



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE FISIOTERAPIA**

INFORME DE INVESTIGACIÓN SOBRE:

**“PROGRAMA DE EJERCICIOS PARA MEJORAR LA  
BIOMECÁNICA DE LA MARCHA EN PACIENTES CON  
NEUROPATÍA PERIFÉRICA DIABÉTICA”**

Requisito previo para optar por el Título de licenciado en Fisioterapia

**Autor:** Gutiérrez Mestanza, Damián Alejandro

**Tutor:** Lcda. Mg. Espín Pastor, Victoria Estefanía

Ambato- Ecuador

marzo , 2023

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutora del trabajo de investigación sobre el tema: **“PROGRAMA DE EJERCICIOS PARA MEJORAR LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA EN PACIENTES CON NEUROPATÍA PERIFÉRICA DIABÉTICA”** de Damián Alejandro Gutiérrez Mestanza, estudiante de la Carrera de Fisioterapia de la Universidad Técnica de Ambato, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por el Jurado examinador designado por el Consejo de la Facultad de Ciencias de la Salud.

Ambato, Marzo 2023

## **LA TUTORA**

.....  
Lcda. Mg. Espín Pastor, Victoria Estefanía

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO**

Los criterios emitidos en el trabajo de grado de investigación: **“PROGRAMA DE EJERCICIOS PARA MEJORAR LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA EN PACIENTES CON NEUROPATÍA PERIFÉRICA DIABÉTICA”** como también los contenidos, ideas, análisis y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona. Como autor de este trabajo de grado.

Ambato, Marzo 2023

## **EL AUTOR**

.....

Gutiérrez Mestanza, Damián Alejandro

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de esta tesis o parte de ella un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales, de mi tesis con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de esta tesis, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo 2023

## **EL AUTOR**

.....  
Gutiérrez Mestanza, Damián Alejandro

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR**

Los miembros del tribunal Examinador, aprueba el informe del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“PROGRAMA DE EJERCICIOS PARA MEJORAR LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA EN PACIENTES CON NEUROPATÍA PERIFÉRICA DIABÉTICA”** de Damián Alejandro Gutiérrez Mestanza , estudiante de la Carrera de Fisioterapia.

Ambato, Marzo 2023

**Para constancia firman:**

.....  
**PRESIDENTE**

.....  
**VOCAL**

.....  
**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a toda mi familia, quienes estuvieron a mi lado y confiaron en mí; toda esta travesía Universitaria, me ha dejado enseñanzas guiadas por Dios, porque él ha sido quien ha cuidado de mí, paso a paso, dándome fortaleza y esperanza para continuar sin desmayar.

A mi querida madre Beatriz Mestanza, por ser quien estuvo a mi lado en las buenas y en las malas, quien me animo a seguir adelante y nunca rendirme, a pesar de los obstáculos. A mi padre Miguel Gutiérrez, quien me enseñó que la vida tiene un solo paso, una sola decisión y con seguridad un destino diferente.

**GUTIÉRREZ MESTANZA, DAMIÁN ALEJANDRO**

## **AGRADECIMIENTO**

Desde el fondo de mi corazón y mi espíritu de humildad agradezco a Dios por permitirme cumplir con uno más de mis objetivos, además a mis padres, hermanos por el apoyo incondicional que han guiado mi camino profesional.

Un agradecimiento especial a nuestra alma mater la “Universidad Técnica de Ambato”, en especial a la Facultad Ciencias de la Salud, a los docentes que en su momento nos compartieron sus conocimientos, y apoyaron a la culminación de este proyecto de investigación.

A la Lic. MSc. Victoria Espín, quien fue tutora de mi proyecto y gracias a su apoyo y conocimiento se pudo culminar de la mejor manera esta investigación.

**GUTIÉRREZ MESTANZA, DAMIÁN ALEJANDRO**

## ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR .....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	viii
RESUMEN.....	xii
SUMMARY .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPITULO I.....	3
MARCO TEORICO .....	3
1.1 Antecedentes Investigativos.....	3
1.2. OBJETIVOS .....	17
1.2.1. OBJETIVO GENERAL .....	17
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
CAPÍTULO II .....	18
METODOLOGÍA.....	18
2.1. Materiales .....	18
2.1.1. Materiales para la evaluación:.....	18
2.2. Equipos.....	18
2.3. Métodos .....	19

2.3.1. Tipo de Investigación .....	
2.3.2. Ubicación .....	19
2.3.3. Población y muestra .....	19
2.3.3.1. Criterios de inclusión.....	19
2.3.3.2. Criterios de exclusión .....	20
2.3.4. Descripción de la intervención y procedimientos para la recolección de información. .....	20
2.3.5. Aspectos éticos .....	21
CAPÍTULO III .....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
3.1. Resultados .....	22
3.2. Discusión .....	25
CAPÍTULO IV .....	29
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	29
4.1. Conclusiones .....	29
4.2. Recomendaciones .....	30
Bibliografía .....	31
ANEXOS .....	35



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Datos sociodemográficos .....	22
<b>Tabla 2.</b> Evaluación de la velocidad antes y después de la intervención.....	23
<b>Tabla 3.</b> Comparación de los resultados pre y pos del test Observational Gait Analysis .....	24

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Carta de Aceptación.....	35
<b>Anexo 2.</b> Resolución de Aprobación .....	36
<b>Anexo 3.</b> Modelo de consentimiento informado .....	38
<b>Anexo 4.</b> Test Observational Gait Analysis .....	39
<b>Anexo 5.</b> Programa de ejercicio .....	41

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE FISIOTERAPIA**

**“PROGRAMA DE EJERCICIOS PARA MEJORAR LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA EN PACIENTES CON NEUROPATÍA PERIFÉRICA DIABÉTICA”**

**Autor:** Gutiérrez Mestanza, Damián Alejandro

**Tutora:** Lcda. Mg. Espín Pastor, Victoria Estefanía

**Fecha:** Ambato, Marzo, 2023

**RESUMEN**

La neuropatía periférica diabética es una de las complicaciones a largo plazo de la diabetes causada por la disfunción de los nervios motores y sensoriales periféricos debido a las secuelas de la enfermedad puede causar daños en la biomecánica de la marcha. Por lo cual se planteó como objetivo determinar el efecto de un programa de ejercicios para mejorar la biomecánica de la marcha en pacientes con neuropatía periférica diabética.

La metodología usada fue un enfoque cuantitativo de intervención analítica ya que tiene más de dos variables, prospectivo y longitudinal. La intervención duro 8 semanas con una evaluación inicial y final. La población estaba conformada de 17 pacientes. La intervención fue de ejercicios de miembro inferior y reeducación de la marcha.

Los resultados obtenidos con el test Observational Gait Analysis, en las diferentes variables no muestran cambios significativos también en las características de la marcha se midió la velocidad de la marcha, la cadencia y zancada en donde se vio cambios significativos favorables en la cadencia, donde se muestra un valor de  $p > 0,000$  esto en comparación de la evaluación inicial y final.

Se concluyó que los ejercicios pueden ayudar a mejorar la biomecánica de la marcha en los adultos mayores con neuropatía diabética reduciendo el tiempo entre zancadas, cadencia y velocidad de la marcha logrando mejorar la calidad de vida.

**PALABRAS CLAVES:** NEUROPATÍA, DIABETES, BIOMECÁNICA, CADENCIA, ZANCADA.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO**  
**HEALTH SCIENCES FACULTY**  
**PHYSIOTHERAPY CAREER**

**“EXERCISE PROGRAM TO IMPROVE THE BIOMECHANICS OF GAIT IN  
PATIENTS WITH DIABETIC PERIPHERAL NEUROPATHY”**

**Author:** Damián Alejandro Gutiérrez Mestanza

**Tutor:** Lcda. Mg. Espín Pastor, Victoria Estefanía

**Date:** Ambato, March 2023

**SUMMARY**

Diabetic peripheral neuropathy is one of the long-term complications of diabetes caused by dysfunction of the peripheral motor and sensory nerves because the sequelae of the disease can damage the biomechanics of gait. Therefore, the objective was to determine the effect of an exercise program to improve the biomechanics of gait in patients with diabetic peripheral neuropathy.

The methodology used was a quantitative approach of analytical intervention since it has more than two variables, prospective and longitudinal. The intervention lasted 8 weeks with an initial and final evaluation. The population consisted of 17 patients. The intervention consisted of lower limb exercises and gait re-education.

The results obtained with the Observational Gait Analysis test, in the different variables do not show significant changes, also in the characteristics of the march, the speed of the march, the cadence and stride were measured, where significant favorable changes were seen in the cadence, where shows a value of  $p = >0.000$  this in comparison of the initial and final evaluation.

It was concluded that the exercises can help improve the biomechanics of gait in older adults with diabetic neuropathy by reducing the time between strides, cadence and gait speed, thus improving the quality of life.

**KEY WORDS:** NEUROPATHY, DIABETES, BIOMECHANICS, CADENCE, STRIDE.

## INTRODUCCIÓN

La diabetes se ha convertido en un problema epidémico en el siglo XXI. Según la Federación Internacional de Diabetes, se prevé que la población mundial de pacientes con diabetes alcance un nivel pandémico de 366 millones para 2030, el doble que en el 2000. La neuropatía periférica diabética (NPD) es la complicación diabética más común, la más forma común de neuropatía y la principal causa de discapacidad, ulceración del pie y daños biomecánicos en la marcha. Además, del 20% al 30% por ciento de los pacientes con DPN sufren dolor neuropático que a menudo es crónico, severo y difícil de tratar y manejar. Este dolor afecta negativamente la calidad de vida y supone una carga importante, aumentando los costes sanitarios asociados (1).

A nivel global, la diabetes se ha convertido en una crisis mundial de salud pública. La Federación Internacional de Diabetes estimó que había 451 millones de personas de 18 a 99 años de edad con diabetes en todo el mundo en 2017. Aproximadamente entre el 85 % y el 95 % de los pacientes son diagnosticados con diabetes mellitus tipo 2 en países de ingresos altos. La proporción puede ser mayor en otros países con ingresos más bajos (2).

En África la diabetes mellitus tipo 2 se está convirtiendo cada vez más en una importante carga sanitaria de enfermedades crónicas en África. En 2011, se estimó que alrededor de 14 millones de personas tenían diabetes en África, y se espera que aumente a 28 millones. En Libia, según la Encuesta de factores de riesgo de enfermedades no transmisibles de 2009 que se realizó en Libia, la prevalencia de pacientes diabéticos conocidos fue del 16,4 % (3).

En el Ecuador, el reporte declara que la prevalencia de la enfermedad de la diabetes en adultos entre 20 a 79 años es del 8.5 % (4). Desafortunadamente, la neuropatía periférica diabética a menudo se diagnostica tarde cuando se ha producido una lesión nerviosa irreversible y su primera presentación puede ser una úlcera del pie diabético. Se encuentran disponibles varias técnicas de diagnóstico novedosas que pueden complementar la evaluación clínica y ayudar a la detección temprana de neuropatía periférica diabética. Por ello es importante proponer nuevos tratamientos que ayuden en esta patología (5).

Debido a la neuropatía periférica diabética se producen varias alteraciones en la biomecánica de la marcha, que contribuyen a las alteraciones del equilibrio que sustentan las caídas. Los cambios en la marcha con diabetes ocurren incluso antes del inicio de la neuropatía periférica diabética, pero los cambios se vuelven mucho más marcados con la DPN. Las alteraciones de la marcha incluyen alteraciones en la velocidad de la marcha, la longitud del paso, el ancho del paso y los rangos de movimiento de las articulaciones. Estas alteraciones también impactan las fuerzas de rotación alrededor de las articulaciones, producen debilidad muscular con estos antecedentes se ha visto la necesidad de realizar la investigación (6).

Por ello en la investigación se planteó como hipótesis ¿El programa de ejercicios puede mejorar la biomecánica de la marcha en pacientes con neuropatía periférica diabética?

## CAPITULO I

### MARCO TEORICO

#### 1.1 Antecedentes Investigativos

##### **Effectiveness of Exercise Therapy on Gait Function in Diabetic Peripheral Neuropathy Patients: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials**

Haimanot Melese, et al; en el año 2020, el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, indica que la investigación fue realizada en Mekellen, cuyo objetivo fue revisar la evidencia actual sobre la efectividad de la terapia con ejercicios sobre la función de la marcha en pacientes con neuropatía periférica diabética. En esta revisión se incluyeron ensayos controlados aleatorios realizados para determinar la efectividad del tratamiento con ejercicios sobre la función de la marcha en pacientes con neuropatía diabética. La calidad metodológica de los estudios evaluaron mediante la escala PEDro y el enfoque GRADE. La calidad metodológica general de los estudios calificó de moderada a alta. Las medidas de resultado primarias de las funciones de la marcha fueron la prueba de marcha de seis minutos, la prueba de marcha de 10 metros y la escala de Tinetti.

Se concluyó que la terapia con ejercicios mejora la función de la marcha. Los programas de entrenamiento con ejercicios específicos, que incluyen el rango de movimiento, el fortalecimiento muscular, el entrenamiento en circuito, los ejercicios de estiramiento, la marcha y los ejercicios de equilibrio, pueden mejorar la marcha de los pacientes diabéticos con neuropatía periférica (7).

##### **Effects of a 12-Week Interventional Exercise Programme on Muscle Strength, Mobility and Fitness in Patients with Diabetic Foot in Remission.**

Eliska Vrátná et al; en el año 2022, el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, el propósito de este estudio fue evaluar el efecto de un programa de ejercicio intervencionista sobre parámetros antropométricos, fuerza muscular, movilidad y condición física en pacientes con pie diabético en remisión. La población utilizada fue 38 pacientes con diabetes tipo dos, todos los sujetos fueron aleatorizados usaron ejercicio de 12 semanas que se centró en la movilidad del tobillo y las articulaciones pequeñas del pie, el fortalecimiento y estiramiento de los

músculos de las extremidades inferiores y mejoras en el estado físico. Los resultados fueron según el Cuestionario de actividad física (IPAQ), el grupo I fue más activo cuando se trataba de actividad física intensa y moderada después de la intervención en comparación con el grupo C. El grupo I mejoró significativamente en la flexibilidad de las articulaciones más grandes en comparación con los controles.

Concluyeron que el programa estructurado de ejercicios condujo a una mejora en la flexibilidad de las articulaciones grandes, la fuerza muscular y el estado físico. La intervención se diseñó específicamente para que fuera fácil de implementar y que los participantes se sintieran motivados a mejorar su desempeño. La mayoría de los pacientes en el grupo intervenido informaron mejoras subjetivas en la función musculoesquelética, el estado de ánimo y un mayor deseo de extender su tiempo de ejercicio o caminata después del estudio (8).

#### **Effect of Exercise with Rhythmic Auditory Stimulation on Muscle Coordination and Gait Stability in Patients with Diabetic Peripheral Neuropathy: A Randomized Controlled Trial**

Keisuke Suzuki et al; en el año 2019, el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, el propósito de la investigación es determinar si la estimulación auditiva rítmica (RAS) afectaba el rendimiento de la marcha de los pacientes con neuropatía periférica diabética. La población fue asignada aleatoriamente a grupos de control y estimulación auditiva rítmica en números iguales. Los participantes de cada grupo se sometieron a 2 semanas de tratamiento de rehabilitación supervisado 40 min/día como pacientes hospitalizados. Esto incluyó caminar dos veces al día, durante el cual los participantes del grupo de estimulación auditiva rítmica caminaron al ritmo de un metrónomo ajustado a un ritmo cómodo y elegido por ellos mismos. La evaluación consistió en la co-contracción muscular de las extremidades inferiores y la estabilidad de la marcha antes y después de la intervención para ambos grupos. Como resultados obtuvieron una mejora significativa en todos los parámetros. En el grupo de control, no hubo mejoras en la cadencia, la co-contracción o la estabilidad de la marcha. En comparación con el grupo de control, el grupo de estimulación auditiva rítmica mostró una mejora en la co-contracción y la estabilidad de la marcha.

Concluyen que la estimulación auditiva rítmica puede ser útil para mejorar la fuerza muscular de las extremidades inferiores y la función de la marcha de los pacientes con neuropatía periférica diabética (9).

### **Effect of Ankle Proprioceptive Training on Gait and Risk of Fall in Patients With Diabetic Neuropathy: A Randomized Controlled Trial**

Nagwa Ibrahim Rehab et al; en el año 2019, el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, el estudio tenía como propósito investigar el efecto del entrenamiento propioceptivo del tobillo sobre la marcha y el riesgo de caídas en pacientes con neuropatía diabética. La población fue de treinta pacientes con neuropatía diabética de ambos sexos, con edades comprendidas entre 50 y 65 años, fueron asignados aleatoriamente a un grupo de estudio o de control. El grupo de estudio recibió entrenamiento propioceptivo del tobillo además de los ejercicios de fisioterapia tradicionales, mientras que el grupo de control recibió solo ejercicios de fisioterapia tradicionales, tres sesiones a la semana durante ocho semanas. Se evaluaron los parámetros espaciotemporales de la marcha (velocidad de marcha (cm/seg), longitud del paso del miembro dominante (cm), tiempo de paso (seg), cadencia (paso/min) y tiempo de doble apoyo (seg) y riesgo de caída para todos los pacientes en ambos grupos antes y después del programa de tratamiento. Los resultados fueron que no hubo diferencia significativa entre ambos grupos en los valores medidos previos al tratamiento de todas las variables medidas. Se observó una mejora significativa en los dos grupos entre los resultados medidos antes y después del tratamiento. Además, el grupo de estudio registró una mejoría significativamente mayor en todas las variables medidas en comparación con el grupo de control.

Concluyen que el entrenamiento propioceptivo del tobillo podría ser un excelente complemento a los ejercicios tradicionales de fisioterapia utilizados para mejorar la marcha y reducir el riesgo de caídas en pacientes con neuropatía diabética (10).

### **Structured exercise program on Foot Biomechanics & Insulin Resistance among people living with type 2 diabetes with and without peripheral neuropathy**

Amaravadi Sampath Kumar et al; en el año 2019, el tipo es un ensayo clínico aleatorizado, el propósito es diseñar y determinar la eficacia de un programa de ejercicio estructurado sobre la cinética y la cinemática del pie en participantes con diabetes tipo 2. La población fue un total de 35 participantes con diabetes tipo 2. Todos los participantes fueron examinados clínicamente y bioquímicamente mediante la prueba de monofilamento de 10 g, biotensiómetro y prueba muscular manual. También se utilizó el Instrumento de detección de neuropatía de Michigan (MNSI) para cada participante. Los parámetros cinéticos y cinemáticos se midieron mediante la presión plantar promedio, la presión plantar máxima, la presión del antepié y del retropié se midieron tanto estática como dinámicamente. Para medir este parámetro se utilizó el software Wintrack Medicauteur Francia, EE. UU. La fuerza muscular de los músculos de las extremidades inferiores como los flexores de la cadera, los extensores de la cadera, los abductores de la cadera, los cuádriceps, los isquiotibiales, los dorsiflexores del tobillo, los flexores plantares del tobillo, los eversores del tobillo y los músculos intrínsecos del pie (extensores del dedo gordo del pie, lumbricales e interóseos) se midieron mediante la prueba muscular manual. Y se les administró un conjunto de programas de ejercicios estructurados, tres veces por semana durante 12 semanas junto con atención médica estándar. Los resultados obtenidos son la edad media de los participantes fue de 56 años sin neuropatía y 62 años con neuropatía, el índice de masa corporal medio fue de 26 los que no tenían neuropatía y 24 los que tenían neuropatía. Se han observado diferencias significativas en variables cinéticas y cinemáticas. El efecto de los ejercicios sobre la cinemática fue similar a la cinética. Se encontró que hubo cambios significativos en el rango de dorsiflexión del tobillo en diferentes fases del ciclo de la marcha (estático, contacto con el talón, soporte medio y despegue de los dedos). Hubo un cambio significativo en el rango de movimiento estático en el tobillo para el participante con neuropatía, lo que sugiere que el estiramiento de la pantorrilla y el fortalecimiento de los dorsiflexores del tobillo fueron muy efectivos.

Se concluye que el protocolo de ejercicio estructurado es muy efectivo para mejorar la biomecánica del pie en personas con diabetes tipo 2 con y sin neuropatía. Podría ayudar a corregir la estructura y la función del pie y, finalmente, podría reducir el riesgo de complicaciones en los pies, como las úlceras del pie diabético (11).

**Rehabilitation technology for self-care: Customised foot and ankle exercise software for people with diabetes**

Jane Ferreira et al; en el año 2019, el tipo de investigación es un ensayo clínico aleatorizado, el propósito del estudio es desarrollar y validar el contenido de un software Diabetic Foot Guidance System (SOPED) gratuito basado en web para el autocontrol y ejercicios personalizados de pie-tobillo para personas con diabetes y neuropatía diabética. La metodología usada fue el desarrollo del programa se basó en principios de gamificación y abordó tres áreas principales: recomendaciones para el cuidado de los pies; autoevaluación de pies según las principales complicaciones de la neuropatía diabética; y ejercicios personalizados de pie y tobillo para fortalecer los músculos, aumentar el rango de movimiento y mejorar la funcionalidad. Los resultados obtenidos son que el 90,3% de los especialistas estuvo de acuerdo con las particularidades del software web, el 5,6% no estuvo de acuerdo ni en desacuerdo y solo el 4,2% estuvo en desacuerdo con algunos aspectos.

Se concluye que en base a evidencia científica y en un alto nivel de acuerdo entre expertos en salud y usuarios con diabetes. SOPED puede ser recomendado por un equipo interdisciplinario y es un modelo preventivo gratuito que puede implementarse en atención primaria y secundaria como tratamiento complementario para la neuropatía periférica diabética. Se recomiendan pasos adicionales para validar el software en una población más grande (12).

**Foot–ankle therapeutic exercise program can improve gait speed in people with diabetic neuropathy: a randomized controlled trial**

Renan Monteiro et al; en el año 2022, el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, manifiestan que el objetivo es determinar si un programa de ejercicios terapéuticos para pies y tobillos puede mejorar la actividad física diaria y la velocidad de marcha rápida y autoseleccionada en personas con neuropatía periférica diabética. La metodología usada fue un ensayo controlado aleatorizado simple ciego y análisis por intención de tratar, 78 voluntarios, se asignaron a un grupo de control, que recibió la atención habitual, y un grupo de intervención, que recibió la intervención tuvo una duración de 12 semanas, los resultados obtenidos fueron el número de pasos y la velocidad de marcha autoseleccionada no cambiaron significativamente en ninguno de los grupos. Los ejercicios terapéuticos de pie y tobillo de 12 semanas mejoraron significativamente la velocidad de la marcha rápida, el rango de movimiento del tobillo y la percepción de vibraciones, en comparación con atención habitual a las 12 semanas.

Concluyen que el programa puede ser una estrategia de tratamiento complementari los déficits musculoesqueléticos y funcionales relacionados con la neuropatía periférica diabética (13).

**Short-term strength and balance training does not improve quality of life but improves functional status in individuals with diabetic peripheral neuropathy: a randomised controlled trial**

Kavita Venkataraman et al; en el año 2019, el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, el objetivo de este estudio fue probar la efectividad de una intervención estructurada de entrenamiento de fuerza y equilibrio para mejorar la calidad de vida en personas con neuropatía periférica diabética. La metodología usada fue un ensayo controlado aleatorio simple ciego de grupos paralelos que comparó 2 meses de entrenamiento de fuerza y equilibrio en el hogar una vez por semana con la terapia médica estándar. El instrumento utilizado fue la escala de calidad de vida (SF-36v2) y la puntuación del índice EQ-5D-5L que de la misma forma mide la calidad de vida. Los participantes eran pacientes con diabetes tipo 2 diagnosticada por un médico. En cuanto a los resultados no fueron significativos.

En conclusión, llegan que el entrenamiento estructurado de fuerza y equilibrio a corto plazo no influyó en la calidad de vida, pero produjo mejoras sostenidas en el estado funcional y la confianza en el equilibrio a los 6 meses. Es posible que se necesiten intervenciones más intensivas para influir en la Calidad de vida de estos individuos. Sin embargo, esta intervención puede ser una opción de tratamiento útil para personas con neuropatía periférica diabética para reducir el riesgo de caídas y lesiones (14).

**Effect of different exercise training intensities on musculoskeletal and neuropathic pain in inactive individuals with type 2 diabetes - Preliminary randomised controlled trial**

Emily R Cox et al; en el año 2020 el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, el propósito del estudio fue investigar si el ejercicio de diferentes intensidades conduce a cambios en el dolor musculoesquelético o síntomas de neuropatía diabética en personas inactivas con diabetes tipo 2. La población estaba conformada de 32 adultos inactivos fueron

aleatorizados para recibir atención habitual con entrenamiento continuo de intensidad aeróbica combinado supervisado, o entrenamiento interválico de alta intensidad combinado supervisado. Al inicio y a las 8 semanas, el dolor musculoesquelético y neuropático se evaluó mediante un Cuestionario musculoesquelético nórdico. Se utilizaron pruebas sensoriales cuantitativas para determinar los umbrales de detección térmica, mecánica y de vibración, así como los umbrales de presión del dolor. Los eventos adversos se registraron a lo largo de la intervención. Concluyen que si se utiliza 8 semanas de ejercicios aeróbicos y de resistencia combinados de alta intensidad pueden prescribirse de manera segura para personas inactivas con diabetes mellitus tipo 2 pueden reducir el dolor musculoesquelético pero no los síntomas neuropáticos (15).

### **Comparison of the effect of two therapeutic exercises on the inflammatory and physiological conditions and complications of diabetic neuropathy in female patients**

Maryam Nadi et al; en el año 2019 el tipo de investigación es un ensayo experimental, el propósito de este estudio fue comparar el efecto de 12 semanas de entrenamiento de fuerza de baja intensidad y ejercicios para la neuropatía periférica sobre las condiciones inflamatorias y fisiológicas, el equilibrio y las complicaciones de la neuropatía diabética en pacientes femeninas. La población fue con la participación de 45 mujeres con neuropatía diabética leve a moderada y una edad promedio de 55 años. Fueron asignados aleatoriamente a los grupos de control, resistencia. Para determinar la neuropatía, se utilizaron el instrumento de detección de neuropatía de Michigan y el dispositivo de monofilamento de 10 gramos. Ambos grupos experimentales fueron entrenados durante 12 semanas tres sesiones por semana. El grupo realizó ejercicios neuropáticos periféricos, 12 movimientos de extremidades inferiores, y el grupo de resistencia realizó sus ejercicios con un máximo de 30% de repeticiones. Durante el período de intervención, el grupo control solo realizó sus actividades diarias. Los resultados obtenidos mostraron que los niveles de glucosa disminuyeron tanto en los grupos de intervención, como en los de resistencia, en comparación con el grupo de control. Sin embargo, el aumento observado en los niveles séricos de los dos grupos experimentales no fue significativo.

Concluyen que los ejercicios aeróbicos, a diferencia de los ejercicios de resistencia, se centran en las extremidades inferiores y están diseñados para pacientes con neuropatía diabética, pueden mejorar el desequilibrio, el dolor y el hormigueo (16)

**Protocol for evaluating the effects of a foot-ankle therapeutic exercise program on physical activity, foot-ankle functionality, and biomechanics in people with diabetic polyneuropathy: a randomized controlled trial**

Renan L. Monteiro et al; en el año 2018 el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, el propósito es implementar un protocolo de fisioterapia destinado a fortalecer los músculos intrínsecos y extrínsecos del pie y aumentar la flexibilidad puede ser un enfoque prometedor para mejorar la función de las extremidades inferiores, prevenir complicaciones adicionales y mejorar la autonomía para las actividades de la vida diaria en estos pacientes. Por lo tanto, la inclusión de ejercicios específicos relacionados con los pies centrados en las principales deficiencias musculoesqueléticas puede tener efectos adicionales a las intervenciones convencionales en el pie diabético. La metodología es un ensayo controlado aleatorizado prospectivo, de grupos paralelos, con evaluador de resultados cegado, en 77 pacientes con neuropatía periférica que se asignarán al azar a la atención habitual con ejercicios supervisados de pie y tobillo con el objetivo de aumentar fuerza y flexibilidad dos veces por semana durante 12 semanas y ejercicios de pie-tobillo supervisados remotamente durante un año a través de un software web. Los pacientes serán evaluados 5 veces en un período de 1 año con respecto al nivel de actividad física diaria, velocidades de marcha rápidas y autoseleccionadas.

Concluye que arroja datos importantes sobre la efectividad del entrenamiento del pie y el tobillo en los niveles de actividad física diaria y los resultados clínicos y biomecánicos. Los resultados pueden contribuir al diseño de futuros estudios sobre cambios clínicos y biomecánicos derivados del fortalecimiento del complejo pie-tobillo (17).

**Effect of an educational booklet for prevention and treatment of foot musculoskeletal dysfunctions in people with diabetic neuropathy**

EQ Silva et al; en el año 2020 el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, el propósito del estudio es evaluar los efectos de un folleto educativo para el cuidado de los pies y el fortalecimiento de los músculos del pie sobre los síntomas y la gravedad de la neuropatía periférica diabética, los resultados clínicos y la biomecánica de la marcha en pacientes con neuropatía periférica diabética. La metodología usada es un ensayo controlado aleatorio simple ciego de dos brazos paralelos. Incluirá a 48 pacientes con neuropatía periférica diabética que serán

asignados aleatoriamente a un grupo de control y un grupo de intervención. Los p  
ambos grupos serán evaluados al inicio, después de 8 semanas y a las 16 semanas para el  
seguimiento. Los resultados primarios son los síntomas y la gravedad de la neuropatía periférica  
diabética, y los resultados secundarios son la cinemática del pie-tobillo, la cinética de la marcha,  
la distribución de la presión plantar durante la marcha, las sensibilidades táctiles y vibratorias, la  
fuerza del pie, el equilibrio funcional y la salud y funcionalidad del pie.

Concluyen que los ejercicios realizados regularmente son un elemento importante en el manejo  
del pie diabético. Y produzca cambios biomecánicos beneficiosos durante la marcha,  
convirtiéndose en una poderosa herramienta de autocontrol que se puede implementar fácilmente  
para mejorar el desempeño de las tareas de la vida diaria (18).

### **Physical Exercise in Patients with Diabetic Peripheral Neuropathy**

Riani Dwiastuti et al; en el año 2021 el tipo de investigación es un ensayo experimental, manifiesta  
que la neuropatía diabética periférica es una complicación común de la diabetes mellitus de larga  
evolución y es una enfermedad progresiva e irreversible. Ocurre en el 40% y 59% de la población total  
con diabetes, en general. La metodología usada fue experimental. Los resultados son que la fisioterapia  
puede mejorar la calidad de vida general de los pacientes con neuropatía diabética. Los test que usaron  
fue midiendo el valor del entumecimiento usando la escala numérica del dolor, midiendo la fuerza  
muscular en las extremidades inferiores con el Five Time Sit to Stand Test, midiendo el equilibrio  
estático con el test Clínico de Integración Sensorial y Equilibrio modificado y dinámicamente usando  
el Time Up and Go también, puede mejorar la fuerza muscular, la movilidad de las articulaciones, el  
equilibrio, la coordinación y la función física; cuando se realiza con regularidad, puede reducir el dolor  
neuropático y ayudar a controlar los niveles de azúcar en la sangre.

Concluyen que los ejercicios de marcha y equilibrio con programas de fortalecimiento orientados a la  
función están dirigidos a mejorar simultáneamente el equilibrio y la marcha en pacientes diabéticos,  
el ejercicio puede mejorar los factores macro y microvasculares en la diabetes. Los ejercicios de  
fortalecimiento son importantes para reducir la debilidad de las extremidades inferiores, que es un  
factor de riesgo de caídas en pacientes con neuropatía diabética periférica (19).

**Feasibility and Preliminary Efficacy of a Foot-Ankle Exercise Program Aiming to Improve Foot-Ankle Functionality and Gait Biomechanics in People with Diabetic Neuropathy: A Randomized Controlled Trial**

Renan L. Monteiro et al; en el año 2020 el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, el propósito fue ver si los ejercicios de movilidad y fortalecimiento del pie y el tobillo son parte de las recomendaciones de las guías internacionales para personas con riesgo de enfermedad del pie diabético. Examinaron la viabilidad y la eficacia preliminar de un programa de ejercicios de pie y tobillo de 12 semanas sobre los resultados clínicos, funcionales y biomecánicos en personas con neuropatía diabética. Asignaron al azar a 30 personas. Para evaluar la eficacia del programa, evaluaron los cambios desde el inicio hasta las 12 semanas en el nivel de actividad física diaria, la velocidad de la marcha, la sensibilidad táctil, el rango de movimiento del tobillo, los síntomas, la calidad de vida, la salud y funcionalidad del pie, la fuerza del pie y la presión plantar durante la marcha.

Concluyen que el programa de ejercicios fue factible, basado en una tasa de reclutamiento moderada y una población adherente y satisfecha, y la intervención mostró varios efectos preliminares positivos a lo largo del tiempo en comparación con la atención habitual y mejoría en la biomecánica de la marcha (20).

**The Effect of Neuropathy and Diabetes Type on Multisegment Foot Kinematics: A Cohort Study on 70 Participants with Diabetes**

Paolo Caravaggio et al; en el año 2021 el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, el propósito fue conocer la biomecánica de las extremidades inferiores de las personas con diabetes, los efectos del tipo de diabetes y de la neuropatía periférica en la cinemática de la articulación del pie. Un total de 70 pacientes con diabetes mellitus tipo 1 con y sin neuropatía periférica, se sometieron a una evaluación funcional a través del análisis de la marcha utilizando un modelo cinemático de pie multisegmento establecido. Para evaluar las diferencias en el rango de movimiento (ROM) de las articulaciones del pie entre los grupos con diabetes y un grupo de control teniendo en cuenta los efectos de la edad, el índice de masa corporal (IMC) y la velocidad

de marcha normalizada. Se utilizó el mapeo paramétrico estadístico para evaluar los patrones temporales del movimiento de la articulación del pie a lo largo del ciclo de marcha normalizado.

Concluyen que se encontraron correlaciones pequeñas pero significativas entre la edad, el IMC, velocidad y ROM de las articulaciones del pie. Independientemente del tipo de diabetes y la presencia de neuropatía, todos los subgrupos con diabetes mostraron un ROM limitado en las articulaciones mediotarsianas y tarsometatarsianas (21).

### **Beneficial Low-Intensity Exercises in Diabetic Peripheral Neuropathy Patients**

Jody K. Takemoto en el año 2019 el tipo de investigación es un ensayo experimental, el propósito de esta revisión es determinar si los ejercicios de baja intensidad demuestran una mejoría en los síntomas de la neuropatía periférica diabética para poder utilizar estos ejercicios como punto de partida para los pacientes inactivos. Los estudios de esta investigación han demostrado que los ejercicios de resistencia de baja intensidad tienen resultados prometedores, como mejoras en la interferencia del dolor con las actividades diarias, umbrales del dolor y reducciones en los síntomas de neuropatía.

Se concluyó que además del acondicionamiento aeróbico, la declaración conjunta del Colegio Americano de Medicina Deportiva, recomienda 2 o 3 días de entrenamiento de resistencia de grupos de músculos grandes a la semana. Este entrenamiento debe incluir un mínimo de 1 serie de 5 o más ejercicios de resistencia. También se deben incluir ejercicios de flexibilidad porque abordan las limitaciones del rango de movimiento de las articulaciones, particularmente en el tobillo, la cadera y el hombro. Finalmente, un examen musculoesquelético completo realizado por un fisioterapeuta puede identificar las necesidades individuales que deben abordarse para maximizar la alineación de las articulaciones y minimizar las lesiones relacionadas con el movimiento (22).

### **The Evaluation of Gait and Balance for Patients with Early Diabetic Peripheral Neuropathy: A Cross-Sectional Study**

Jiang X et al; en el año 2022 el tipo de investigación es un ensayo clínico de control. El propósito del estudio es conocer la implicación de la neuropatía periférica diabética (DPN) en la marcha y el equilibrio. Se evaluaron un total de 11 parámetros dinámicos de marcha, equilibrio y electrofisiológicos en 176 participantes. Los parámetros biomecánicos se compararon entre grupos. El rendimiento de la marcha y el equilibrio se evaluaron utilizando tecnología de sensor corporal validada. La longitud y la velocidad de la zancada fueron significativamente menores en todos los subgrupos de DPN en comparación con los sujetos sanos. La fase de postura y la fase de doble apoyo fueron significativamente más altas, pero la fase de balanceo fue significativamente más baja en todos los subgrupos de DPN que en sujetos sanos.

Concluyen que los parámetros biomecánicos anormales existían en las primeras etapas de los pacientes con DPN. El equilibrio estático en condiciones de ojos abiertos y ojos cerrados se mantiene mediante la estrategia de compensación de la articulación del tobillo y la estrategia de protección de la articulación de la cadera. Una evaluación temprana y un mejor manejo del riesgo son fundamentales para los pacientes diabéticos con una historia de más de 5 años, incluso sin síntomas y signos clínicos de NPD (23).

**Altered Achilles tendon function during walking in people with diabetic neuropathy:  
implications for metabolic energy saving**

M Petrovic et al; en el año 2018 el tipo de investigación es un ensayo experimental el propósito del estudio es investigar los efectos de la diabetes y la neuropatía periférica diabética (NPD) en el comportamiento de la unidad músculo tendón del tendón flexor plantar y el tendón de Aquiles durante la marcha. Los 23 pacientes diabéticos sin neuropatía periférica y 13 pacientes con DPN moderada a grave se sometieron a un análisis de la marcha utilizando un sistema de análisis de movimiento, placas de fuerza y mediciones de ultrasonido del músculo gastrocnemio, utilizando un modelo muscular para determinar los cambios en la longitud del tendón de Aquiles y del músculo tendón. Durante la marcha, el grupo control y particularmente el grupo de intervención mostraron significativamente menos elongación del tendón de Aquiles. Las fuerzas del tendón de Aquiles fueron significativamente más bajas en los grupos de diabetes en comparación con los controles.

Concluyen que a partir de las mediciones tomadas al caminar, observamos que Aquiles en personas con diabetes y, en particular, en personas con neuropatía periférica diabética, era más rígido, estaba menos alargado y estaba sujeto a fuerzas menores en comparación con los controles sin diabetes. Estas propiedades alteradas del tendón de Aquiles en personas con diabetes reducen la capacidad de ahorro de energía del tendón y contribuyen al mayor costo de energía metabólica de caminar en estos pacientes (24).

### **Sensory-Motor Mechanisms Increasing Falls Risk in Diabetic Peripheral Neuropathy**

Neil D. Reeves et al; en el año 2021 el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, el propósito del estudio es determinar cómo los déficits sensoriales y motores asociados con la neuropatía periférica diabética (DPN) sustentan las alteraciones biomecánicas del patrón de marcha, que contribuyen a las alteraciones del equilibrio que sustentan las caídas. La población estaba conformada de 40 pacientes los cuales fueron elegidos aleatoriamente. Los cambios en la marcha con diabetes ocurren incluso antes del inicio de la neuropatía periférica diabética medible, pero los cambios se vuelven mucho más marcados con la neuropatía periférica diabética. Las alteraciones de la marcha con diabetes y neuropatía periférica diabética incluyen alteraciones en la velocidad de la marcha, la longitud del paso, el ancho del paso y los rangos de movimiento de las articulaciones. Estas alteraciones también impactan las fuerzas de rotación alrededor de las articulaciones conocidas como momentos de articulación, que se reducen como parte de una estrategia natural para reducir las demandas musculares de la marcha para compensar las capacidades de fuerza más bajas debido a la diabetes y la DPN. La debilidad muscular y la atrofia son más llamativas en pacientes con DPN, pero también están presentes en pacientes con diabetes no neuropática, y afectan no solo a los músculos distales del pie y el tobillo, sino también a los músculos proximales del muslo.

Concluyen que los déficits sensoriales y motores causados por la neuropatía periférica diabética sustentan los cambios en la forma de andar que provocan un deterioro del equilibrio y aumentan el riesgo de caídas. La debilidad muscular y la atrofia son frecuentes en los pacientes con diabetes, pero son más marcadas en aquellos con DPN en comparación con sus contrapartes no neuropáticas y son evidentes tanto en las regiones distales como proximales de las extremidades inferiores (6).

## **Influence of Contoured Insoles with Different Materials on Kinematics and Kinetics Changes in Diabetic Elderly during Gait**

Qiu-Qiong Shi et al; en el año 2022 el tipo de investigación es un ensayo clínico de control aleatorizado, el propósito es comparar cuantitativamente los efectos de plantillas contorneadas con diferentes materiales sobre la cinemática y los cambios cinéticos en ancianos diabéticos durante la marcha. La población es de 21 pacientes diabéticos participaron en este estudio. Plantillas contorneadas experimentales tridimensionales (3D) fabricadas con materiales blandos. Los puntos de referencia del modelo de marcha de la parte inferior del cuerpo se utilizaron para la adquisición de datos dinámicos durante la marcha. Se seleccionaron y calcularon los datos correspondientes de cinco ciclos de marcha. Los resultados fueron El rango de movimiento (ROM) de la articulación del tobillo y la articulación de la rodilla fue significativamente influenciada cuando se usaron las plantillas contorneadas en comparación con la condición descalzo. Los momentos articulares de los miembros inferiores con máxima flexión plantar de tobillo durante la respuesta de carga y máximas flexiones de rodilla y cadera fueron significativamente influenciados por el uso de plantillas contorneadas con diferentes materiales en ancianos diabéticos.

Concluyen que las plantillas contorneadas, especialmente las construidas con materiales blandos, descargaron significativamente el patrón cinemático durante la marcha, por lo que se adaptaron a ciertos patrones de marcha anormales de manera más efectiva en comparación con andar descalzo (25).



## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de un programa de ejercicios para mejorar la biomecánica de la marcha en pacientes con neuropatía periférica diabética.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la marcha en los pacientes con neuropatía periférica diabética mediante Observational Gait Analysis.
- Aplicar el programa de ejercicios en pacientes con neuropatía periférica diabética.
- Analizar los resultados de la biomecánica de la marcha en paciente con neuropatía periférica diabética posterior a la intervención del programa de ejercicios.

## CAPITULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1. Materiales

En la investigación se utilizó fichas y test de evaluación los cuales ayudan en el proceso de recolección de la información para conocer cuáles son los cambios que se producen durante la intervención.

##### 2.1.1. Materiales para la evaluación:

El test que se utilizó en la indagación es el Observational Gait Analysis, en donde permitió analizar la marcha, y permite explicar las características de la marcha mediante la observación dentro de la marcha se debe medir la velocidad de la marcha, la cadencia y zancada con el significado funcional a continuación se indago las características temporales y espaciales de la población en estudio. El test tiene diferentes variables en donde mediante la observación se va marcando si presenta daño en las diferentes estructuras que actúan en la biomecánica de la marcha. Es decir facilita que mediante imágenes y videos se pueda investigar ampliamente la marcha para mejorar la evaluación de pacientes con problemas en este ámbito (26).

**Validez:** El Observational Gait Analysis es aceptable con un 95% de confiabilidad la estadística se estableció que la significancia en un valor de p menor a 0,05 (26). **(Anexo 4).**

Así también se usó el programa Kinovea que sirven para analizar los vídeos e imágenes, creado para medir características de la marcha. Es un software el cual permite medir y evaluar el movimiento de las articulaciones. La fiabilidad test-retest mostró una correlación excelente en los parámetros de longitud de paso, longitud de zancada, tiempo de paso y tiempo de zancada con un 90% de validez (27) .

#### 2.2. Equipos

- Fichas de evaluación test Observational Gait Analysis
- Grabadora de videos (cámara de celular 108MP Ultra Clear Triple cámara)

- Computador
- Software Kinovea V 0.7.10

## **2.3. Métodos**

### **2.3.1. Tipo de Investigación**

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo ya que se está usando bases estadísticas descriptivas para conocer los cambios en los pacientes mediante los datos recolectados. La investigación fue de intervención analítica ya que tiene más de dos variables. Es longitudinal donde las variables de la investigación pueden cambiar durante el transcurso del estudio (28). La investigación fue prospectivo ya que se explicara los datos que están sucediendo a medida que se produjo la intervención.

### **2.3.2. Ubicación**

#### **Área de estudio**

**Provincia:** Tungurahua

**Cantón:** Ambato

**Lugar:** El Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Atahualpa, El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cevallos

**Ámbito de estudio:** Salud humana epidemiología y salud pública

### **2.3.3. Población y muestra**

La investigación estaba conformada de 34 pacientes con neuropatía periférica diabética. La intervención duro 8 semanas con la aplicación de una evaluación inicial y final, del total de la muestra finalizan 17 pacientes. Las razones del ausentismo de los demás pacientes es por factores económicos, familiares, movilización y personales.

#### **2.3.3.1. Criterios de inclusión**

- Adultos de 30 años en adelante
- Adultos con diabetes de tipo II con neuropatía periférica diabética.
- Adultos de sexo femenino y masculino

### **2.3.3.2. Criterios de exclusión**

- Adultos con lesiones recientes en miembro inferior que no puedan realizar la intervención
- Adultos con inmovilización en miembro inferior
- Adultos que tienen prótesis en miembros inferiores
- Adultos que presentan amputación de miembros inferiores

### **2.3.4. Descripción de la intervención y procedimientos para la recolección de información.**

La investigación se realizó en la parroquia de Atahualpa y Cevallos en donde se les explico a los adultos los objetivos del proyecto. También se indago los criterios de inclusión y exclusión, los que estén de acuerdo en participar en la investigación firmaron el consentimiento informado (**Anexo 3**) en donde se les indico a los pacientes cual es el procedimiento a seguir durante la investigación y que en cualquier momento pueden retirarse del estudio.

Posterior a ello se realizó la evaluación inicial en donde se tomó los datos de los parámetros anteriormente mencionados con el test OGA (**Anexo 4**). Para el test los pacientes se encontraron con ropa cómoda, a continuación se tomó la grabación de videos en donde se analizó la cinemática en dos planos: lateral y frontal.

A continuación se ejecutó una prueba de 10 metros en donde se indago la velocidad, la cadencia y la longitud de zancada para ello se realizara una marcación de 10 metros limitado por 2 m para la aceleración y 2 m para la desaceleración, luego se debe establecer el tiempo recorrido entre los 6 m y contar los pasos para el resultado se utiliza formulas las cuales se pueden ver en (**Anexo 3**) (26).

Seguido de ello se analizó los videos mediante el programa KINOVEA y se va llenando diferentes parámetros de la ficha de evaluación como son la velocidad de la marcha, la cual se la determino en un tiempo específico, la distancia recorrida en (m/seg o m/min), cadencia: en un tiempo establecido el número de pasos (pasos/min) y la longitud de zancada: se determina con el contacto inicial en marcha normal en la misma extremidad. La distancia lineal entre 2 eventos sucesivos. (**Anexo 4**)

En los videos tomados se observó las fases de la marcha es decir, la evaluación te: Contacto inicial, respuesta a la carga, posición media, posición terminal, pre oscilación, oscilación inicial, oscilación media, y oscilación final y se llenó la ficha siguiendo la guía para determinar los problemas que tenga el paciente y poder aplicar el tratamiento respectivo.

El programa se aplicó a los 17 pacientes que consta de ejercicios de miembro inferior y reeducación de la marcha. La distribución de la actividad física es de 8 semanas, la frecuencia es de 3 días a la semana los cuales consisten en 1 día presencial y 2 días se envía ejercicio al domicilio en donde se les ira aumentando el ejercicio de forma paulatina conforme pasan las semanas. El programa consta del ejercicio, duración, frecuencia (**Anexo 5**).

Los datos fueron sistematizados a través del programa IBM SPSS para su tabulación se utilizó la prueba de T-student para la comprobación de hipótesis de investigación.

#### **2.3.5. Aspectos éticos**

El proyecto de investigación se encuentra dentro de los principios de la bioética por ello se realizó un consentimiento informado, fue expuesto y aceptado por parte de los pacientes, en el cual se detalla que existe estrictamente confidencialidad en cuanto a los datos, se desarrolló en base a la beneficencia, justicia y no maleficiencia para los participantes y con ello se procedió a realizar el estudio.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

**Tabla 1.** Datos sociodemográficos

Variable		Frecuencia	Porcentaje (%)
Género	Femenino	13	76%
	Masculino	4	23%
Clasificación de edad	Adulto	4	23%
	Adulto mayor	13	76%
Clasificación IMC	Bajo peso	4	23%
	Sobrepeso	5	29%
	Obesidad	8	47%

**Kilogramo (Kg), Metros (m)**

**Elaborado por:** Damián Gutiérrez

**Fuente:** Guía de observación aplicada

#### Análisis e interpretación

Se observa que la población que participo en la investigación cumpliendo con todas las actividades pautadas para el programa presenta las siguientes características sociodemográficas de la población, se identificó que hubo mayor participación de pacientes femeninas, representando el 76% de la población estudiada total, frente al 23% de género masculino. Con relación a la edad un porcentaje alto eran adultos mayores de 65 años, representando el 76% de la población total y en

menor medida se identificaron pacientes adultos representando el 23%. Con relación a la Masa Muscular se determinó que un porcentaje alto presentaba obesidad, representando el 47% de la población, seguido de las personas con sobrepeso, representando el 29% y finalmente los pacientes con bajo peso siendo este el 23% de los pacientes.

**Tabla 2.** Evaluación de la velocidad antes y después de la intervención

Variable	Evaluación inicial		Evaluación final		Diferencia entre evaluación inicial y final		Variable p
	Media	Desv.Estándar	Media	Desv.Estándar	Media	Desv.Estándar	
<b>Velocidad de marcha</b>	51	1,74	54	1,30	3,48	-0,43	0,026
<b>Cadencia</b>	91	2,79	104,53	3,10	13,21	0,31	0,000
<b>Zancada</b>	1,11	0,02	1,04	0,02	-0,07	-0,00	0,007

**Metros (m), Segundos (s)**

**Elaborado por:** Damián Gutiérrez

**Fuente:** Guía de observación aplicada y análisis de información con SPSS

### **Análisis e interpretación**

Tras realizar la comparación de los datos obtenidos antes y después de aplicar la intervención, se logra observar, que antes el promedio de velocidad de marcha del grupo era de  $51 \pm 1.74$  m/min, mientras que después de la intervención se alcanzó que el promedio del grupo fuese de  $54 \pm 1.30$  m/min, con una diferencia comparativa entre media de  $3.48 \pm -0.43$ . Para valorar la significancia

del estudio, al ser las variables continuas y relacionadas, se aplicó la prueba t-student relacionadas, logrando determinar un p-valor de 0.026.

Con relación a la zancada, tras ejecutar la comparación de los datos obtenidos antes y después de aplicar la intervención, se logra observar, que antes el promedio de zancada del grupo era de  $1.11 \pm 0.28$ , mientras que después de la intervención se alcanzó que el promedio del grupo fuese de  $1.04 \pm 0.02$ , con una diferencia entre medias de  $-0.07 \pm -0.00$ . Se utilizó una prueba estadística llamada t-student para muestras relacionadas para evaluar la significancia de los resultados, y se encontró que el p-valor fue de 0.007.

Finalmente con relación a la cadencia se reconoció que en la evaluación inicial el promedio de cadencia del grupo era de  $91, \pm 2.79$ , mientras que después de la intervención se alcanzó que el promedio del grupo fuese de  $104.54 \pm 0.02$ , con una diferencia de medias de  $13.21 \pm 0.31$ . Se compararon los datos obtenidos antes y después de aplicar una intervención de ejercicios y se identificó que el promedio de cadencia del grupo mejoró significativamente después de la intervención. Utilizando la prueba t-student para muestras relacionadas y se encontró que el p-valor fue de 0.000.

**Tabla 3.** Comparación de los resultados pre y pos del test Observational Gait Analysis

Articulación	Fase de la marcha	Variable	Evaluación inicial		Evaluación final	
			Derecho (%)	Izquierdo (%)	Derecho (%)	Izquierdo (%)
Tobillo	Posición inicial	Pie plano	6%	6%	2%	2%
	Respuesta a la carga	Palmada en el pie	6%	6%	2%	2%
		Dorsiflexion inadecuada	6%	5%	3%	2%
	Soporte terminal	No levantamiento de talón	6%	7%	3%	5%
		Exceso de dorsiflexion	6%	3%	2%	1%
Rodilla	Respuesta a la carga	Genu varo	6%	7%	4%	4%
Cadera	Respuesta a la carga Soporte media, Soporte terminal	Abducción	6%	3%	2%	1%
Pelvis	Balanceo terminal	Exceso de inclinación posterior	3%	3%	1%	1%

Tronco	Balanceo termina	Inclinaciones laterales	3%	3%	1%	1%
--------	------------------	-------------------------	----	----	----	----

**Elaborado por:** Damián Gutiérrez

**Fuente:** Guía de observación aplicada y análisis de información con SPSS

### **Análisis e interpretación**

Tras realizar el proceso de observación cualitativo, se reconoció que en la evaluación inicial la totalidad de la población tenía al menos un parámetro alterado, en el tobillo como dorsiflexión inadecuada, exceso de dorsiflexión, pie plano, palmada en el pie y no levantamiento de talón con un 6% de pacientes presentaban una alteración y al finalizar la intervención de ejercicios se logró disminuir a normal a 1% a 5% de la población. Al respecto de las rodillas, en la evaluación inicial presentaron al menos una alteración en los parámetros evaluados como genu varo en un 6%, y posterior a la aplicación del programa, había una mejora del 4%. A nivel de cadera, se observó alteración en la evaluación inicial en la Abducción con un 6%, mientras que después de la intervención fisioterapéutica, el 1% presentó un parámetro normal. En cuanto a la pelvis, antes del programa tenía alteración en exceso de inclinación posterior con un 3%, mientras que en la evaluación final el 1% presentó mejoría. Finalmente en el tronco se identificó que en la evaluación inicial presentaba afección de al menos un parámetro como exceso de inclinación posterior e inclinaciones laterales con un 3% y tras la intervención el 1% tenía un parámetro normal.

El test consta de otros parámetros los cuales no se les describe por que se encontraban sin alteración. Tras el estudio se observó mejoras significativas en Tobillo, Rodillas, Muslos, Pelvis y Tronco por lo que se podría aseverar que el programa terapéutico generó resultados positivos.

### **3.2. Discusión**

La presente investigación tuvo como propósito determinar el efecto de un programa de ejercicios para mejorar la biomecánica de la marcha en pacientes con neuropatía periférica diabética en adultos del GAD Atahualpa y Cevallos. Por lo cual fue importante indagar que tan importante es el ejercicio en esta patología y si presentaba efectos positivos en la misma

En los resultados obtenidos de la investigación se identificó una mayor participación femeninas, representando el 76%, en la edad un porcentaje alto eran adultos mayores de 65 años, representando el 76% y en el Índice de Masa Muscular se determinó que un porcentaje alto presentaba obesidad, representando el 47% de la población.

La intervención duró 8 semanas se usaron ejercicios de miembro inferior y reeducación de la marcha. La población estaba conformada de 17 pacientes se realizó un test Observacional donde se evaluó los parámetros de referencia de la biomecánica de la marcha se pudo evidenciar que en la velocidad de la marcha hubo una mejoría en el promedio de la evaluación inicial del grupo era de  $51 \pm 1.74$  m/min, mientras que después de la intervención se alcanzó que el promedio del grupo fuese de  $54 \pm 1.30$  m/min, logrando determinar que existen cambios en este parámetro por lo que se puede afirmar que la intervención terapéutica de las estrategias de ejercicios en pacientes con neuropatía periférica diabética generó progreso en el grupo atendido. Los resultados de este estudio son similares a la investigación realizada por Keisuke Suzuki et al; que mostraron que el ejercicio terapéutico mejoró la actividad muscular y la estabilidad de los pacientes con neuropatía periférica diabética durante la marcha. Se encontró que los parámetros de la velocidad de la marcha mejoraron en 85% después de la intervención con un  $58 \pm 1.10$  m/min. Evidenciando que el ejercicio tiene beneficios positivos en estos pacientes (9). Así también Haimanot Melese, et al, indica que la velocidad de la marcha es un parámetro que mejoró en un 88% en este estudio y la terapia con ejercicios mejora la función de la marcha. Los programas de entrenamiento con ejercicios específicos, que incluyen el rango de movimiento, el fortalecimiento muscular, el entrenamiento en circuito, los ejercicios de estiramiento, la marcha y los ejercicios de equilibrio, pueden mejorar la marcha de los pacientes diabéticos con neuropatía periférica (7).

En cuanto a la zancada los datos obtenidos antes y después de aplicar la intervención, se logran observar, que el promedio de zancada del grupo era de  $1.11 \pm 0.20$  mientras que después de la intervención se alcanzó que el promedio del grupo fuese de  $1.04 \pm 0.02$ , con una diferencia entre medias de  $0.07 \pm 0.0$ . Lo que indica que la intervención de fisioterapia tuvo un efecto estadísticamente significativo en la mejora de las zancadas en adultos mayores con neuropatía diabética. Los resultados de este estudio se asemejan al de Amaravadi Sampath Kumar et al, evidencian que el protocolo de ejercicio fue muy efectivo y estadísticamente significativo en donde los grupos experimentales tuvieron un aumento significativo en la duración de la fase de postura,

el tiempo de zancada y la longitud de zancada de aproximadamente un 5%. In ejercicio de entrenamiento de la marcha, el circuito y el equilibrio combinado con el fortalecimiento funcional puede mejorar la marcha de los pacientes diabéticos. Hubo un cambio significativo en el rango de movimiento estático en el tobillo para el participante con neuropatía, lo que sugiere que el estiramiento de la pantorrilla y el fortalecimiento de los dorsiflexores del tobillo fueron muy efectivos (11). En resumen, los ejercicios ayudan a mejorar la forma en que los adultos mayores con neuropatía diabética caminan, reduciendo el tiempo entre zancadas y mejorando la calidad de vida.

Finalmente con relación a la cadencia se reconoció que en la evaluación inicial el promedio de cadencia del grupo era de  $91 \pm 2.7$ , mientras que después de la intervención se alcanzó que el promedio del grupo fuese de  $104.54 \pm 0.0205$ , con una diferencia de medias de  $13 \pm 0.31$ . Los resultados de este estudio se asemejan al de Renan Monteiro et al, llegan a concluir que los ejercicios terapéuticos de pie y tobillo de mejoraron en un 95% la cadencia, el rango de movimiento del tobillo y la percepción de vibraciones y que deben realizarse este tipo de programas como estrategia de tratamiento complementaria para mejorar los déficits musculoesqueléticos y funcionales relacionados con la neuropatía periférica diabética (13). El ejercicio puede ayudar a mejorar la cadencia en adultos mayores con neuropatía diabética, lo que puede contribuir a la prevención de caídas y mejorar la calidad de vida en estos pacientes. Los ejercicios específicos y la terapia física pueden ser utilizados para mejorar la coordinación, equilibrio y la capacidad de caminar en estos pacientes. Además, la fisioterapia puede ayudar a fortalecer los músculos y mejorar la flexibilidad en los pacientes con neuropatía diabética. De la misma forma.

En cuanto al análisis observacional del test se encontró que solo no había afección a nivel de los pies, siendo la estructura más afectada en la biomecánica de la marcha es el tobillo y rodilla en estos pacientes. Con lo mencionado anteriormente se puede ver la importancia del ejercicio terapéutico en la neuropatía periférica diabética. En comparación con el estudio de EQ Silva et al, argumentan que en la biomecánica de la marcha se vieron afectadas las estructuras anatómicas como son principalmente en la rodilla; razón por la cual realizaron ejercicios de movilidad y fortalecimiento del pie y el tobillo son parte de las recomendaciones de las guías internacionales para personas con riesgo de enfermedad del pie diabético. La adherencia al programa fue del 80

% y la satisfacción de los participantes tuvo una media 0,70 sobre 1. El grupo d mejoró significativamente la fuerza de los dedos de los pies, la cadencia y los síntomas de la neuropatía periférica diabética. El programa de ejercicios fue factible, basado en una tasa de reclutamiento moderada y una población adherente y satisfecha, y la intervención mostró varios efectos preliminares positivos a lo largo del tiempo en comparación con la atención habitual

Los resultados indican que el programa de ejercicios mejora la biomecánica de la marcha en pacientes con neuropatía periférica diabética Ayudando a corregir la estructura y la función del pie y reduciendo el riesgo de complicaciones en los pies, como las úlceras del pie diabético con ello mejorando la calidad de vida los pacientes.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- En cuanto a la evaluación inicial de la marcha en los pacientes con neuropatía periférica diabética mediante el test Observational Gait Analysis. Los datos recolectados evidencian que las estructuras que presentan mayor afectación en la biomecánica de la marcha es en el tobillo como en los parámetros dorsiflexión inadecuada, exceso de dorsiflexión, pie plano, palmada en el pie y no levantamiento de talón; en la rodilla se encontraba alteración en genu varo en la cadera la abducción, en la pelvis exceso de inclinación posterior y en el tronco inclinaciones laterales. Así también en cuanto a los parámetros de la marcha se evidenció que hay un deterioro en la cadencia, zancada y velocidad de la marcha lo cual se encontraban los pacientes con variaciones en la biomecánica de la marcha.
- Al aplicar el programa de ejercicios que fueron revisados en artículos científicos y planteados por el autor de esta investigación estos ejercicios eran de miembro inferior y reeducación de la marcha para los pacientes con neuropatía periférica diabética con el fin de mejorar la biomecánica de la marcha, se evidenció un cambio positivo en la calidad de vida de los pacientes ya que los ejercicios realizados regularmente son un elemento importante en el manejo de esta patología. Y produce cambios biomecánicos beneficiosos durante la marcha, convirtiéndose en una poderosa herramienta de autocontrol que se puede implementar fácilmente para optimizar el desempeño de las tareas de la vida diaria.
- En los resultados obtenidos con la aplicación del programa de ejercicios en la evolución final se presentó mejoras en tobillo, rodillas, muslos, pelvis y tronco en los parámetros de la marcha de la misma forma se mejora en la velocidad de la marcha, zancada y cadencia por lo que se podría aseverar que el programa de ejercicios generó resultados efectivos. En resumen, los ejercicios puede ayudar a corregir la biomecánica de la marcha de los adultos mayores con neuropatía diabética.

## 4.2. Recomendaciones

- Se aconseja que la intervención sea de más semanas para poder determinar cambios más notorios y aumentar la población ya que la biomecánica de la marcha es un tema muy complejo el cual requiere tiempo de investigación.
- Realizar futuras investigaciones en donde se tome en cuenta programas de entrenamiento con ejercicios específicos, que incluyen el rango de movimiento, el fortalecimiento muscular, el entrenamiento en circuito, los ejercicios de estiramiento, la marcha y los ejercicios de equilibrio para poder validar estos protocolos y se pueda usar en la práctica clínica.
- La Universidad Técnica de Ambato debería continuar con este tipo de proyectos ya que ayuda a personas vulnerables a mejorar la calidad de vida y los estudiantes de la Carrera de Terapia Física aumentan sus conocimientos sirviendo a la sociedad.

## **Bibliografía**

1. Khmour MR. Treatment of diabetic peripheral neuropathy: a review. *J Pharm Pharmacol*. 2020;72(7):863–72.
2. Liu X, Xu Y, An M, Zeng Q. The risk factors for diabetic peripheral neuropathy: A meta-analysis. *PLoS One*. 2019;14(2):1–16.
3. Li L, Chen J, Wang J, Cai D. Prevalence and risk factors of diabetic peripheral neuropathy in Type 2 diabetes mellitus patients with overweight/obese in Guangdong province, China. *Prim Care Diabetes*. 2015;9(3):191–5.
4. Pérez A, Sojo L. Diabetes mellitus tipo 2. *Clínica e Investig en Arterioscler*. 2017;17:40–51.
5. Yang H, Sloan G, Ye Y, Wang S, Duan B, Tesfaye S, et al. New Perspective in Diabetic Neuropathy: From the Periphery to the Brain, a Call for Early Detection, and Precision Medicine. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;10(January):1–13.
6. Reeves ND, Orlando G, Brown SJ. Sensory-motor mechanisms increasing falls risk in diabetic peripheral neuropathy. *Med*. 2021;57(5).
7. Melese H, Alamer A, Temesgen MH, Kahsay G. Effectiveness of exercise therapy on gait function in diabetic peripheral neuropathy patients: A systematic review of randomized controlled trials. *Diabetes, Metab Syndr Obes Targets Ther*. 2020;13:2753–64.
8. Vrátná E, Husáková J, Jarošíková R, Dubský M, Wosková V, Bém R, et al. Effects of a 12-Week Interventional Exercise Programme on Muscle Strength, Mobility and Fitness in Patients With Diabetic Foot in Remission: Results From BIONEDIAN Randomised Controlled Trial. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022;13(July):1–11.
9. Suzuki K, Niitsu M, Kamo T, Otake S, Nishida Y. Effect of Exercise with Rhythmic Auditory Stimulation on Muscle Coordination and Gait Stability in Patients with Diabetic Peripheral Neuropathy: A Randomized Controlled Trial. *Open J Ther Rehabil*. 2019;07(03):79–91.

10. Saleh M. Effect of ankle proprioceptive training on gait and risk of falling in diabetic neuropathy: A randomized controlled trial. 2019;(August).
11. Kumar AS, Hazari A, Maiya AG, Shastry BA, Nagiri SK, Vaishali K. Structured exercise program on foot biomechanics & insulin resistance among people living with type 2 diabetes with and without peripheral neuropathy. *Diabetes Mellit*. 2019;22(1):53–61.
12. Ferreira JSSP, Id ICNS, Siqueira AA, Maria H, Almeida M, Sartor CD. Rehabilitation technology for self-care : Customised foot and ankle exercise software for people with diabetes. 2019;1–15.
13. Monteiro RL, Ferreira JSSP, Silva ÉQ, Cruvinel-Júnior RH, Veríssimo JL, Bus SA, et al. Foot–ankle therapeutic exercise program can improve gait speed in people with diabetic neuropathy: a randomized controlled trial. *Sci Rep [Internet]*. 2022;12(1):1–12. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11745-0>
14. Venkataraman K, Tai BC, Khoo EYH, Tavintharan S, Chandran K, Hwang SW, et al. Short-term strength and balance training does not improve quality of life but improves functional status in individuals with diabetic peripheral neuropathy: a randomised controlled trial. *Diabetologia*. 2019;62(12):2200–10.
15. Cox ER, Gajanand T, Burton NW, Coombes JS, Coombes BK. Effect of different exercise training intensities on musculoskeletal and neuropathic pain in inactive individuals with type 2 diabetes – Preliminary randomised controlled trial. *Diabetes Res Clin Pract*. 2020;164:0–21.
16. Nadi M, Bambaiechi E, Marandi SM. Comparison of the effect of two therapeutic exercises on the inflammatory and physiological conditions and complications of diabetic neuropathy in female patients. *Diabetes, Metab Syndr Obes Targets Ther*. 2019;12:1493–501.
17. Monteiro RL, Sartor CD, Ferreira JSSP, Dantas MGB, Bus SA, Sacco ICN. Protocol for evaluating the effects of a foot-ankle therapeutic exercise program on daily activity, foot-ankle functionality, and biomechanics in people with diabetic polyneuropathy: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018;19(1):1–12.
18. Silva EQ, Suda EY, Santos DP, Veríssimo JL, Ferreira JSSP, Cruvinel Júnior RH, et al.

- Effect of an educational booklet for prevention and treatment of foot m  
dysfunctions in people with diabetic neuropathy: The FOOtCAre (FOCA) trial II, a study  
protocol of a randomized controlled trial. *Trials*. 2020;21(1):1–13.
19. Yani JA, Kartasura K, Sukoharjo K, Tengah J, Irayanti W, Nita Utami M, et al. Physical Exercise in Patients With Diabetic Peripheral Neuropathy: a Case Study. *ProceedingsUmsAcId* [Internet]. 2021;963–70. Available from: <https://proceedings.ums.ac.id/index.php/apc/article/view/261>
  20. Monteiro RL, Ferreira JSSP, Silva ÉQ, Donini A, Cruvinel-Júnior RH, Veríssimo JL, et al. Feasibility and preliminary efficacy of a foot-ankle exercise program aiming to improve foot-ankle functionality and gait biomechanics in people with diabetic neuropathy: A randomized controlled trial. *Sensors (Switzerland)*. 2020;20(18):1–18.
  21. Caravaggi P, Giacomozzi C, Lullini G, Marchesini G, Baccolini L, Ortolani M, et al. The effect of neuropathy and diabetes type on multisegment foot kinematics: A cohort study on 70 participants with diabetes. *Appl Sci*. 2021;11(19).
  22. Johnson C, Takemoto JK. A review of beneficial low-intensity exercises in diabetic peripheral neuropathy patients. *J Pharm Pharm Sci*. 2019;22(Figure 1):22–7.
  23. Jiang X, Deng F, Rui S, Ma Y, Wang M, Deng B, et al. The Evaluation of Gait and Balance for Patients with Early Diabetic Peripheral Neuropathy: A Cross-Sectional Study. *Risk Manag Healthc Policy*. 2022;15(March):543–52.
  24. Petronic M, Sanderson H, Fricker C, Brown R, Majury A, Liss S. Altered Achilles tendon function during walking in people with diabetic neuropathy: implications for metabolic energy saving. *Environ Rev*. 2018;24(2):1–68.
  25. Shi QQ, Li PL, Yick KL, Jiao J, Liu QL. Influence of Contoured Insoles with Different Materials on Kinematics and Kinetics Changes in Diabetic Elderly during Gait. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(19).
  26. Perry, Dra. Jacquelin, Janet M. Adams P. *Observational Gait Analysis*. SLACK, editor. 2013. 289 p.

27. Fernández-González P, Cuesta-Gómez A, Miangolarra-Page JC, Mo  
Reliability and Validity of Kinovea to Analyze Spatiotemporal Gait Parameters. *Rev Int Med y Ciencias la Act Física y el Deport.* 2020;X(X):1–14.
28. Manterola C, Quiroz G, Salazar P, García N. Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica. *Rev Médica Clínica Las Condes* [Internet]. 2019;30(1):36–49. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2018.11.005>
29. Garcia MV. Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Atahualpa. Fund Santiago Guayaquil [Internet]. 2015;255. Available from: <http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/%23recycle/PDyOTs>  
2014/0968538230001/PDyOT/31072013\_174028\_PDyOT.pdf

## ANEXOS

### Anexo 1. Carta de Aceptación.



*Universidad Técnica de Ambato*  
*Consejo Académico Universitario*

Av. Colón 82-17 y Chile 100A, Aguarico - Teléfono: 091 893 2521-881 / 2622-968, correo: [tramcongreso@uta.edu.ec](mailto:tramcongreso@uta.edu.ec)  
Ambato - Ecuador

#### ANEXO 3

#### FORMATO DE LA CARTA DE COMPROMISO,

#### CARTA DE COMPROMISO

Ambato, 26/08/2022

Doctora Esp. Sandra Villacís

Presidente  
Unidad de Integración Curricular  
Carrera de Fisioterapia  
Facultad de Ciencias de la Salud

Yo, Ing. Santiago Rodrigo Lozada Mayorga en mi calidad de Presidente del GAPR Atahualpa, me permito poner en su conocimiento la aceptación y respaldo para el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular bajo el Tema: "Programa de ejercicios para mejorar la biomecánica de la marcha en pacientes con neuropatía periférica diabética " propuesto por el estudiante Damián Alejandro Gutiérrez Méstanza, portador de la Cédula de Ciudadanía: 0202410395, estudiante de la Carrera de Fisioterapia Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Técnica de Ambato.

A nombre de la Institución a la cual represento, me comprometo a apoyar en el desarrollo del proyecto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

ING. Santiago Rodrigo Lozada Mayorga  
1802483147  
032525966  
0984362808  
[sanlozadas@gmail.com](mailto:sanlozadas@gmail.com)



## Anexo 2. Resolución de Aprobación



Resolución Nro. UTA-CD-FCS-2022-2936

Ambato, 22 de septiembre de 2022

### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Salud, mediante sesión ordinaria del 19 de septiembre de 2022, en conocimiento del acuerdo UTA-UAT-FCS-2022-0985-A, suscrito por la Dra. Sandra Villacís Valencia, sugiriendo se apruebe la modalidad de titulación **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** del/la señor/ita **Damián Alejandro Gutiérrez Mestanza**, con cédula de ciudadanía No 0202410395, estudiante de Integración Curricular de la Carrera de Fisioterapia, para el ciclo académico ciclo académico: octubre 2022-marzo 2023, según el Art. 13 del "REGLAMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR Y LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TERCER NIVEL, DE GRADO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO", al respecto.

#### CONSEJO DIRECTIVO, RESUELVE:

**APROBAR** la modalidad de titulación **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** del/la señor/ita **Damián Alejandro Gutiérrez Mestanza**, con cédula de ciudadanía No 0202410395, estudiante de Integración Curricular de la Carrera de Fisioterapia, para el ciclo académico ciclo académico: octubre 2022-marzo 2023, según el siguiente detalle:

NOMBRE	TEMA	TUTOR
Damián Alejandro Gutiérrez Mestanza	"Programa de ejercicios para mejorar la biomecánica de la marcha"	Lic. Msc. Victoria Espín Pastor

#### *Documento firmado electrónicamente*

Dr. Jesús Onorato Chicaiza Tayupanta  
**PRESIDENTE CONSEJO DIRECTIVO - FCS**

DR. M.SC. GALO NARANJO LÓPEZ  
RECTOR

Dirección: Av. Colombia y Chile  
Ambato, (001) 2121134 / 0996682221  
Ambato - Ecuador

[www.uta.edu.ec](http://www.uta.edu.ec)

1/2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD  
CONSEJO DIRECTIVO

**Resolución Nro. UTA-CD-FCS-2022-2936**

**Ambato, 22 de septiembre de 2022**

**Referencias:**

- UTA-UAT-FCS-2022-0985-A

**Anexos:**

- Damian Gutierrez\_Anexos-signed-signed.pdf  
- Damian Gutierrez\_Anexos.pdf

mv



JOSÉ IGNACIO CHICALA VILLAPANDE

DR. M.Sc. GALO NARANJO LÓPEZ  
RECTOR

Dirección: Av. Colombia y Chile  
Teléfono: (00) 3521134 / 0066480221  
Ambato - Ecuador

[www.uta.edu.ec](http://www.uta.edu.ec)

22

Anexo 3. Modelo de consentimiento informado

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**‘Programa de ejercicios para mejorar la biomecánica de la marcha en  
pacientes con neuropatía periférica diabética’**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**INFORMACIÓN** La neuropatía periférica diabética es una complicación en la cual la estructura nerviosa se ve afectada, y la causa más frecuente es el nivel elevado de la glucosa en sangre. Con mayor frecuencia altera, los nervios de las piernas y los pies lo que dificulta en la biomecánica de la marcha. Los síntomas de estas complicaciones incluyen dolor y entumecimiento en las piernas, los pies y las manos.

**TRATAMIENTO** El programa de ejercicios que será utilizado consta de ejercicios, frecuencia, repeticiones y duración con el propósito de ayudar en el tratamiento de los pacientes con Diabetes Mellitus que tengan problemas en los miembros inferiores y no realicen de forma correcta la biomecánica de la marcha.

**RIESGOS** Los ejercicios empleados en el programa no presentan efectos adversos.

**EL PACIENTE** Deberá advertir al fisioterapeuta si no presente un adecuado control de su glucemia

**PRIVACIDAD Y CONFIDENCIALIDAD:** La información personal que usted proporcione es de absoluta confidencialidad y quedará en secreto y de ninguna manera será proporcionada a terceras personas. Yo, .....con número de cédula de identidad....., luego de leer el consentimiento informado para la realización de esta investigación, autorizo se use los datos personales obtenidos en esta investigación.

-----  
Nombre:

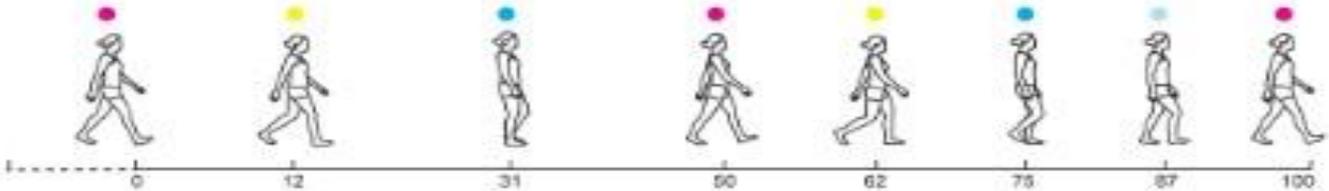
-----  
Firma

CI:

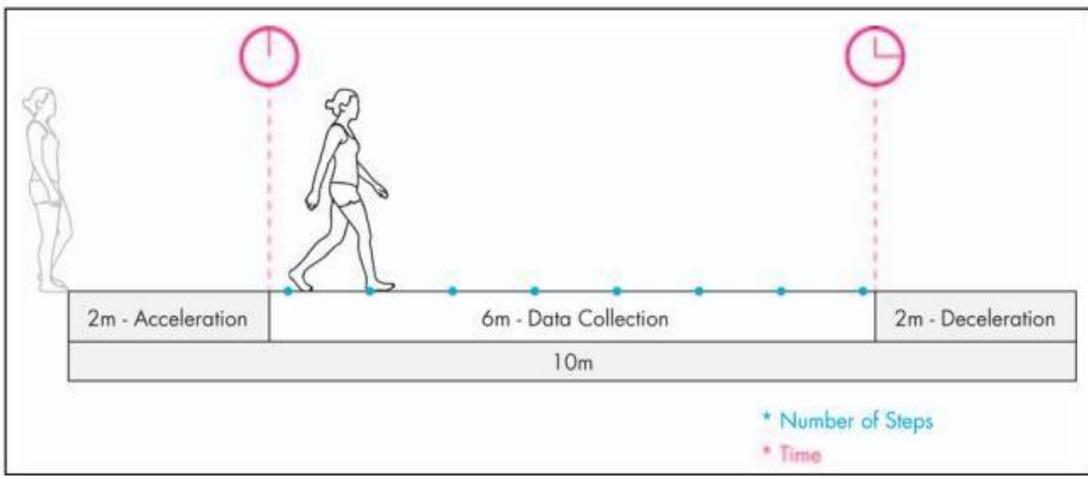
Anexo 4. Test Observational Gait Analysis

### JAKC's Observational Gait Analysis

Patient Name:	Gender: <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F	DOB:	Date:
Medical Dx:	Onset:	Examiner:	
Orthotic/Prosthetic/AD:	Reference Limb: <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> L		



	Stance				Swing	
Accom. plish	Weight Acceptance		Single Limb Support		Swing Limb Advancement	
Phases	● IC	● LR	● MSr	● TSr	● PSw / ● ISw	● MSw / ● TSw
<b>Ankle</b>	<input type="checkbox"/> Fore Ft. <input type="checkbox"/> Flat Ft. <input type="checkbox"/> Abn. HC <input type="checkbox"/> Inad. DF	<input type="checkbox"/> Foot Slap <input type="checkbox"/> Inad. PF	<input type="checkbox"/> Early Heel Off <input type="checkbox"/> Inadequate DF <input type="checkbox"/> Excess DF	<input type="checkbox"/> No Heel Off	<input type="checkbox"/> Toe Drag / <input type="checkbox"/> Inadequate DF <input type="checkbox"/> Contralateral Vault (PT)	<input type="checkbox"/> Toe Drag /
<b>Calc</b>	<input type="checkbox"/> Excess Iv. <input type="checkbox"/> Excess Ev.	<input type="checkbox"/> Excess Iv. <input type="checkbox"/> Excess Ev.	<input type="checkbox"/> Excess Inversion <input type="checkbox"/> Excess Eversion		<input type="checkbox"/> Excess Inversion	
<b>Toes</b>			<input type="checkbox"/> Excess IP Flexion (Clawed) <input type="checkbox"/> Inadequate MTP X			
<b>Knee</b>	<input type="checkbox"/> Inad. Ext. <input type="checkbox"/> Inad. Flexion	<input type="checkbox"/> Inad. Flexion	<input type="checkbox"/> Inadequate Extension <input type="checkbox"/> Hyperextension <input type="checkbox"/> Extensor Thrust <input type="checkbox"/> Wobble <input type="checkbox"/> Varus <input type="checkbox"/> Thrust <input type="checkbox"/> Valgus	<input type="checkbox"/> Inad. Flexion <input type="checkbox"/> Excess Flexion	<input type="checkbox"/> Inadequate Extension <input type="checkbox"/> Extensor Thrust <input type="checkbox"/> Excess Contralateral Flexion	
<b>Thigh</b>	<input type="checkbox"/> Inadequate Flexion <input type="checkbox"/> Excess Flexion		<input type="checkbox"/> Inad. Extension <input type="checkbox"/> Medial Rotation <input type="checkbox"/> Lateral Rotation <input type="checkbox"/> Abduction <input type="checkbox"/> Adduction	<input type="checkbox"/> Inad. Flexion <input type="checkbox"/> Excess Flexion <input type="checkbox"/> Medial Rotation <input type="checkbox"/> Lateral Rotation <input type="checkbox"/> Adduction <input type="checkbox"/> Circumduction	<input type="checkbox"/> Excess Flexion <input type="checkbox"/> Lateral Rotation	
<b>Pelvis</b>			<input type="checkbox"/> Contralateral Drop >5° <input type="checkbox"/> Inad. Backward Rotation <input type="checkbox"/> Excess Backward Rotation <input type="checkbox"/> Excess Anterior Tilt	<input type="checkbox"/> Ipsilateral Drop >5° <input type="checkbox"/> Inad. Forward Rotation <input type="checkbox"/> Excess Forward Rotation <input type="checkbox"/> Hike (neutral) <input type="checkbox"/> Excess Posterior Tilt		
<b>Trunk</b>			<input type="checkbox"/> Forward lean <input type="checkbox"/> Backward lean <input type="checkbox"/> Right lean <input type="checkbox"/> Left lean	<input type="checkbox"/> Forward lean <input type="checkbox"/> Backward lean <input type="checkbox"/> Right lean <input type="checkbox"/> Left lean		



<p><b>VELOCIDAD DE MARCHA</b>  <b>(VELOCIDAD) = DISTANCIA ÷ TIEMPO</b></p>	<p>Velocidad de marcha = <math>6 \text{ m} \div 5 \text{ seg} = 1,2 \text{ m/seg} \times (60 \text{ seg/min}) = 72 \text{ m/min}</math></p>
<p><b>CADENCIA = PASOS ÷ TIEMPO</b></p>	<p>Cadencia = <math>8 \text{ pasos} \div 5 \text{ seg} \times (60 \text{ seg/min}) = 96 \text{ pasos/min.}</math></p>
	<p>Velocidad de marcha = longitud de zancada <math>\times \frac{1}{2}</math> cadencia.</p>
	<p>2 pasos = 1 zancada por lo tanto divide por <math>\frac{1}{2}</math> # de pasos por minuto</p>
<p><b>LONGITUD DE ZANCADA =</b>  <b>VELOCIDAD DE MARCHA ÷ <math>\frac{1}{2}</math></b>  <b>CADENCIA</b></p>	<p>Longitud de zancada = <math>72 \text{ m/min} \div (1/2 \times 96 \text{ pasos/min}) = 48 \text{ zancadas/min} = 1,5 \text{ m/zancada}</math></p>

Anexo 5. Programa de ejercicio



**EJERCICIOS DE PIERNAS**

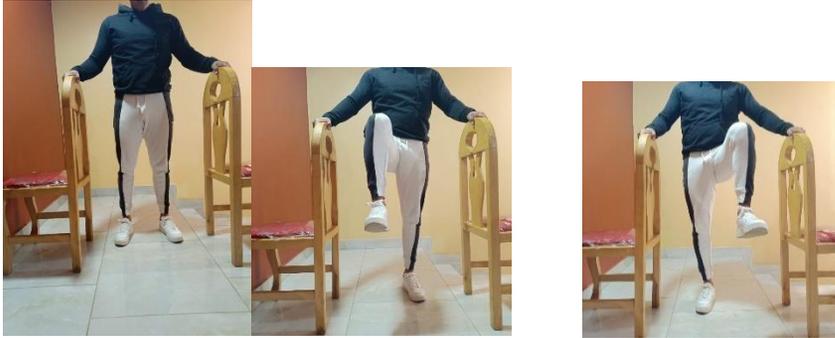
Flexión de cadera		Llevar la pierna hacia arriba sin doblar la rodilla.  2 series de 15 repeticiones
Extensión de cadera		Llevar la pierna hacia atrás  2 series de 15 repeticiones.
Abducción de pierna (abrir la pierna hacia un lado)		Llevar la pierna hacia un lado  2 series  15 repeticiones
Extension de rodilla		2 series de 15 repeticiones.

## REEDUCACIÓN DE LA MARCHA

A continuación explicare como realizar algunos ejercicios que le ayudaran a mejorar la marcha y de esta forma poder prevenir caídas y lesiones.

**Materiales:** Dos sillas para colocar una a cada lado

### Primer Ejercicio



Elevamos nuestra rodilla hacia arriba como que trotamos , realizamos de forma lenta y elevando la rodilla lo que podamos , realizamos 2 sesiones en cada pierna de 15 repeticiones en cada una.

### Segundo ejercicio



Elevamos la rodilla hacia arriba , luego llevamos nuestro talon hacia el suelo y luc  
todo nuestro pie y volvemos a la posicion inicial , realizamos 15 veces en cada pierna y repetimos  
una vez mas en cada pierna.

### Tercer Ejercicio



Nos colamos en medio de las sillas, llevamos nuestra pierna hacia delante, mantenemos el talon  
en contacto con el suelo y llevamos la punta de nuestro pie hacia el suelo y luego volvemos a subir,  
esto lo realizamos con cada pierna 20 veces y volvemos a repetir una vez mas.



