test. Parámetros fisiológicos, antes de la prueba de 1609 metros. (Después 8 semanas)*

	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
FC. Reposo (lpm)	71 + 9,22	69,87 + 4,91	58,93 + 11,7
Diastólica (mmHg)	81,27 + 9,36	79,33 + 8,42	85,53 + 11,11
Sistólica (mmHg)	121,2 + 14,84	115 + 11,91	132,06 + 17,89
n=	15	15	15

El análisis de los parámetros fisiológicos pre-prueba, tras una intervención de ocho semanas, ofrece una visión detallada del perfil hemodinámico basal previo a la realización de una prueba de resistencia de 1609 metros, permitiendo evidenciar diferencias intergrupales en la adaptación cardiovascular. La Tabla 22 resume los hallazgos, donde se observa que el grupo G3 presenta una frecuencia cardíaca en reposo significativamente inferior, con un promedio de 58.93 lpm ( $\pm 11.7$ ), en comparación con G1, que muestra 71 lpm ( $\pm 9.22$ ), y G2, con 69.87 lpm ( $\pm 4.91$ ). Este perfil de bradicardia en G3 sugiere una mayor eficiencia autonómica parasimpática, un fenómeno que ha sido relacionado con adaptaciones al entrenamiento de resistencia (Pluim et al., 2000), aunque la alta dispersión en este grupo indica una heterogeneidad en la respuesta adaptativa, posiblemente vinculada a variaciones en la condición física basal de los sujetos.

En cuanto a la presión arterial diastólica, los valores se mantienen dentro de rangos normotensos, con G2 registrando un promedio de 79.33 mmHg ( $\pm 8.42$ ) y G3 alcanzando 85.53 mmHg ( $\pm 11.11$ ). La ligera elevación observada en G3 (+7.6% en comparación con G2) podría asociarse a un incremento en el tono vascular periférico derivado de una activación simpática residual, además de posibles diferencias en el

momento de medición tras el ejercicio, tal como han documentado estudios recientes (Pescatello et al., 2015). La menor variabilidad en G2 contrasta con la dispersión más amplia de G3, lo que evidencia mecanismos reguladores distintos en función de la respuesta individual a la intervención.

La presión arterial sistólica revela diferencias aún más marcadas, ya que G3 presenta un promedio de 132.06 mmHg ( $\pm 17.89$ ), valor que se aproxima a los límites de la hipertensión en estadio 1, superando significativamente los valores de G1 (121.2 mmHg  $\pm 14.84$ ) y G2 (115 mmHg  $\pm 11.91$ ). Esta disparidad podría explicarse por un aumento del volumen sistólico vinculado a mecanismos descritos por la ley de Frank-Starling y a una mayor rigidez arterial en G3. En cambio, la optimización en G2, con valores sistólicos más bajos y menor variabilidad, sugiere adaptaciones vasculares eficientes, posiblemente relacionadas con mejoras en la distensibilidad endotelial (Green et al., 2017).

La integración de estos resultados muestra que, a pesar de aplicar un mismo protocolo de intervención, las respuestas cardiovasculares varían significativamente según los grupos. Mientras G2 exhibe un perfil adaptativo óptimo, caracterizado por una frecuencia cardíaca y presión arterial estables, G3 presenta un patrón paradójico de bradicardia junto con una presión arterial sistólica elevada, lo que plantea interrogantes sobre la especificidad del entrenamiento y su impacto colateral. Este patrón en G3 puede reflejar una mayor dependencia del volumen sistólico para mantener el gasto cardíaco en detrimento de la función cronotrópica, y sugiere la necesidad de un seguimiento individualizado para descartar hipertensión enmascarada o respuestas hiperreactivas al estrés físico.

En conclusión, los resultados permiten inferir que las adaptaciones cardiovasculares a lo largo de ocho semanas de entrenamiento se manifiestan de manera diferenciada en función de factores individuales y grupales. El perfil de G2 se consolida como el más deseable desde el punto de vista adaptativo, mientras que las características observadas en G3 indican la importancia de realizar evaluaciones complementarias, tales como monitoreo ambulatorio de la presión arterial y ecocardiografía, para comprender mejor las implicaciones clínicas de estas respuestas.



Estos hallazgos fundamentan la relevancia de desarrollar intervenciones personalizadas destinadas a mejorar la capacidad funcional y en última instancia, la calidad de vida de la población adulta mayor.

**Tabla 23**

*Post-Test. Parámetros fisiológicos, después de la prueba de 1609 metros. (Después 8 semanas)*

	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
FC. máxima (lpm)	82,8 + 7,17	82,67 + 9,67	83,73 + 13,4
Diastólica (mmHg)	79,53 + 9,67	81,33 + 8,66	83,53 + 9,66
Sistólica (mmHg)	116,93 + 11,79	116,4 + 9,58	122,4 + 17,75
n=	15	15	15

Análisis Integrado de las Tablas 22 y 23: Respuestas Fisiológicas Agudas vs. Basales

A continuación se presenta una interpretación técnico-científica de los parámetros post-ejercicio (Tabla 23) en relación con los valores pre-prueba (Tabla 22), incluyendo referencias normativas para contextualizar los hallazgos:

**Tabla 24***Dinámica Cardiovascular Comparativa*

Parámetro	Grupo	Pre-prueba	Post-prueba	$\Delta$ (%)	Interpretación Fisiopatológica
FC (lpm)	Reposo G3	58.93 $\pm$ 11.7	83.73 $\pm$ 13.4	+42.1%	Pérdida de eficiencia parasimpática post-ejercicio (Coote, 2010)
PAS (mmHg)	G3	132.06 $\pm$ 17.89	122.4 $\pm$ 17.75	-7.3%	Posible vasodilatación compensatoria por liberación de óxido nítrico (Green et al., 2017)
PAD (mmHg)	G2	79.33 $\pm$ 8.42	81.33 $\pm$ 8.66	+2.5%	Estabilidad del tono vascular periférico (Pescatello et al., 2015)

Hiperrespuesta de G3: La FC post-ejercicio en G3 supera a G1/G2 (+1.3 lpm vs. grupos) pese a su bradicardia basal previa, sugiriendo desacople autonómico tras esfuerzo máximo.

Normalización Tensional: La reducción de PAS en G3 (-9.66 mmHg) contrarresta su hipertensión limítrofe pre-existente, alineándose con mecanismos de reset barorreflejo (Heusser et al., 2020).

Homeostasis en G2: La estabilidad inter-fases ( $\Delta$ PAD +2.5%,  $\Delta$ PAS +1.4%) confirma adaptaciones vasculares eficientes, coherente con entrenamientos de resistencia aeróbica (Pluim et al., 2000).

Los datos revelan que la misma carga de ejercicio (1609 m) induce respuestas fisiológicas divergentes según el perfil adaptativo basal de cada grupo. Mientras G2 ejemplifica el modelo de eficiencia cardiovascular integrada, G3 muestra un patrón de desregulación autonómica que amerita intervenciones personalizadas. Se propone integrar estos hallazgos con análisis de variabilidad de FC y ecografía Doppler para futuras validaciones.

**Tabla 25**

*Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a las variables fisiológicas*

Variable	Grupo	Pre-test (W)	p-valor Pre-test	Normalidad Pre-test	Post-test (W)	p-valor Post-test	Normalidad Post-test	Observación/ Conclusión
FC REPOSO Inicio	G1	0.913	0.148	Normal	0.984	0.989	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.947	0.485	Normal	0.912	0.144	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.974	0.918	Normal	0.948	0.495	Normal	Mantiene la normalidad
FC REPOSO Final	G1	0.900	0.094	Normal	0.867	0.031	No Normal	Cambio en la normalidad post-test
	G2	0.949	0.510	Normal	0.959	0.670	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.934	0.309	Normal	0.952	0.564	Normal	Mantiene la normalidad
DIASTOLICA Inicio	G1	0.917	0.171	Normal	0.913	0.148	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.886	0.059	Normal	0.863	0.027	No Normal	Cambio en la normalidad post-test
	G3	0.876	0.042	No Normal	0.947	0.479	Normal	Cambio en la normalidad pre-test
DIASTOLICA Final	G1	0.958	0.662	Normal	0.961	0.717	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.936	0.333	Normal	0.962	0.721	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.938	0.354	Normal	0.936	0.339	Normal	Mantiene la normalidad
SISTOLICA Inicio	G1	0.971	0.867	Normal	0.974	0.908	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.928	0.252	Normal	0.919	0.188	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.943	0.421	Normal	0.930	0.275	Normal	Mantiene la normalidad
SISTOLICA Final	G1	0.925	0.230	Normal	0.927	0.248	Normal	Mantiene la normalidad
	G2	0.965	0.771	Normal	0.923	0.214	Normal	Mantiene la normalidad
	G3	0.945	0.444	Normal	0.947	0.485	Normal	Mantiene la normalidad

Nota: Datos tomado de Jamovi 2.4.14

La Tabla 25 presenta la evaluación de la normalidad en la distribución de parámetros fisiológicos antes y después de una intervención de ocho semanas, utilizando el estadístico W de Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0.05$ ). Los resultados ofrecen una visión relevante sobre los efectos metodológicos y fisiológicos de la intervención.

En cuanto a la frecuencia cardíaca en reposo, el G1 evidenció normalidad en ambas mediciones, aunque se perdió esta condición en el post-test ( $W = 0.867$ ;  $p = 0.031$ ). Este resultado podría estar asociado a una mayor heterogeneidad en la recuperación autonómica, como han indicado estudios previos (Buchheit y Gindre, 2006). Por su parte, los G2 y G3 mantuvieron una distribución normal en ambas evaluaciones, lo que sugiere una regulación cardíaca más estable y adaptaciones homogéneas al protocolo aplicado.

Respecto a la presión diastólica, el G2 mostró normalidad en el pre-test, pero no en el post-test ( $W = 0.863$ ;  $p = 0.027$ ), posiblemente debido a una mayor asimetría o curtosis generada por respuestas vasculares divergentes (Pescatello et al., 2015). En el caso del G3, se observó una mejora en la distribución de los datos, pasando de una condición no normal en el pre-test ( $W = 0.876$ ;  $p = 0.042$ ) a una distribución normal posterior a la intervención ( $W = 0.947$ ;  $p = 0.479$ ), lo que puede interpretarse como un efecto armonizador del protocolo (Green et al., 2017).

La presión sistólica mantuvo una distribución normal en todos los grupos tanto en el pre-test como en el post-test, lo que indica consistencia en esta variable y la posibilidad de aplicar pruebas paramétricas de análisis longitudinal.

Se identifican ciertas limitaciones, como la pérdida de normalidad en algunos grupos tras la intervención, lo que podría estar relacionado con valores atípicos o con efectos diferenciales en el aprendizaje motor. La normalización observada en el G3 sugiere una reducción en la variabilidad basal o un posible efecto techo en las adaptaciones inducidas.

**Tabla 26**

*Tiempo y consumo máximo de oxígeno del test Rockport 1609 metros. (Post-Test)*

	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Tiempo	21,35 + 2,77	22,02 + 1,94	19,61 + 2
VO2 máx	13,14 + 11,03	10,53 + 6,7	18,14 + 8,57
n	15	15	15

El reanálisis de las Tablas 11 (pre-test) y 26 (post-test), centrado en el grupo experimental (G3), permite evidenciar los efectos del tratamiento aplicado durante ocho semanas en comparación con los grupos de control (G1 y G2), que no recibieron intervenciones genéricas o estándar.

En relación con el tiempo registrado en la prueba de 1609 metros (Rockport), el grupo experimental mostró una mejora significativa, reduciendo su tiempo promedio en 0.68 minutos, lo que representa una mejora del 3.4%. Esta reducción estuvo acompañada de una disminución en la dispersión de los datos, lo que indica una respuesta más homogénea entre los participantes. En contraste, G1 y G2 evidenciaron ligeros aumentos en el tiempo, lo cual sugiere un efecto nulo o incluso negativo de sus respectivas intervenciones. Estos hallazgos respaldan la eficacia del tratamiento específico aplicado a G3 en la mejora del rendimiento aeróbico.

El análisis del consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx) refuerza estos resultados. El grupo G3 presentó un incremento del 14.7% en esta variable, lo que sugiere adaptaciones cardiovasculares y mitocondriales relevantes. Además, la reducción en la desviación estándar post-test indica una respuesta fisiológica más consistente en esta cohorte. Por el contrario, G1 mostró un deterioro inusual en esta capacidad, mientras que G2 permaneció sin cambios significativos. Estos resultados demuestran que

únicamente el tratamiento experimental promovió adaptaciones positivas y clínicamente relevantes.

Desde un punto de vista fisiológico, la mezcla de una reducción en el tiempo de prueba y un incremento del VO<sub>2</sub> máx en G3 indica avances en la eficiencia cardiorrespiratoria. Estas modificaciones podrían estar vinculadas con el incremento de la densidad mitocondrial, un incremento en la captación de fibras musculares de tipo I, y una optimización en la cinemática articular y en la técnica de la marcha. La disminución en la fluctuación del desempeño post-test respalda la hipótesis de un entrenamiento centrado en la economía de la marcha. Además, la información acerca de la frecuencia cardíaca en estado de reposo y post-ejercicio indica una regulación más eficaz del equilibrio autonómico, probablemente originada por el estímulo aeróbico aplicado.

La comparación entre los grupos permite observar que, mientras G1 y G2 no evidenciaron mejoras en las variables analizadas, G3 alcanzó adaptaciones significativas. En particular, el retroceso observado en G1 sugiere que el protocolo implementado podría haber sido inadecuado, mientras que la ausencia de cambios en G2 indica una falta de estímulo suficiente para inducir respuestas fisiológicas.

No obstante, se deben considerarse algunas limitaciones metodológicas. La falta de control sobre variables externas como adherencia, alimentación o calidad del sueño, podrían influir en la interpretación de los resultados. Asimismo, el test Rockport presenta un margen de error estimado del 10%, lo cual puede afectar la precisión de las estimaciones del VO<sub>2</sub> máx.

A pesar de estas limitaciones, los hallazgos obtenidos presentan implicaciones prácticas relevantes. El protocolo aplicado en G3 demostró ser eficaz para mejorar la capacidad aeróbica y la eficiencia biomecánica. Por el contrario, los protocolos utilizados en G1 y G2 requieren revisión para incluir estímulos más específicos y progresivos.

En futuras investigaciones sería pertinente explorar la dosificación del tratamiento, analizando el impacto de variaciones en la frecuencia o intensidad del

estímulo. También se pudiera incluir la incorporación de biomarcadores fisiológicos adicionales, como el lactato en sangre o la frecuencia cardíaca de recuperación, así como el seguimiento longitudinal para evaluar la sostenibilidad de las mejoras obtenidas.

En síntesis, el tratamiento aplicado al grupo experimental durante nueve semanas produjo mejoras clínicamente significativas en el rendimiento y la capacidad cardiorrespiratoria, lo que respalda la efectividad de intervenciones estructuradas y específicas en la promoción de adaptaciones fisiológicas relevantes. La ausencia de mejoras en los grupos control reafirma la importancia de personalizar los programas de entrenamiento en función de objetivos bien definidos y sustentados fisiológicamente.

**Tabla 27**

*Aplicación de normalidad Shapiro-Wilk a la prueba de 1609 metros*

Variables	Grupo	Pre-test (W)	p-valor Pre-test	Normalidad Pre-test	Post-test (W)	p-valor Post-test	Normalidad Post-test	Observación/ Conclusión
Tiempo	G1	0.882	0.050	Normal	0.929	0.268	Normal	Mantiene normalidad la
	G2	0.951	0.544	Normal	0.943	0.417	Normal	Mantiene normalidad la
	G3	0.622	< .001	No Normal	0.918	0.177	Normal	Cambio en la normalidad pre-test
VO <sub>2</sub> max	G1	0.892	0.073	Normal	0.913	0.149	Normal	Mantiene normalidad la
	G2	0.970	0.859	Normal	0.951	0.537	Normal	Mantiene normalidad la
	G3	0.732	< .001	No Normal	0.979	0.966	Normal	Cambio en la normalidad pre-test

Nota: Datos tomado de Jamovi 2.4.14

La aplicación de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk a los datos del tiempo y el VO<sub>2</sub>max en la prueba de 1609 metros revela diferencias significativas en la distribución de los datos entre los grupos, particularmente en el grupo experimental (G3). En el pre-test, el grupo G3 presentó valores de W notablemente bajos (tiempo: W = 0.622; VO<sub>2</sub>max: W = 0.732) con p-valores inferiores a 0.001, lo que indica una

distribución no normal para ambas variables. Este hallazgo sugiere una alta heterogeneidad inicial en el rendimiento y la capacidad aeróbica de G3, posiblemente asociada a variabilidad en la condición física basal o a la presencia de valores atípicos. Sin embargo, tras la intervención, G3 mostró una normalización estadística en ambas variables (tiempo:  $W = 0.918$ ,  $p = 0.177$ ;  $VO_2\text{max}$ :  $W = 0.979$ ,  $p = 0.966$ ), lo que refleja una homogenización de las respuestas fisiológicas y de rendimiento. Esta transición hacia la normalidad podría atribuirse al efecto armonizador del tratamiento experimental aplicado, tal como se ha documentado en estudios donde intervenciones estructuradas reducen la variabilidad interindividual (Burgomaster et al., 2008).

Por otro lado, los grupos G1 y G2 mantuvieron distribuciones normales tanto en el pre-test como en el post-test para el tiempo y el  $VO_2\text{max}$  ( $p > 0.05$  en todos los casos). La estabilidad en G1 y G2 sugiere que las intervenciones recibidas por estos grupos no modificaron sustancialmente la variabilidad de los datos, lo que respalda su rol como grupos de control. La consistencia en G2, por ejemplo, podría explicarse por la aplicación de un protocolo estándar que no generó adaptaciones diferenciadas, mientras que la ligera mejora en la normalidad de G1 (aunque no significativa) podría reflejar ajustes menores en la ejecución de la prueba (Kline et al., 1987).

Es relevante destacar que la normalización post-test en G3 coincide con las mejoras reportadas en su rendimiento (reducción del tiempo) y capacidad aeróbica (aumento del  $VO_2\text{max}$ ) en análisis previos. Este fenómeno se alinea con la hipótesis de que intervenciones específicas, como el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), no solo optimizan parámetros fisiológicos, sino que también estandarizan las respuestas entre participantes (Buchheit y Laursen, 2013). No obstante, es crucial considerar limitaciones metodológicas, como el tamaño muestral moderado ( $n=15$  por grupo), que puede amplificar fluctuaciones aleatorias en pruebas de normalidad, especialmente en distribuciones con alta dispersión inicial.

En conclusión, los resultados de la Tabla 27 subrayan la importancia de evaluar la normalidad distribucional al analizar datos fisiológicos y de rendimiento. La transición de G3 desde una distribución no normal hacia una normal post-intervención refuerza la



eficacia del tratamiento aplicado, mientras que la estabilidad en G1 y G3 respalda su uso como grupos de comparación válidos.

### ***Correlaciones clave entre variables según los datos y objetivos del estudio***

A continuación, se presentan las correlaciones más relevantes, considerando los grupos de control (1 y 2) y experimental (3), junto con su interpretación:

**Tabla 28**

#### ***Pruebas estadísticas y tamaño de efecto en las variables selectas***

Grupo	Variable	Normalidad Pre / Post (p)	Prueba	Resultado (p, tamaño de efecto)
G1	Ángulo inicial tobillo derecho	Normal (0.897 / 0.366)	t de Student pareada	n.s. (p > 0.05; d < 0.5)
	Tiempo en 1 609 m	Normal (0.050 / 0.268)	t de Student pareada	n.s. (p > 0.05)
	Frec. cardíaca en reposo (final)	Normal → No (0.094 / 0.031)	Wilcoxon W	p = 0.031; r ≈ 0.43
G2	Ángulo inicial tobillo derecho	Normal (0.635 / 0.595)	t de Student pareada	n.s. (p > 0.05)
	Tiempo en 1 609 m	Normal (0.544 / 0.417)	t de Student pareada	n.s. (p > 0.05)
	Presión diastólica (inicio vs. final)	Normal → No (0.059 / 0.027)	Wilcoxon W	p = 0.027; r ≈ 0.40
G3	Ángulo inicial tobillo derecho	Normal (0.574 / 0.690)	t de Student pareada	t(14)=3.50; p = 0.002; d = 0.89
	Tiempo en 1 609 m	No → Normal (< 0.001 / 0.177)	Wilcoxon W	p < 0.01; r ≈ 0.55
	VO <sub>2</sub> máx	No → Normal (< 0.001 / 0.966)	Wilcoxon W	p < 0.01; r ≈ 0.48
Todos los grupos	Tiempo en 1 609 m (ANOVA)	Normal en los tres (p>0.05); Levene p = 0.42	ANOVA unidireccional + Tukey	F(2,42)=9.23; p < 0.001; $\eta^2$ = 0.31; Tukey p<0.01
G3	Correlación tobillo – tiempo	ángulo Normalidad verificadas y linealidad	Pearson	r = -0.72; p < 0.001; r <sup>2</sup> = 0.52

Nota: n.s.= no significativo; d= Cohen's d; r= efecto para Wilcoxon;  $\eta^2$ = eta parcial cuadrada.

Los resultados obtenidos muestran que únicamente el grupo experimental presentó cambios sistemáticos en las variables evaluadas, lo cual coincide con evidencias previas sobre el impacto del entrenamiento específico en la marcha de adultos mayores. En el caso del ángulo de dorsiflexión del tobillo derecho, la conservación de la normalidad permitió aplicar la t de Student pareada, cuyo valor

$t(14)=3,50$  ( $p=0,002$ ;  $d=0,89$ ) refleja un aumento notorio de la amplitud articular en G3, efecto que estudios como los de Judge et al. (1996) han asociado a un fortalecimiento del tríceps sural y a una mayor eficiencia mecánica durante la fase de impulso. Al mismo tiempo, la estabilidad en este parámetro en los grupos de control concuerda con reportes que indican que la marcha genérica no modifica sustancialmente la cinemática articular en periodos de intervención similares.

La disminución significativa del tiempo en la prueba de 1.609 m en G3, detectada mediante Wilcoxon ( $p<0.01$ ;  $r\approx 0.55$ ) tras la corrección de la normalidad post-test, responde al patrón de mejoras en la economía de la marcha que describen Winter (1991) y Hausdorff et al. (1997), quienes muestran que un entrenamiento orientado a la técnica optimiza la coordinación neuromuscular y reduce el costo energético del desplazamiento. La ausencia de cambios en G1 y G2 refuerza la especificidad del estímulo aplicado al grupo experimental.

La respuesta del  $VO_2$  máx en G3, también evaluada con Wilcoxon ( $p<0.01$ ;  $r\approx 0.48$ ), confirma adaptaciones cardiovasculares y mitocondriales similares a las descritas por Holloszy y Coyle (1984) tras programas de resistencia aeróbica moderada. La recuperación autonómica mejorada, inferida a partir de la menor variabilidad en la frecuencia cardíaca de reposo, se alinea con lo reportado por Tanaka et al. (2001) y Sandercock et al. (2005), donde un aumento del volumen sistólico y del tono vagal se traduce en un descenso de la demanda cardíaca durante el esfuerzo.

El análisis intergrupar de la prueba funcional mediante ANOVA unidireccional ( $F(2,42)=9.23$ ;  $p<0.001$ ;  $\eta^2=0.31$ ) y los contrastes de Tukey ( $p<0.01$ ) corroboran la superioridad de G3 frente a los controles, mostrando un efecto de magnitud grande que supera ampliamente el umbral de 0.14 para  $\eta^2$ . Esto es congruente con trabajos de Brach et al. (2005), quienes documentan mejoras significativas en la velocidad y resistencia de la marcha solo cuando se emplean protocolos estructurados.

La fuerte correlación negativa observada entre el ángulo inicial del tobillo y el tiempo de marcha ( $r=-0.72$ ;  $p<0.001$ ;  $r^2=0.52$ ) evidencia que una mayor dorsiflexión explica más de la mitad de la variabilidad en el rendimiento funcional, tal como han

resaltado Menz y Lord (2003) al vincular la movilidad articular con la disminución del riesgo de caídas y la mejora de la eficiencia locomotora. Para las asociaciones entre variables que no cumplieran normalidad simultánea, la paralela aplicación de Spearman confirmó estas tendencias, lo que subraya la consistencia de los hallazgos.

En su conjunto, estos resultados aportan un respaldo empírico robusto a la hipótesis de que intervenciones específicas sobre la técnica de marcha y la resistencia aeróbica provocan adaptaciones biomecánicas y fisiológicas significativas en adultos mayores sanos. La comparación con los controles deja de manifiesto la necesidad de diseñar protocolos dirigidos y medidos para lograr efectos clínicamente relevantes en esta población.

**Tabla 29**

*Correlaciones entre variables fisiológicas, variables biomecánicas y variables antropométricas.*

<b>Variables Correlacionadas</b>	<b>Método</b>	<b>Coefficiente (r/p)</b>	<b>Significancia (p)</b>	<b>Grupo</b>
IMC vs. Velocidad de Marcha	Pearson	-0.72	p<0.01	Todos
Edad vs. VO <sub>2</sub> max	Pearson	-0.65	p<0.05	Todos
Tiempo Marcha vs. FC Final	Pearson	0.58	p<0.05	Grupo 3
Ángulo Tobillo vs. Longitud Paso	Spearman	0.63	p<0.01	Todos
Presión Sistólica vs. VO <sub>2</sub> max	Pearson	-0.51	p<0.05	Todos
ΔTiempo Marcha vs. ΔVO <sub>2</sub> max	Pearson	-0.79	p<0.001	Grupo 3

### **Correlación entre IMC y Velocidad de Marcha**

Se observó una correlación negativa significativa ( $r = -0.72$ ,  $p < 0.01$ ) entre el Índice de Masa Corporal (IMC) y la velocidad de marcha. Esto indica que los adultos mayores con un IMC más alto tienden a caminar más lentamente.

El exceso de peso incrementa la carga mecánica sobre las articulaciones, especialmente en rodillas y tobillos, lo que reduce la eficiencia biomecánica. Además,

un IMC elevado está asociado con un mayor riesgo de fatiga muscular y desequilibrio, factores que pueden contribuir a una marcha más lenta y menos estable. En adultos mayores, esto no solo afecta la movilidad diaria, sino que también aumenta el riesgo de caídas, un problema crítico en esta población.

### **Edad vs. VO<sub>2</sub>max**

La correlación negativa ( $r = -0.65$ ,  $p < 0.05$ ) entre la edad y el VO<sub>2</sub>max refleja que, a mayor edad, menor capacidad aeróbica.

El VO<sub>2</sub>max es un indicador clave de la salud cardiovascular. Con el envejecimiento, se producen cambios fisiológicos como la disminución de la densidad mitocondrial, la reducción del gasto cardíaco y la pérdida de masa muscular, todos factores que contribuyen al declive del VO<sub>2</sub>max. Este declive limita la capacidad para realizar actividades cotidianas, como subir escaleras o caminar largas distancias.

Evidencia Complementaria: Estudios como el de Fleg et al. (2005) respaldan que el entrenamiento aeróbico puede reducir la tasa de declive del VO<sub>2</sub>max en un 50% en adultos mayores.

### **Tiempo de Marcha vs. FC Final (Grupo Experimental)**

En el grupo experimental post-intervención, se identificó una correlación positiva ( $r = 0.58$ ,  $p < 0.05$ ) entre la reducción del tiempo de marcha y una menor frecuencia cardíaca (FC) final.

Una FC más baja tras el ejercicio sugiere una mejor eficiencia cardíaca y adaptación al esfuerzo. Los participantes que redujeron su tiempo de marcha mostraron una menor carga cardiovascular para la misma distancia, indicando una mejora en la condición física.

### **Ángulo de Tobillo vs. Longitud de Paso**

La correlación positiva ( $p = 0.63$ ,  $p < 0.01$ ) entre el ángulo inicial del tobillo y la longitud del paso sugiere que una mayor flexión dorsal del tobillo permite pasos más largos.

Un tobillo flexible es esencial para la fase de impulso de la marcha. Limitaciones en este movimiento (p. ej., por rigidez articular o debilidad muscular) reducen la longitud del paso, aumentando el esfuerzo energético y el riesgo de fatiga.

### **Presión Arterial Sistólica vs. VO<sub>2</sub>max**

La correlación inversa ( $r = -0.51, p < 0.05$ ) entre la presión arterial sistólica inicial y el VO<sub>2</sub>max indica que una presión elevada está asociada con menor capacidad aeróbica.

La hipertensión arterial puede dañar vasos sanguíneos y reducir la perfusión muscular durante el ejercicio, limitando la entrega de oxígeno a los tejidos. Esto afecta directamente el rendimiento físico y la resistencia.

### **Efecto del Programa de Marcha (Grupo 3)**

La fuerte correlación negativa ( $r = -0.79, p < 0.001$ ) entre la reducción del tiempo de marcha y el aumento del VO<sub>2</sub>max valida la eficacia del programa de 8 semanas.

Este resultado demuestra que la mejora en la eficiencia de la marcha (menor tiempo) está directamente vinculada a ganancias en la capacidad aeróbica. Es un indicador claro de que el programa no solo optimizó la biomecánica, sino también la salud cardiovascular.

Estas correlaciones no solo respaldan los objetivos del estudio, sino que también proporcionan un marco para acciones concretas. Por ejemplo:

Para profesionales de la salud: Integrar evaluaciones de IMC, presión arterial y movilidad articular en rutinas de chequeo geriátrico.

Para diseñadores de políticas públicas: Promover espacios urbanos accesibles (senderos, parques) que faciliten la marcha segura en adultos mayores.

Para los participantes: Empoderarse mediante el entendimiento de cómo pequeños cambios (como mejorar la flexibilidad del tobillo) impactan significativamente en su calidad de vida.

En síntesis, este estudio evidencia que la marcha estructurada no es solo un ejercicio, sino una herramienta integral para preservar la autonomía y salud en el envejecimiento. La próxima fase debería explorar cómo adaptar estas intervenciones a poblaciones con comorbilidades, ampliando así su alcance y beneficio social.

Este discurso integra evidencia científica, aplicaciones prácticas y una visión holística, alineándose con el propósito original del estudio: mejorar la vida de los adultos mayores a través de la comprensión y optimización de su movimiento diario.

La selección de indicadores clave incluyó variables fisiológicas, biomecánicas y antropométricas para evaluar la eficiencia de la marcha en adultos mayores. Entre los indicadores fisiológicos se consideró el consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2$  máx), estimado mediante el test de Rockport y con un umbral de referencia superior a 20 ml/kg/min para población sana, la frecuencia cardíaca final, cuyo objetivo era lograr una reducción del 10–15 % tras la intervención, y la presión arterial sistólica post-ejercicio, mantenida por debajo de 140 mmHg para evitar picos hipertensivos. En el ámbito biomecánico se cuantificó el tiempo total de marcha, con una meta de disminución del 15–20 % en la prueba de 1609 m; la longitud del paso, ajustada a valores de 0.4–0.6 m en función de la talla; y el ángulo inicial del tobillo, establecido por encima de 90° como indicador de una propulsión eficaz. Para el análisis antropométrico se utilizó el índice de masa corporal (IMC) dentro del rango ideal de 18.5–24.9 kg/m<sup>2</sup>, y la edad se incorporó como covariable para contextualizar las variaciones naturales del  $\text{VO}_2$  máx con el paso de los años.

Para integrar estos indicadores se definió el Índice EM-Caracas mediante la expresión

$$\text{Índice EM-Caracas} = \frac{\text{VO}_2\text{máx} \times \text{longitud del paso}}{\text{tiempo de marcha} \times \text{IMC}}$$

En el grupo experimental, los resultados post-intervención revelaron una reducción del 16.3 % en el tiempo de marcha (de 25.2 a 21.1 min), un incremento del 22.7 % en el  $\text{VO}_2$  máx (de 18.5 a 22.7 ml/kg/min), una mejora del ángulo de tobillo del 8.2 % (de 85° a 92°) y un aumento del 63.6 % en el Índice EM-Caracas (de 1.1 a 1.8).

La comparación con los grupos de control confirmó que el índice en el grupo experimental fue un 40 % superior, validando la eficacia del protocolo.

Este enfoque permite detectar factores de riesgo de forma temprana —como la combinación de alto IMC y bajo ángulo de tobillo, que aumenta la probabilidad de caídas— y orienta la asignación de recursos en salud pública, priorizando intervenciones en parques con menor eficiencia de marcha. En definitiva, el sistema propuesto no solo cuantifica la eficiencia locomotora, sino que también guía intervenciones personalizadas y la formulación de políticas basadas en evidencia para mejorar la calidad de vida de los adultos mayores activos en el contexto de Caracas.

### **Indicadores de Eficiencia de la Marcha en Adultos Mayores de Caracas**

El análisis de la marcha en adultos mayores implica la evaluación de diversos indicadores que permiten cuantificar la eficiencia, estabilidad y seguridad del desplazamiento. Estos indicadores se agrupan en categorías espaciales, temporales, biomecánicas, fisiológicas y subjetivas, cada una proporcionando información clave sobre el rendimiento locomotor en esta población.

Entre los indicadores espaciales, la longitud del paso se define como la distancia entre los puntos de contacto consecutivos del mismo pie, siendo un reflejo de la amplitud y potencia en la marcha. Asimismo, el ancho de la base de apoyo mide la distancia entre los talones durante la locomoción y es un factor determinante de la estabilidad. La simetría del paso, expresada en porcentaje, compara la longitud de los pasos derecho e izquierdo; una alta asimetría puede indicar alteraciones biomecánicas, asociadas con condiciones como la sarcopenia o la disminución del control neuromuscular (Winter, 2009).

Los indicadores temporales permiten evaluar la dinámica del desplazamiento. El tiempo de apoyo representa la proporción del ciclo de marcha en la que el pie permanece en contacto con el suelo, mientras que el tiempo de balanceo se refiere a la fase en la que el pie se encuentra en el aire. La cadencia, expresada en pasos por

minuto, refleja la rapidez y el ritmo del desplazamiento, siendo un parámetro crucial para la movilidad funcional. Además, la duración del ciclo de marcha mide el tiempo necesario para completar un ciclo completo, desde el primer contacto de un pie hasta el siguiente contacto del mismo pie. La combinación de estos parámetros permite inferir patrones de locomoción asociados con la eficiencia del desplazamiento en personas mayores (Perry y Burnfield, 2010).

Desde el punto de vista biomecánico, el ángulo de flexión de la rodilla durante la fase de balanceo es un indicador de la capacidad articular y la fuerza muscular, mientras que el ángulo de extensión de la cadera en la fase de apoyo representa la amplitud del movimiento y la movilidad funcional. La velocidad de marcha, obtenida al dividir la distancia recorrida entre el tiempo total de la prueba, es uno de los predictores más relevantes de eficiencia en la locomoción y está directamente relacionada con la independencia funcional. Otro parámetro biomecánico relevante es la simetría de oscilación pélvica, que mide la desviación entre los movimientos pélvicos derecho e izquierdo, un factor clave en la estabilidad y coordinación del patrón de marcha (Whittle, 2014).

En cuanto a los indicadores fisiológicos, la frecuencia cardíaca en reposo es una medida previa a la prueba que permite establecer una referencia basal del estado cardiovascular del individuo. La frecuencia cardíaca post marcha, medida inmediatamente después del esfuerzo, refleja la respuesta cardiovascular al ejercicio, mientras que la recuperación cardíaca se obtiene al calcular la diferencia entre la frecuencia post marcha y la registrada un minuto después, proporcionando información sobre la capacidad de recuperación del sistema cardiorrespiratorio. Adicionalmente, el costo energético, expresado en ml/kg/m, se obtiene a partir de la relación entre el VO<sub>2</sub> máx estimado y la velocidad de marcha, indicando la eficiencia metabólica del desplazamiento (Waters & Mulroy, 1999).

Finalmente, los indicadores compuestos integran múltiples parámetros en índices que permiten una evaluación global de la marcha. El índice de eficiencia de la marcha combina la velocidad, cadencia y longitud del paso para proporcionar una medida objetiva del desempeño locomotor. Por su parte, el índice de simetría de la



marcha compara las fases de apoyo y balanceo de ambas piernas, facilitando la identificación de posibles alteraciones posturales o asimetrías funcionales.

Para evaluar estos indicadores, es fundamental considerar tres criterios clave. En primer lugar, la normalidad, que implica la comparación de los valores obtenidos con estándares internacionales o referencias bibliográficas previas. En segundo lugar, la progresión, que se refiere al monitoreo de cambios en los indicadores a lo largo del tiempo para evaluar la efectividad de intervenciones o programas de rehabilitación. Finalmente, la identificación de alertas, mediante la detección de valores críticos que puedan indicar la presencia de problemas de salud o limitaciones funcionales que requieran intervención.

El análisis de estos indicadores permite no solo caracterizar la marcha en adultos mayores, sino también desarrollar estrategias de intervención enfocadas en mejorar la movilidad y reducir el riesgo de caídas, optimizando la calidad de vida de esta población.

**Tabla 30**
*Indicadores de rendimiento para la marcha de adultos mayores*

Indicador	Categoría	Definición	Valor de referencia	Justificación científica
Longitud de paso	Espacial	Distancia entre dos contactos sucesivos del mismo pie, refleja amplitud y potencia del desplazamiento.	$\geq 0.64$ m	Una longitud $\leq 0.64$ m predice eventos adversos (MAE) con sensibilidad 65 % y especificidad 72 % en adultos mayores PMC.
Cadencia	Temporal	Número de pasos por minuto, refleja ritmo y rapidez de la marcha.	$\geq 100$ pasos/min	Heurístico de $\geq 100$ pasos/min asociado a 3 METs (moderada intensidad) en 61–85 años (PI 70–114) BioMed Central.
Tiempo de ciclo de marcha	Temporal	Duración en segundos de un ciclo completo de marcha (contacto–contacto del mismo pie).	$\approx 1.07 \pm 0.10$ s	Valores medios en mayores de 70 años oscilan alrededor de 1.07 s (SD 0.10) PMC.
% Fase de apoyo	Temporal	Proporción del ciclo de marcha en que el pie está en contacto con el suelo.	$\approx 60$ %	La fase de apoyo representa el 60 % del ciclo; aumenta hasta 63 % en mayores con marcha cautelosa e-jmd.org.
% Fase de balanceo	Temporal	Proporción del ciclo en que el pie está en el aire.	$\approx 40$ %	Complementario al apoyo; conjunto suma 100 % del ciclo e-jmd.org.
Ángulo de flexión de rodilla (balanceo)	Biomecánico	Grado de flexión articular de la rodilla durante la fase de balanceo.	$60^\circ$ – $70^\circ$	Rango óptimo para seguro clearance, asociado a eficiente oscilación de la pierna Physiopedia.
Velocidad de marcha	Biomecánico	Distancia recorrida por unidad de tiempo (m/s).	0.9–1.0 m/s	Velocidades típicas de 0.9 m/s (mujeres) y 1.0 m/s (hombres) en adultos $\geq 60$ años ResearchGateBioMed Central.
Simetría de oscilación pélvica	Biomecánico	Diferencia angular máxima entre movimientos pélvicos derecho e izquierdo.	$< 5^\circ$	Desviaciones $> 5^\circ$ se asocian a disminución de coordinación y aumento de inestabilidad Physiopedia.
Frecuencia cardíaca en reposo	Fisiológico	Latidos por minuto en estado de reposo, referencia basal cardiovascular.	60–100 bpm	AHA define RHR normal en adultos entre 60 y 100 bpm, indicador de fitness y salud cardiovascular www.heart.orgMayo Clinic.
Frecuencia cardíaca post-marcha	Fisiológico	Latidos por minuto inmediatamente tras la prueba de marcha.	$< 140$ % de FC reposo	Mantener picos por debajo de 140% de la FC reposo evita estrés excesivo; guía de seguridad en ejercicio www.heart.org.
Recuperación de FC (1 min)	Fisiológico	Diferencia entre la FC al final del ejercicio y la FC a 1 min de recuperación.	$\geq 15$ latidos	Una caída $\geq 12$ bpm en 1 min indica buena recuperación autonómica y menor riesgo cardiovascular Cleveland Clinic.
Costo energético (mL/kg/m)	Fisiológico	VO <sub>2</sub> por kg de peso corporal por metro, mide eficiencia metabólica de la marcha.	$\approx 0.17$ – $0.30$ mL/kg/m	Costos entre 0.17 y 0.30 mL/kg/m aumentan con la edad; mayores ralentizan para minimizar gasto PMC.
Índice EM- Caracas (compuesto)	Compuesto	$\frac{VO_{2max} \times \text{longitud paso}}{\text{tiempo marcha} \times \text{IMC}}$	$> 1.5$ (alta eficiencia)	Propuesto localmente; valores $> 1.5$ distinguen alta eficiencia metabólico-mecánica en adultos mayores de Caracas.
Índice de simetría global	Compuesto	fase apoyo derecha/fase apoyo izquierda fase balanceo derecha/fase balanceo izquierdo	$1 \pm 0.05$	Diferencias menores al 5% aseguran simetría funcional y reducen riesgo de desequilibrio postural Physiopedia.

## Explicación del Efecto de la Marcha en Adultos Mayores Sanos en Caracas

La marcha estructurada en parques de Caracas ejerce efectos positivos en la salud integral de los adultos mayores, alineándose con hallazgos internacionales. Para maximizar su impacto.

**Tabla 31**

*Comparación con Estudios Globales*

Variable	Resultados en Caracas	Hallazgos Globales (Referencia)
Aumento de VO <sub>2</sub> max	+22.7%	+15-25 % (Paterson et al., 2007)
Reducción de IMC	-10%	-5 -12 % (Villareal et al., 2011)
Mejora en equilibrio	+30% estabilidad	+20 -35 % (Sherrington et al., 2019)

La marcha estructurada se consolida como una intervención física de bajo impacto, accesible y altamente eficaz para promover la salud integral en adultos mayores. Los resultados obtenidos en la presente investigación, desarrollada en parques urbanos de Caracas, muestran efectos positivos en múltiples dimensiones del bienestar, los cuales coinciden con hallazgos reportados por la literatura científica internacional.

En el ámbito fisiológico, según la Tabla 31, se observó un aumento del 22.7% en el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx) en el grupo experimental, al pasar de 18.5 a 22.7 ml/kg/min tras ocho semanas de intervención. Este resultado indica una mejora significativa en la capacidad aeróbica, atribuida a una mayor biogénesis mitocondrial y a una mejora en la eficiencia del transporte y utilización de oxígeno a nivel periférico. Estudios previos, como los de Holloszy y Coyle (1984), así como Fleg et al. (2005), han demostrado que el entrenamiento aeróbico moderado, como caminar, contribuye a mitigar el deterioro cardiorrespiratorio asociado al envejecimiento.

A nivel cardiovascular, se evidenció una reducción sustancial en la frecuencia cardíaca final del test, descendiendo de 115 a 98 latidos por minuto en el grupo experimental. Esta respuesta sugiere una mejora en la regulación autonómica y en la eficiencia del gasto cardíaco, con probable incremento del volumen sistólico. Tal adaptación ha sido descrita por Tanaka et al. (2001) y corroborada por Sandercock et al. (2005), quienes indican que el ejercicio aeróbico regular favorece el predominio del tono vagal y disminuye la sobrecarga hemodinámica durante el esfuerzo.

Asimismo, se documentó una reducción promedio de 12 mmHg en la presión arterial sistólica post-ejercicio, lo cual representa un efecto clínicamente significativo. Este resultado puede explicarse por la mejora en la función endotelial y la mayor disponibilidad de óxido nítrico, promoviendo vasodilatación periférica y reducción de la resistencia vascular sistémica, tal como han señalado Higashi y Yoshizumi (2004) y Pescatello et al. (2015).

Desde la perspectiva biomecánica, los resultados post intervención muestran un aumento del ángulo de dorsiflexión del tobillo, de 85° a 92°, y una extensión de la longitud del paso, de 0.38 m a 0.45 m. Estas modificaciones reflejan un mejor patrón de marcha, facilitado por el fortalecimiento de la musculatura del tríceps sural y una mayor eficiencia en la fase de impulso. Winter (1991) y Judge et al. (1996) han demostrado que estos ajustes biomecánicos reducen el costo energético del desplazamiento, mejoran la estabilidad dinámica y permiten una locomoción más segura.

De manera complementaria, se observó una reducción en los indicadores de inestabilidad entre los participantes que alcanzaron ángulos de tobillo superiores a 90°, con una disminución del 30% en los episodios de desequilibrio. Este hallazgo resalta la importancia del rango articular del tobillo en el control postural durante la fase de apoyo unipodal. Según Rubenstein (2006) y Sherrington et al. (2019), el fortalecimiento neuromuscular y la movilidad articular son factores determinantes en la prevención de caídas en adultos mayores.

En relación con las variables antropométricas y metabólicas, se encontró una correlación negativa significativa entre el índice de masa corporal (IMC) y la velocidad

de marcha ( $r = -0.72$ ), lo que sugiere que un mayor IMC se asocia con una menor eficiencia locomotora. Este patrón ha sido descrito por Browning y Kram (2005), quienes señalan que el exceso de masa corporal incrementa el costo energético del movimiento, limitando la velocidad y la resistencia. Malatesta et al. (2003) han estimado que cada aumento de  $1 \text{ kg/m}^2$  en el IMC puede incrementar entre un 7% y 10% el costo metabólico de la marcha.

En el plano psicosocial, aunque los datos son de carácter inferencial, los participantes reportaron una mayor participación en actividades recreativas al aire libre, especialmente en parques urbanos. Este fenómeno puede estar relacionado con una mejora en el estado de ánimo y la motivación social, mediada por la actividad física regular y el contacto con espacios verdes. Barton y Pretty (2010) y Penedo y Dahn (2005) han documentado que el ejercicio al aire libre contribuye a la reducción de los síntomas depresivos y favorece la cohesión social en poblaciones mayores.

Al comparar los resultados obtenidos en Caracas con estudios internacionales, se observa una tendencia consistente. Por ejemplo, el incremento del  $\text{VO}_2$  máx registrado en este estudio (+22.7%) se sitúa dentro del rango reportado globalmente (+15-25%) por Paterson et al. (2007). De igual manera, la reducción del IMC alcanzó un 10%, resultado similar al de Villareal et al. (2011), y las mejoras en la estabilidad postural (+30%) coinciden con las encontradas por Sherrington et al. (2019), que reportan incrementos del 20% al 35% tras intervenciones similares.

En síntesis, la marcha estructurada en adultos mayores sanos de Caracas genera beneficios comprobables en la capacidad aeróbica, la eficiencia cardiovascular, la estabilidad biomecánica y la percepción psicosocial de bienestar. Estos efectos se alinean con la evidencia científica internacional, lo que refuerza la pertinencia de su incorporación como estrategia de salud pública. Se recomienda fomentar políticas que garanticen el acceso seguro a espacios verdes y promover campañas educativas que visibilicen la marcha como una herramienta terapéutica de bajo costo. Además, futuras investigaciones deberían explorar el papel que desempeña la altitud de Caracas (900 msnm) en las adaptaciones fisiológicas observadas, con el fin de optimizar aún más las estrategias de intervención en contextos similares.

## Análisis Estadístico para la Validación de la Hipótesis Doctoral

A continuación se presentará el análisis de la hipótesis presentada en la tesis doctoral.

**Tabla 32**

*Resultados de las pruebas de hipótesis estadísticas*

Variable Analizada	Grupo(s)	Prueba Estadística	Estadístico	Valor p	Tamaño del Efecto	Conclusión
Ángulo del tobillo (dorsiflexión)	G3 (pre-post)	t-test para muestras apareadas	$t(14)=3.50$	0.002	$d=0.89$	Mejora significativa ( $p<0.01$ ), validando optimización biomecánica.
VO <sub>2</sub> máx	G3 (pre-post)	Wilcoxon signed-rank	$W+=105$	0.018	$r=0.52$	Incremento significativo ( $p<0.05$ ), evidencia de adaptación aeróbica.
Tiempo en 1609 m (intergrupos)	G1, G2, G3	ANOVA unidireccional Tukey	$F(2,42)=9.22 < 0.001$	$\eta p^2=0.31$		Diferencias significativas ( $p<0.001$ ), G3 supera a G1 ( $p=0.003$ ) y G2 ( $p<0.001$ ).
Correlación tobillo-tiempo	G3	Pearson	$r=-0.72$	$< 0.01$	$r^2=0.52$	Correlación negativa fuerte ( $p<0.01$ ), mecánica eficiente ligada a rendimiento.

La evaluación de la hipótesis; la correcta mecánica y el comportamiento fisiológico de la marcha tienen un efecto positivo en la capacidad funcional y la calidad de vida de adultos mayores sanos que realizan actividad física en parques metropolitanos, se sustentó en un enfoque metodológico riguroso, integrando pruebas de normalidad distribucional (Shapiro-Wilk) y pruebas de hipótesis paramétricas y no paramétricas. Los resultados de las pruebas de Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0.05$ ) revelaron heterogeneidad inicial en el grupo experimental (G3), con distribuciones no normales en variables clave como el tiempo en la prueba de 1609 metros ( $W=0.622$ ,  $p<0.001$ ) y el VO<sub>2</sub> máx ( $W=0.732$ ,  $p<0.001$ ) en el pre-test. Esta no normalidad, atribuible a la variabilidad en la condición física basal, justificó el uso de pruebas no paramétricas (Wilcoxon) para comparaciones pre-post en G3. Tras la intervención, G3 exhibió normalidad distribucional en ambas variables ( $W>0.90$ ,  $p>0.05$ ), indicando una homogenización de las respuestas adaptativas, mientras que los grupos control (G1 y

G2) mantuvieron normalidad en todas las fases ( $p>0.10$ ), validando el uso de pruebas paramétricas para estos.

La aplicación de un t-test, según la tabla 32, para muestras apareadas en G3 demostró que la dorsiflexión del tobillo derecho mejoró significativamente post-intervención ( $t(14)=3.50$ ,  $p=0.002$ ), respaldando la optimización de la mecánica articular. Paralelamente, el test de Wilcoxon confirmó un aumento estadísticamente relevante en el  $VO_2$  máx de G3 ( $W+=105$ ,  $p=0.018$ ), evidenciando adaptaciones cardiovasculares. Para contrastar los efectos intergrupales, un ANOVA unidireccional reveló diferencias significativas en el tiempo de la prueba de 1609 metros ( $F(2,42)=9.22$ ,  $p<0.001$ ), con análisis post-hoc (Tukey HSD) que destacaron la superioridad de G3 frente a G1 ( $p=0.003$ ) y G2 ( $p<0.001$ ). Estos hallazgos se reforzaron mediante un análisis de covarianza (ANCOVA), que aisló el efecto de la intervención en G3 controlando el IMC ( $\beta=4.12$ ,  $p=0.002$ ), descartando influencias confusoras.

La correlación de Pearson entre el ángulo del tobillo y el tiempo de prueba ( $r=-0.72$ ,  $p<0.01$ ) subrayó que una mecánica eficiente explica el 52% de la varianza en el rendimiento ( $r^2=0.52$ ), vinculando directamente la biomecánica con la capacidad funcional. Pese a estas evidencias, la ausencia de mediciones directas de calidad de vida limitó la generalización de este componente de la hipótesis, aunque las mejoras en autonomía y resistencia sustentan inferencias teóricas sobre bienestar.

En conclusión, los resultados confirman parcialmente la hipótesis: las adaptaciones biomecánicas y fisiológicas inducidas por la marcha estructurada mejoran significativamente la capacidad funcional en adultos mayores activos ( $p<0.05$ ), con efectos clínicamente relevantes en estabilidad articular, eficiencia cardiorrespiratoria y rendimiento físico. No obstante, la validación integral de la hipótesis requiere futuros estudios que incorporen métricas psicosociales y ambientales, amplíen la muestra y controlen variables contextuales propias de entornos metropolitanos. Este trabajo aporta un marco metodológico robusto para el diseño de intervenciones geriátricas basadas en evidencia, priorizando la sostenibilidad de la actividad física en espacios urbanos accesibles.

## CONCLUSIONES

El estudio evidencia que la práctica organizada de la marcha en adultos mayores en actividad en Caracas produce una sinergia esencial entre las adaptaciones biomecánicas y fisiológicas, incrementando la capacidad funcional y estableciendo los cimientos para un envejecimiento autónomo y seguro. Las mejoras en la mecánica articular, como el incremento de la dorsiflexión tibiotarsiana, el análisis cinemática de la rodilla y la alineación constante del tronco, no solo mejoran la distribución de cargas durante el transporte, sino que funcionan como catalizadores para un mayor rendimiento energético. Esta mejora biomecánica, medida a través de análisis cinemáticos exhaustivos, resulta en una disminución del 3.4% en el tiempo de la prueba de 1609 metros, lo que evidencia una marcha más asequible y adaptable. capaz de sortear las demandas físicas de los entornos metropolitanos, desde senderos irregulares hasta pendientes pronunciadas.

Asimismo, las adaptaciones fisiológicas, tales como el aumento del VO<sub>2</sub> máximo y la normalización de parámetros cardiovasculares tras el ejercicio, muestran una resincronización sistémica del cuerpo. El incremento en la capacidad aeróbica (14.7% en G3) indica una eficiencia superior en el traslado y uso de oxígeno, mientras que la disminución de la frecuencia cardíaca en reposo y la presión arterial post-esfuerzo señalan un mejor equilibrio autonómico. Estas modificaciones no solo disminuyen los peligros vinculados al sedentarismo, como la hipertensión, sino que permiten a los adultos mayores involucrarse en actividades de larga duración, desde paseos lúdicos hasta desplazamientos diarios, sin agotamiento anticipado.

La interrelación entre estos dos campos, el biomecánico y el fisiológico, se refleja en la uniformidad de las respuestas adaptativas del grupo experimental (G3), que pasó de distribuciones inusuales en el pretest a patrones normalizados tras la intervención. Este fenómeno resalta la función de la marcha organizada como instrumento de democratización, con la capacidad de disminuir la variabilidad entre individuos y producir ventajas accesibles incluso en comunidades con diversidad inicial. Aunque la investigación no evaluó directamente la calidad de vida, los beneficios en independencia funcional, estabilidad postural y resistencia cardiovascular permiten



deducir efectos beneficiosos en aspectos psicosociales, como la percepción personal de habilidad y la implicación en la comunidad, elementos esenciales para un envejecimiento gratificante.

En el contexto metropolitano de Caracas, estos hallazgos adquieren relevancia práctica: los parques urbanos, al integrar superficies variadas y espacios abiertos, se convierten en laboratorios naturales donde la biomecánica se perfecciona a través de la práctica contextualizada, mientras la exposición a entornos verdes potencia los beneficios cardiovasculares y psicológicos. La implementación de programas comunitarios de marcha en estos espacios, acompañados de señalización educativa sobre técnica de paso y medición de esfuerzo, podría escalar estos resultados a nivel poblacional, transformando la dinámica urbana en un recurso terapéutico.

En síntesis, esta investigación valida que la marcha no es un mero acto locomotor, sino una intervención holística donde la precisión biomecánica y la eficiencia fisiológica convergen para redefinir los límites del envejecimiento. Los parques metropolitanos, al albergar esta convergencia, emergen como escenarios estratégicos para políticas públicas que prioricen la salud geriátrica, demostrando que la ciudad, en su complejidad, puede ser tanto escenario como aliada de una vejez activa y digna.

Las conclusiones obtenidas a partir del análisis de los datos permiten valorar el grado de cumplimiento de los objetivos específicos planteados y la validez de la hipótesis central de esta investigación. En cuanto al primer objetivo, orientado a evaluar el efecto de la mecánica de la marcha en la capacidad funcional, se constató que la intervención aplicada al grupo experimental (G3) produjo mejoras significativas en los patrones articulares, particularmente en la dorsiflexión del tobillo ( $t(14)=3.50$ ,  $p=0.002$ ) y en la flexión controlada de rodilla. Estos ajustes biomecánicos se tradujeron en una reducción de la variabilidad interindividual, evidenciada en la normalización de la distribución de los datos en el post-test (Shapiro-Wilk:  $W > 0.90$ ,  $p > 0.05$ ), y se asociaron con una disminución del 3.4 % en el tiempo de ejecución de la prueba de 1609 metros ( $r = -0.72$ ,  $p < 0.01$ ). Estos hallazgos respaldan que una mecánica de marcha eficiente no solo optimiza la distribución de cargas sino que también favorece la

autonomía funcional en entornos urbanos complejos como los parques metropolitanos de Caracas, reduciendo el riesgo de caídas.

En relación con el segundo objetivo, centrado en el comportamiento fisiológico durante la marcha, los resultados mostraron que el protocolo de intervención promovió adaptaciones positivas en el grupo experimental. Se registró un incremento significativo en el consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2 \text{ máx}$ ) ( $W^* = 105$ ,  $p = 0.018$ ), indicando una mejora del 14.7 % en la capacidad aeróbica. Asimismo, se observó una reducción de la frecuencia cardíaca en reposo (de  $83.73 \pm 13.4$  lpm a  $58.93 \pm 11.7$  lpm), lo que refleja una mayor eficiencia del control autonómico. También se documentó un efecto hipotensor agudo en la presión arterial sistólica post-ejercicio, que descendió de  $132.06 \pm 17.89$  mmHg a  $122.4 \pm 17.75$  mmHg. Estas respuestas fisiológicas no solo mejoran el rendimiento durante la marcha, sino que también fortalecen la resiliencia cardiovascular, aspecto esencial para la preservación de un estilo de vida activo en la vejez.

En lo que respecta al tercer objetivo, dirigido a determinar el impacto de la intervención en la capacidad funcional y la calidad de vida, se evidenció una mejora funcional significativa en el grupo experimental. El tiempo en la prueba de 1609 metros se redujo de manera estadísticamente significativa ( $\Delta = -0.68$  min,  $p < 0.001$ ) y se observó una homogenización de las respuestas fisiológicas adaptativas en el post-test. No obstante, la calidad de vida no fue evaluada directamente mediante instrumentos validados, lo que limita la posibilidad de establecer conclusiones firmes al respecto. Si bien los resultados funcionales sugieren beneficios colaterales en dimensiones relacionadas con la calidad de vida, tales como la autonomía y la prevención de caídas, será necesario incorporar escalas específicas como el SF-36 o el WHOQOL-OLD en futuros estudios.

En cuanto a la hipótesis central, esta se confirma parcialmente. Se verificó que una marcha biomecánicamente adecuada, acompañada de mejoras fisiológicas, tiene un impacto positivo en la capacidad funcional de adultos mayores ( $p < 0.05$  en todas las pruebas aplicadas). No obstante, no fue posible confirmar un efecto directo sobre la calidad de vida, debido a la ausencia de mediciones específicas, aunque la literatura sugiere una fuerte correlación teórica entre ambos aspectos (Bowler et al., 2010).

Este estudio también presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. El tamaño muestral relativamente pequeño ( $n = 15$  por grupo) y la homogeneidad del perfil de los participantes (adultos mayores sanos) restringen la generalización de los hallazgos a poblaciones con condiciones médicas diversas. Asimismo, no se controlaron ciertos factores contextuales y psicosociales, como la topografía de los parques, la interacción social durante los entrenamientos o la motivación personal, los cuales podrían haber influido en los resultados. La estimación del  $\text{VO}_2$  máx mediante el test de Rockport, aunque válida para poblaciones de baja condición física, implica un margen de error estimado en un 10 %, lo que debe tenerse en cuenta al interpretar los datos fisiológicos.

A partir de estos hallazgos, se recomienda que futuras investigaciones incluyan escalas validadas para evaluar el bienestar psicosocial, amplíen la muestra a poblaciones con diversidad funcional y socioeconómica, y analicen el impacto del contexto específico de práctica (por ejemplo, parques al aire libre frente a caminadoras en ambientes controlados). Los estudios longitudinales, con periodos de seguimiento de 6 a 12 meses, permitirán evaluar la sostenibilidad de las adaptaciones observadas y profundizar en su relación con indicadores de salud integral.

Esta tesis contribuye al campo de la salud geriátrica al proponer un modelo cuantitativo robusto para el diseño de intervenciones fundamentadas en evidencia, con énfasis en protocolos de marcha que integren componentes biomecánicos y cardiovasculares. Además, se resalta el valor de los parques metropolitanos como espacios públicos accesibles y adecuados para promover un envejecimiento activo. Finalmente, el uso combinado de análisis estadísticos paramétricos y no paramétricos se presenta como una estrategia pertinente para abordar la heterogeneidad inherente a las poblaciones de adultos mayores.

En suma, los resultados de esta investigación respaldan la implementación de programas de marcha estructurada en espacios urbanos como una estrategia viable y efectiva para optimizar la salud funcional en adultos mayores.

## RECOMENDACIONES

La implementación de intervenciones basadas en la marcha para adultos mayores en entornos urbanos exige un enfoque multidisciplinar que trascienda los límites académicos, clínicos y sociopolíticos. Desde una perspectiva metodológica, se recomienda incorporar instrumentos de evaluación multidimensionales, como las escalas WHOQOL-OLD o SF-36, para capturar no solo parámetros físicos, sino también dimensiones psicosociales como la autonomía percibida, la calidad de las relaciones interpersonales y el bienestar emocional. Complementariamente, es prioritario ampliar la diversidad muestral incluyendo adultos mayores con comorbilidades (diabetes, osteoartritis) y diversos estratos socioeconómicos, garantizando así la validez externa de los hallazgos. Paralelamente, el diseño de estudios comparativos que contrasten el efecto de la marcha en entornos naturales (parques metropolitanos) versus controlados (caminadoras) permitirá aislar el impacto específico del contexto urbano en las adaptaciones fisiológicas y biomecánicas.

En el ámbito clínico, se propone el desarrollo de protocolos estructurados que integren entrenamiento biomecánico (con énfasis en el fortalecimiento de tobillos y rodillas, y corrección postural) con componentes aeróbicos intervalados (ejemplo: intervalos de 2 minutos de marcha rápida seguidos de 1 minuto de recuperación) para optimizar el  $\text{VO}_2$  máx. La incorporación de tecnologías wearable (relojes inteligentes, plantillas instrumentadas) facilitará el monitoreo continuo de variables como frecuencia cardíaca, presión arterial y patrones de marcha, permitiendo ajustes en tiempo real y una personalización de las intervenciones.

Las políticas públicas deben orientarse hacia la creación de infraestructuras seguras y accesibles, como circuitos de marcha en parques metropolitanos (ejemplo: Parque del Este, Los Caobos) equipados con superficies antideslizantes, iluminación adaptada y bancos ergonómicos. La capacitación de promotores comunitarios en biomecánica básica y prevención de caídas, junto a campañas de incentivación social (ejemplo: programas como "Caracas Camina" con beneficios tangibles como descuentos en servicios públicos), son estrategias clave para fomentar la adherencia y la participación sostenida.

Futuras investigaciones deben priorizar diseños longitudinales con seguimientos a 6, 12 y 24 meses para evaluar la sostenibilidad de las adaptaciones, así como análisis costo-beneficio que cuantifiquen el ahorro en gastos sanitarios derivado de la reducción de caídas y eventos cardiovasculares. La inclusión de biomarcadores como el malondialdehído (estrés oxidativo) y la citrato sintasa (capacidad mitocondrial) permitirá profundizar en los mecanismos celulares subyacentes a las mejoras observadas. Técnicamente, se sugiere validar los métodos de evaluación mediante la complementación del test Rockport con ergoespirometría para mediciones directas de VO<sub>2</sub> máx, reduciendo así el margen de error inherente (~10%), y emplear sistemas de captura de movimiento 3D (ejemplo: Vicon) para cuantificar ángulos articulares y fuerzas de reacción con precisión milimétrica.

En la práctica clínica, es imperativo desarrollar perfiles de riesgo individualizados basados en la variabilidad de parámetros como ángulos articulares y velocidad de marcha, identificando adultos mayores con alto riesgo de caídas para intervenciones personalizadas. La integración de equipos interdisciplinarios (geriatras, fisioterapeutas, psicólogos) permitirá abordar holísticamente la salud física, mental y social, trascendiendo el enfoque tradicional centrado únicamente en la capacidad funcional.

La difusión de resultados debe priorizar revistas indexadas en Scopus/WoS (ejemplo: Journal of Aging and Physical Activity, Gait & Posture) y la socialización estratégica con actores clave en foros de políticas urbanas y salud pública, asegurando que la evidencia científica influya en la planificación de ciudades saludables.

En síntesis, la materialización de estas recomendaciones exige una alianza sinérgica entre universidades, gobiernos locales y comunidades, transformando los parques metropolitanos en nodos de salud geriátrica donde converjan la innovación científica, la equidad social y la sostenibilidad urbana. Solo mediante esta articulación intersectorial se podrá garantizar que el envejecimiento activo trascienda el discurso académico para convertirse en una realidad tangible en el paisaje urbano de Caracas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American College of Cardiology y American Heart Association (2017). Hypertension Clinical Practice Guidelines. <https://www.ahajournals.org/doi/pdf/10.1161/HYP.0000000000000065>
- American College of Sports Medicine (ACSM). (2017). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Wolters Kluwer.
- Barton, J., y Pretty, J. (2010). What is the best dose of nature and green exercise for improving mental health? A multi-study analysis. *Environmental Science y Technology*, 44(10), 3947–3955. <https://doi.org/10.1021/es903183r>
- Borresen, J., y Lambert, M. I. (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise. *Sports Medicine*, 38(8), 633-646.
- Bowler, D. E., et al. (2010). A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments. *BMC Public Health*, 10(1), 456. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-456>
- Brach J. S, Berlin J. E, VanSwearingen J. M, Newman A. B y Studenski S. A. (2005). Too much or too little step width variability is associated with a fall history in older persons who walk at or near normal gait speed. *J Neuroeng Rehabil*. 2005 Jul 26;2:21. <https://doi: 10.1186/1743-0003-2-21>.
- Browning, R. C., y Kram, R. (2005). Effects of obesity on the biomechanics of walking at different speeds. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 37(5), 730–735. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000162697.86802.04>
- Buchheit, M., y Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training: Methodological and physiological aspects. *Sports Medicine*, 43(10), 927-954.
- Buchheit, M. y Gindre, C. (2006) Regulación parasimpática cardíaca: asociaciones respectivas con la aptitud cardiorrespiratoria y la carga de entrenamiento. *Am J*

Physiol Heart Circ Physiol 291: H451–H458, [https://doi: 10.1152/ajpheart.00008.2006](https://doi.org/10.1152/ajpheart.00008.2006).

Burgomaster, K. A., et al. (2008). Sprint interval training induces mitochondrial biogenesis. *Journal of Applied Physiology*, 104(6), 1504-1511.

Ceballos, O. (2012). *Actividad física en el adulto mayor*. Editorial El Manual Moderno. México.

Caballero, F. (2022). Efectos de un programa de actividad física en los cambios biomecánicos en el equilibrio y la marcha en personas mayores de 75 años. Residentes en la comunidad. Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible: <https://fmcg1de1.pdf> . [Consulta: 2022 diciembre 12].

Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., y Skinner, J. S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 41(7), 1510–1530. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c>

Conover, W. J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics*. Wiley.

Coote J. H. (2010). Recuperación de la frecuencia cardíaca tras un ejercicio dinámico intenso. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2009.047548>

Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, Cooper C, Landi F, Rolland Y, Sayer AA, Schneider SM, Sieber CC, Topinkova E, Vandewoude M, Visser M y Zamboni M. (2019). Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019 Jan 1;48(1):16-31. doi: 10.1093/ageing/afy169.

De Luca, C. J., Adam, A., Wotiz, R., Gilmore, L. D., y Nawab, S. H. (2007). Decomposition of surface EMG signals. *Journal of Neurophysiology*, 96(3), 1646-1657.

- Domanski M, Norman J , Wolz M, Mitchell G y Pfeffer M. (2001). Cardiovascular Risk Assessment Using Pulse Pressure in the First National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES I). *Hypertension* Volume 38, Issue 4, 1 October 2001; Pages 793-797. <https://doi.org/10.1161/hy1001.092966>.
- Escamilla, R F, Fleisig, G. S, Lowry, T. M, Barrentine, S. W. y Andrews, J. R. (2001) .A three-dimensional biomechanical analysis of the squat during varying stance widths. 33(6):p 984-998, junio de 2001. <https://journals.lww.com/acsm-msse/toc/2001/06000>.
- Fagard, R. H. (2001). Athlete's heart: a meta-analysis of the echocardiographic experience. *International Journal of Sports Medicine*, 22(06), 447-454.
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (4th ed.). SAGE Publications.
- Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. Sage.
- Fleg, J. L. (2012). Aerobic exercise in the elderly: A key to successful aging. *Discovery Medicine*.
- Fleg, J. L., Morrell, C. H., Bos, A. G., Brant, L. J., Talbot, L. A., Wright, J. G., y Lakatta, E. G. (2005). Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, 112(5), 674–682. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.545459>
- Folland, J. P., Allen, S. J., Black, M. I., Handsaker, J. C., y Forrester, S. E. (2017). Running technique is an important component of running economy and performance. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 49(7), 1412-1423.
- Franklin. S, Gustin. W, Wong N. D. , Larson M. G. , Weber M. A. , Kannel W y Levy D. (1997). Hemodynamic patterns of age-related changes in blood pressure. *Circulación*. Volumen 96, Número1. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.96.1.308>.



- Gage, J. (2004). The treatment of gait problems in cerebral palsy, MacKeith Press, Londres, Inglaterra.
- Garatachea, N., et al. (2015). Exercise attenuates the major hallmarks of aging. Rejuvenation Research.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., y Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 43(7), 1334-1359.
- García, P. (2014). Actividad física, hábitos de alimentación y salud. Una aproximación al estilo de vida de estudiantes ucevistas. Ediciones digitales. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
- García, J., Navarro, M. y Ruiz, J. (1996). Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte. Gymnos Editorial Deportiva. España.
- Griffin, L. Y., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Dick, R. W., Garrett, W. E., Garrick, J. G., Hewett, T. E., Huston, L., Irlanda, M. L., Johnson, R. J., Kibler, W. B., Lephart, S., Lewis, J. L., Lindenfeld, T. N., Mandelbaum, B. R., Marchak, P., Teitz, C. C y Wojtys, E. M. (2000). Lesiones del ligamento cruzado anterior sin contacto: factores de riesgo y estrategias de prevención. *Revista de la Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos* 8(3):p 141-150, mayo de 2000. <https://journals.lww.com/jaaos/toc/2000/05000>
- Green, D. J., Hopman, M. T. E., Padilla, J., Laughlin, M. H., y Thijssen, D. H. J. (2017). Vascular adaptation in athletes: is it different from inactivity? *Experimental Physiology*, 102(1), 45–56.
- Grieve, D.W. (1983). Gait Analysis. Hodder Arnold.
- González, P. (2017). Análisis biomecánico de la marcha mediante un modelo analítico de dinámica inversa en pacientes con alteración del equilibrio sagital del raquis.

Universitat Autònoma de Barcelona. Tesis doctoral. Disponible: <http://pgm1de1.pdf>. [Consulta: 2022, noviembre 10].

- Hausdorff J. M, Edelberg H. K, Mitchell S. L, Goldberger A. L. y Wei J. Y . (1997). Increased gait unsteadiness in community-dwelling elderly fallers. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997 Mar; 78(3):278-83. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(97\)90034-4](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(97)90034-4).
- Hawkins, S. A., y Wiswell, R. A. (2003). Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training. *Sports Medicine*, 33(12), 877-888.
- Heusser K, Jens J, Jens T y Reuter H. (2020). Baroreflex activation therapy through electrical carotid sinus stimulation. *Autonomic Neuroscience*. Volume 256. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2024.103219>.
- Higashi, Y., & Yoshizumi, M. (2004). Exercise and endothelial function: Role of endothelium-derived nitric oxide and oxidative stress in healthy subjects and hypertensive patients. *Pharmacology & Therapeutics*, 102(1), 87–96. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2004.02.003>.
- Holloszy, J. O., y Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, 56(4), 831–838. <https://doi.org/10.1152/jappl.1984.56.4.831>
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., y McNair, P. J. (2004). Interaction of step length and step rate during sprint running. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 36(2), 261-271.
- Izquierdo, M., et al. (2021). International Exercise Recommendations in Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*.
- Judge, J. O., Davis, R. B., y Ounpuu, S. (1996). Step length reductions in advanced age: The role of ankle and hip kinetics. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 51(6), M303–M312. <https://doi.org/10.1093/gerona/51A.6.M303>

- Judge, J. O., Underwood, M., y Gennosa, T. (1996). Exercise to improve gait velocity in older persons. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77(10), 1200–1202. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(96\)90188-9](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(96)90188-9)
- Kenney, W. L. et al. (2015). *Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics*.
- Kibele, A y Behm, D. (2009). Seven Weeks of Instability and Traditional Resistance Training Effects on Strength, Balance and Functional Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23(9):p 2443-2450, December 2009. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181bf0489
- Kline, G. M., et al. (1987). Estimation of  $\text{VO}_2\text{max}$  from a one-mile track walk. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 19(3), 253-259.
- Lees, A., Vanrenterghem, J., & De Clercq, D. (2010). The role of impact forces and flight time in creating an effective sprint run. *Journal of Biomechanics*, 43(10), 1863-1869.
- López, J y Fernández, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Editorial médica panamericana. España.
- Malatesta, D., Simar, D., Dauvilliers, Y., Candau, R., Borrani, F., Prefaut, C., & Caillaud, C. (2003). Energy cost of walking and gait instability in healthy 65- and 80-yr-olds. *Journal of Applied Physiology*, 95(6), 2248–2256. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00238.2003>
- Menz H. B, Lord S. R y Fitzpatrick R. C. (2003). Age-related differences in walking stability. *Age Ageing*. 32(2):137-42. <https://doi: 10.1093/ageing/32.2.137>.
- Morris, M. E., Huxham, F., McGinley, J., Dodd, K., y Iansek, R. (2006). The biomechanics and motor control of gait in Parkinson disease. *Clinical Biomechanics*, 16(6), 459-470.
- Nigg, B.M., y Herzog, W. (1999). *Biomechanics of the Musculo-skeletal System*. Wiley.
- Nogueras, A. Arenillas, J. Rodríguez, J. Iglesias, F y Sánchez, C. (2014). Fases de la marcha humana. Disponible: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista->

iberoamericana-fisioterapia-kinesiologia -176-articulo-fases-marcha-humana-13012714. [Consulta: 2022, septiembre 12].

Nordin, M., y Frankel, V. H. (1999). *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*. Philadelphia: Lippincott Williams y Wilkins.

Organización Mundial de la Salud (2001). *Hombres, Envejecimiento y Salud: conservar la salud a lo largo de la vida*. Organización Mundial de la Salud. Ginebra - Suiza. [Página web en línea]. Disponible: <http://www.who.int>. [Consulta: 2020, febrero 10].

Organización Mundial de la Salud (2019). *Plan de acción mundial sobre la actividad física de 2018 - 2030. Personas más activas un mundo más sano*. Disponible: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/327897/WHO-NMH-PND-18.5-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consulta: 2020, febrero 10].

Paterson, D. H., Jones, G. R., y Rice, C. L. (2007). Ageing and physical activity: Evidence to develop exercise recommendations for older adults. *Canadian Journal of Public Health*, 98(Suppl 2), S69–S108. <https://www.jstor.org/stable/41994464>

Patla, A. E. (2003). Strategies for dynamic stability during adaptive human locomotion. *IEEE Engineering in Medicine and Biology*.

Penedo, F. J., y Dahn, J. R. (2005). Exercise and well-being: A review of mental and physical health benefits associated with physical activity. *Current Opinion in Psychiatry*, 18(2), 189–193. <https://doi.org/10.1097/00001504-200503000-00013>

Perry, J. y Burnfield, J. (1992) *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. SLACK Incorporated, New Jersey.

Perry, J. y Burnfield, J.M. (2010). *Gait Analysis: Normal and Pathological Function* (2nd ed.). SLACK Incorporated.

Pescatello, L. S. et al. (2015). Exercise and Hypertension: Recent Advances in Exercise Prescription. *Journal of Human Hypertension*.

- Pescatello, L. S., Arena, R., Riebe, D., y Thompson, P. D. (2015). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (9th ed.). Lippincott Williams y Wilkins.
- Pescatello, L. S., MacDonald, H. V., Lamberti, L., y Johnson, B. T. (2015). Exercise for hypertension: A prescription update integrating existing recommendations with emerging research. *Current Hypertension Reports*, 17(11), 87. <https://doi.org/10.1007/s11906-015-0600-y>
- Pluim, B. M., Mensink, R. P., van der Laarse, A., y van der Wall, E. E. (2000). The athlete's heart: a meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation*, 101(3), 336-344.
- Roa, H. (2014). Teorías implícitas y explícitas en los procesos de enseñanza y aprendizaje del solfeo. *Revista Civilizar Ciencias Sociales y Humanas*, 14(26), 177-188. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/ccso/v14n26/v14n26a11.pdf> [Consulta: 2022, marzo 10].
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: Epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and Ageing*, 35(Suppl 2), ii37–ii41. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl084>.
- Sandercock, G. R. H., Bromley, P. D., y Brodie, D. A. (2005). Effects of exercise on heart rate variability: Inferences from meta-analysis. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 37(3), 433–439. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000155388.39002.9D>
- San Martin, C. (2018). Efectos de la rehabilitación de marcha con tareas duales en pacientes con enfermedad de Parkinson: Ensayo controlado aleatorizado. Universidad de Valencia. Tesis doctoral. Disponible: <https://roderic.uv.es/handle/10550/68325> [Consulta: 2022, noviembre 10].
- Saunders, J. B., Inman, V. T., y Eberhart, H. D. (1953). The major determinants in normal and pathological gait. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 35(3), 543-558.

- Schenkman M, Ellis T, Christiansen C, Barón A. E., Tickle-Degnen L, Hall D. A. , Wagenaar R. (2001). Perfil de limitaciones funcionales y desempeño de tareas en personas con enfermedad de Parkinson en etapa temprana e intermedia, *Fisioterapia* , Volumen 91, Número 9, páginas 1339–1354, <https://doi.org/10.2522/ptj.20100236>.
- Schmidt, R., y Lee, T. (2011). Control motor y aprendizaje: Un enfoque conductual (5.<sup>a</sup> ed.). Cinética humana.
- Sheel, A. W., y Romer, L. H. (2012). Human respiratory muscle training: physiological basis and clinical applications. *Respiratory Physiology y Neurobiology*.
- Sherrington, C., Fairhall, N. J., Wallbank, G. K., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Howard, K., ... y Lamb, S. E. (2019). Exercise for preventing falls in older people living in the community. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1(1), CD012424. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012424.pub2>.
- Tabachnick, B. G., y Fidell, L. S. (2007). *Using Multivariate Statistics* (5th ed.). Pearson.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17(3), 354–381. <https://www.escardio.org/static-file/Escardio/Guidelines/Scientific-Statements/guidelines-Heart-Rate-Variability-FT-1996.pdf>
- Tanaka, H., Dinunno, F. A., Monahan, K. D., Clevenger, C. M., DeSouza, C. A., y Seals, D. R. (2001). Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation*, 104(2), 256–262. <https://doi.org/10.1161/hc2701.091173>
- Tanaka, H., Monahan, K. D., y Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153–156. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)01054-8)
- Tudor-Locke, C., y Rowe, D. A. (2012). Using cadence to study free-living ambulatory behaviour. *Sports Medicine*, 42(5), 381-398.

- Tudor-Locke, C., Craig, C. L., Aoyagi, Y., Bell, R. C., Croteau, K. A., Bourdeaudhuij, I., ... y Matsudo, S. M. (2011). How many steps/day are enough? for older adults and special populations. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8(1), 80.
- Van Abbema, R., et al. (2015). What type, or combination of exercise improves physical performance in frail older adults? *Journal of the American Medical Directors Association*.
- Villareal, D. T., Smith, G. I., Sinacore, D. R., Shah, K., y Mittendorfer, B. (2011). Effects of weight loss on physical function and quality of life in frail obese older adults. *New England Journal of Medicine*, 364(13), 1218–1229. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1008235>
- Wang, Y., Wang, J., Liao, Z., Huang, X., y Wang, Z. (2020). The effects of physical activity on walking ability in older adults: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4319.
- Waters, R. L., y Mulroy, S. (1999). The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait y Posture*, 9(3), 207-231.
- World Life Expectancy. Disponible: <https://www.worldlifeexpectancy.com/>. [Consulta: 2022, septiembre 12].
- Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and motor control of human movement*. John Wiley & Sons.
- Winter, D.A. (1991). *The Biomechanics and Motor Control of Human Gait: Normal, Elderly and Pathological*. University of Waterloo Press.
- Zatsiorsky, V.M. (2002). *Kinetics of Human Motion*. Human Kinetics.
- Zhao, W, Ukawa, S, Kawamura, T, Wakai, K, Ando, M, Tsushita, K, Tamakoshi, A (2015). Health Benefits of Daily Walking on Mortality Among Younger-Elderly Men With or Without Major Critical Diseases in the New Integrated Suburban Seniority Investigation Project: A Prospective Cohort Study. <http://dx.doi.org/10.2188/jea.JE20140190>.

**Anexo**

**A - 1**

Consentimiento Informado





## Consentimiento Informado

Yo, \_\_\_\_\_ declaro que he sido informado e invitado a participar en una investigación doctoral denominada **"Efectos de la marcha en adultos mayores sanos del área metropolitana de Caracas 2023"**, éste es un proyecto de investigación científica que cuenta con el respaldo del Instituto Pedagógico "Rafael Alberto Escobar Lara".

Entiendo que este estudio busca, **Determinar los efectos fisiológicos y biomecánicos de la marcha en adultos mayores sanos, que hace vida activa en los parques del área metropolitana de Caracas 2023**. Me han explicado que la información registrada será confidencial, y que los nombres de los participantes serán asociados a un número de serie, esto significa que no podrán ser conocidas por otras personas ni tampoco ser identificadas en la fase de publicación de resultados.

Las pruebas serán realizadas por un profesional capacitado en pruebas funcionales y pruebas biomecánicas y se evaluarán diferentes aspectos como la marcha, el equilibrio y la movilidad. La prueba de campo de 1609 metros puede durar entre 30 y 40 minutos, y puede incluir la medición del ritmo cardíaco, la presión arterial y consumo máximo de oxígeno. La prueba es segura y se realizará en un ambiente seguro y adecuado.

Es importante tener en cuenta que cualquier tratamiento o consejo recomendado posteriormente será basado exclusivamente en los resultados de la prueba funcional y biomecánica. Por lo tanto, éstos deben ser evaluados cuidadosamente antes de ser implementados para evitar posibles lesiones o agravamientos de su condición.

Usted tiene el derecho de preguntar cualquier duda o información adicional que necesite antes, durante o después de la prueba funcional. Además, podrá retirar su consentimiento en cualquier momento antes o durante la realización de la prueba.

Una vez leído y comprendido el contenido de este consentimiento informado, acepto voluntariamente y doy mi consentimiento para la realización de la prueba funcional descrita.

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Nota: Esperamos que este consentimiento informado sea de su comprensión y estamos disponibles para responder a cualquier pregunta que pueda tener. Le agradecemos por su confianza y colaboración en la realización de la prueba funcional.

**Anexo**

**A - 2**

**Cuestionario Mundial sobre Actividad Física  
(GPAQ)**



## Cuestionario Mundial sobre Actividad Física (GPAQ)

### Actividad Física

En la siguiente sección, se le realizarán algunas preguntas relacionadas con sus hábitos de actividad física. No se preocupe si no se considera una persona activa, por favor intente responder a las preguntas lo más precisamente posible. Le pedimos que piense en el tiempo que dedica a diferentes actividades, como las que le mostramos a continuación: trabajo, estudio, trabajo en el hogar, tareas relacionadas con el cultivo, pesca, caza o búsqueda de empleo.

En los siguientes apartados, encontrará las definiciones de "actividad física intensa" y "actividad física moderada". Por favor, lea con atención las siguientes definiciones antes de responder a las preguntas.

#### Definiciones:

- Actividad física intensa: Son aquellas actividades que implican un esfuerzo físico importante y causan una gran aceleración de la respiración o del ritmo cardíaco.

- Actividad física moderada: Son aquellas actividades que implican un esfuerzo físico moderado y causan una ligera aceleración de la respiración o del ritmo cardíaco.

Le agradecemos por tomarse el tiempo de responder a las preguntas y de esta manera, ayudarnos a entender mejor sus hábitos de actividad física. Tenga en cuenta que estos datos son confidenciales y serán tratados como tal. Si tiene alguna pregunta sobre estas preguntas o cualquier otro asunto, por favor no dude en contactarnos.

Preguntas		Respuestas	Código
<b>En el trabajo</b>			
1	¿Exige su trabajo una actividad física intensa que implica una aceleración importante de la respiración o del ritmo cardíaco, como [levantar pesos, cavar o trabajos de construcción] durante al menos 10 minutos consecutivos?	Si  No si es NO, saltar a P4	P1
2	En una semana típica, ¿cuántos días realiza usted actividades físicas intensas en su trabajo?	Número de días ( )	P2
3	En uno de esos días en los que realiza actividades físicas intensas, ¿cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades?	Horas : minutos ( ) : ( ) hrs mins	P3 (a-b)
4	¿Exige su trabajo una actividad de intensidad moderada que implique una ligera aceleración de la respiración o del ritmo cardíaco como caminar deprisa o transportar pesos ligeros durante al menos 10 minutos consecutivos?	Si  No si es NO, saltar a P7	P4
5	En una semana típica, ¿cuántos días realiza usted actividades de intensidad moderada en su trabajo?	Número de días ( )	P5
6	En uno de esos días en los que realiza actividades físicas de intensidad moderada, ¿Cuánto tiempo suele dedicar actividades?	Horas : minutos ( ) : ( ) hrs mins	P6 (a-b)

JBTP/jbtp...



República Bolivariana de Venezuela  
Universidad Pedagógica Experimental Libertador  
Instituto Pedagógico "Rafael Alberto Escobar Lara"  
Doctorado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte



Preguntas	Respuestas	Código	
<b>Para desplazarse</b>			
En las siguientes preguntas, dejaremos de lado las actividades físicas en el trabajo, de las que ya hemos tratado. Ahora me gustaría saber cómo se desplaza de un sitio a otro. Por ejemplo, cómo va al trabajo, de compras, al mercado, al lugar de culto.			
7	¿Camina usted o usa usted una bicicleta al menos 10 minutos consecutivos en sus desplazamientos?	Si No si es NO, saltar	P7
8	En una semana típica, ¿cuántos camina o va en bicicleta al menos 10 minutos consecutivos en desplazamientos?	Número de días ( )	P8
9	En un día típico, ¿cuánto tiempo pasa caminando o yendo en bicicleta desplazarse?	Horas : minutos ( ) : ( ) hrs mins	P9 (a-b)
<b>En el tiempo libre</b>			
Las preguntas que van a continuación excluyen la actividad física en el trabajo y para desplazarse, que ya hemos mencionado. Ahora me gustaría tratar de deportes, fitness u otras actividades físicas que practica en su tiempo libre.			
10	¿En su tiempo libre, practica deportes/fitness intensos que impliquen una aceleración importante de la respiración o del ritmo cardíaco como [correr, jugar al fútbol] durante al menos 10 consecutivos?	Si No si es NO, saltar a P13	P10
11	En una semana típica, ¿cuántos práctica usted deportes/fitness intensos en su tiempo libre?	Número de días ( )	P11
12	En uno de esos días en los que practica deportes/fitness intensos, ¿cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades?	Horas : minutos ( ) : ( ) hrs mins	P12 (a-b)
13	¿En su tiempo libre practica usted alguna actividad de intensidad moderada implica una ligera aceleración de respiración o del ritmo cardíaco, como caminar deprisa, [ir en bicicleta,	Si No si es NO, saltar a P16	P13
14	En una semana típica, ¿cuántos practica usted actividades físicas intensidad moderada en su tiempo libre?	Número de días ( )	P14
15	En uno de esos días en los que practica actividades físicas de intensidad moderada, ¿cuánto tiempo suele dedicar a actividades?	Horas : minutos ( ) : ( ) hrs mins	P15
<b>Comportamiento sedentario</b>			
La siguiente pregunta se refiere al tiempo que suele pasar sentado o recostado en el trabajo, en casa, en los desplazamientos o con sus amigos. Se incluye el tiempo pasado [ante una mesa de trabajo, sentado con los amigos, viajando en autobús o en tren, jugando a las cartas o viendo la televisión], pero no se incluye el tiempo pasado durmiendo.			
16	¿Cuánto tiempo suele pasar sentado o recostado en un día típico?	Horas : minutos ( ) : ( ) hrs mins	P16 (a-b)

Nombre y apellido: \_\_\_\_\_

Parque: \_\_\_\_\_irma:

Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**Anexo**

**A - 3**

**CUESTIONARIO DE PREPARACIÓN PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA**



**CUESTIONARIO DE PREPARACIÓN PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA**  
**Physical Activity Readiness Questionnaire (PARQ)**  
**(Shepard RJ et al., 1991 – Revisado 2002)**

**Introducción**

La actividad física es beneficiosa para la salud y cada vez más personas están incorporándola en su estilo de vida. Por lo general, es segura para la mayoría de las personas, sin embargo, para algunos individuos es importante consultar con un médico antes de comenzar un programa de ejercicio o actividad física. Para determinar si es necesario consultar a un médico antes de iniciar un programa, se recomienda responder las siete preguntas del cuestionario PAR-Q.

Si tiene más de 69 años y no tiene experiencia en actividad física, siempre es recomendable que consulte a su médico antes de comenzar un programa de ejercicio o actividad física.

Es importante leer cuidadosamente cada una de las preguntas y responderlas consistentemente y con honestidad. Simplemente marque con "Sí" o "No" según corresponda.

N°	Preguntas	Opciones	
1	¿Alguna vez su médico le ha indicado que usted tiene un problema	Si ( )	No ( )
2	¿Sufre dolores frecuentes en el pecho cuando realiza	Si ( )	No ( )
3	¿En el último mes, le ha dolido el pecho cuando no	Si ( )	No ( )
4	¿Con frecuencia pierde el equilibrio debido a	Si ( )	No ( )
5	¿Tiene problemas en los huesos o articulaciones (por ejemplo, en la	Si ( )	No ( )
6	¿Al presente, le receta su médico medicamentos	Si ( )	No ( )
7	¿Existe alguna otra razón por la cual no debería	Si ( )	No ( )

**Verificación**

Si ha respondido **afirmativamente** a alguna de las preguntas del cuestionario, se recomienda que **consulte con su médico de confianza** antes de aumentar su nivel de actividad física. Es importante que lleve consigo una copia del cuestionario PAR-Q a su cita. Después de la evaluación médica, busque asesoramiento profesional sobre cómo abordar su entrenamiento. Dependiendo de su salud y necesidades, puede ser que se le recomiende seguir un incremento gradual de actividad física sin restricciones. Alternativamente, puede ser necesaria la realización de una actividad restringida o supervisada para cumplir sus necesidades específicas, al menos en principio.

Si todas sus respuestas son **negativas**, usted puede estar razonablemente seguro de que está capacitado para un incremento gradual de su nivel de actividad física.

**"Yo, \_\_\_\_\_, he leído, entendido y contestado este cuestionario con libertad y confidencialidad".**

Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**Anexo**  
**A - 4**  
**Resumen Curricular del Autor**



**MSc. Jeovanny Tomedes**

**Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte**, UPEL-IPMAR. **Maestría en Educación Física Mención Biomecánica**, UPEL-IPC. **Maestría en Gerencia de Proyecto**, CIU. **Ingeniero en Informática**, UAH. **Técnico Superior en Informática**, CUFM. **Profesor de Educación Física**, UPEL-IPC. *Ex-Coordinador del Laboratorio del CENACADE de Táchira. Ex-Coordinador del Laboratorio de Biomecánica IND y MINDEPORTE. Actualmente Biomecánico del MINDEPORTE.* (Adicionalmente, Freelancer. En las área de soporte técnico, instalaciones de redes, desarrollo de páginas web y diseño gráfico, gestor de ambiente virtuales de aprendizaje, marketing digital ).

**Diplomados:**

- ✓ Diplomado Técnico en Big Data.
- ✓ Diplomado en Gestión de Ambientes Virtuales de Aprendizaje.
- ✓ Diplomado Técnico en Integridad Web.

**Experiencia en el área académica:**

- **Profesor Docente Instructor** (2006-2008). Asignatura: Medición y Evaluación del Desarrollo Físico. Universidad Iberoamericana del Deporte.
- **Profesor Asistente (Actualmente)**, Asignaturas dictadas: Introducción a la Computación, Computación Aplicada, Cinematografía de alta velocidad, Tutor en la Maestría de Educación Física mención Biomecánica, UPEL-IPC.
- Analista Estadístico, analista técnico deportivo, facilitador de curso de biomecánica, conferencista nacional e internacional, asesor Biomecánico (2014-2017), en el Comité Olímpico Venezolano (COV).