



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA**

PROYECTO TÉCNICO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**“DETERMINACIÓN DE ALTERACIONES DE LA MARCHA ASOCIADOS
AL TRANSPORTE DE BALDES CON PRODUCTOS AGRÍCOLAS.”**

AUTORES: Jonathan Alexander Puco Vargas

Edison Andrés Velásquez Proaño

TUTORA: Ing. Thalía Daniella San Antonio Serrano, PhD

AMBATO- ECUADOR

Febrero - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DETERMINACIÓN DE ALTERACIONES DE LA MARCHA ASOCIADOS AL TRANSPORTE DE BALDES CON PRODUCTOS AGRÍCOLAS.”**, elaborado por los señores Jonathan Alexander Puco Vargas, portador de cédula de ciudadanía: C.I. 0503436644 y Edison Andrés Velásquez Proaño, portador de cédula de ciudadanía: C.I. 0605440320, estudiantes de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el Proyecto Técnico es original del autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2024



.....
Ing. Thalía Daniella San Antonio Serrano, PhD.

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jonathan Alexander Puco Vargas, portador de cédula de ciudadanía: C.I. 0503436644 y Edison Andrés Velásquez Proaño, portador de cédula de ciudadanía: C.I. 0605440320, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico, con el tema: **“DETERMINACIÓN DE ALTERACIONES DE LA MARCHA ASOCIADOS AL TRANSPORTE DE BALDES CON PRODUCTOS AGRÍCOLAS.”**, así como también los gráficos, conclusiones, y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2024



.....
Jonathan Alexander Puco Vargas

C.I. 0503436644

AUTOR



.....
Edison Andrés Velásquez Proaño

C.I. 0605440320

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta, y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los derechos en línea patrimoniales de nuestro Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, febrero 2024



.....
Jonathan Alexander Puco Vargas

C.I. 0503436644

AUTOR



.....
Edison Andrés Velásquez Proaño

C.I. 0605440320

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por los estudiantes Jonathan Alexander Pucó Vargas y Edison Andrés Velásquez Proaño, de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **“DETERMINACIÓN DE ALTERACIONES DE LA MARCHA ASOCIADOS AL TRANSPORTE DE BALDES CON PRODUCTOS AGRÍCOLAS.”**

Ambato, febrero 2024

Para constancia, firman:



.....
Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR



.....
Ing. Alejandra Marlene Lascano Moreta, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Este logro conseguido está dedicado primeramente para Dios, que me dio la fuerza y la sabiduría necesaria para seguir adelante a lo largo de toda mi carrera universitaria, por darme la fuerza de voluntad para seguir aun cuando ya estaba por rendirme y ser mi apoyo durante los momentos difíciles.

A mi padre Luis Puco, por ser uno de los pilares más importantes para conseguir mi meta, por darme la educación con la que me conocen y enseñarme a no rendirme, aunque todo vaya mal, si durante el transcurso de mi vida sigo cultivando metas será gracias a su ayuda, a la ayuda de mi madre y a la de mis hermanos, “Ud. es un buen papá”.

A mi madre Marina Vargas, y tal vez me falte palabras para expresarme de la mejor manera, pero lo poco que puedo expresar en este texto dirá que todo es por ustedes, el amor de una madre no se puede medir y Ud. es el claro ejemplo de eso, a pesar de mi fallas y defectos me dio todo su amor y todo su apoyo, y mientras siga pasando el tiempo, pondré el alto el nombre de nuestra familia, “lo conseguí señora Marinita”.

A mis hermanos Sebastián y Mikaela, nuestra diferencia de edad no dice como debemos ser o como deberíamos comportarnos, y sé que no puedo demostrar mucho afecto como quisieran, pero si algo deben saber, es que los amo con todo el corazón, y gracias a su ayuda complete una meta más, mi logro no es solo mío, es de toda nuestra familia, y debemos sentirnos orgullosos de los apellidos que llevamos.

A mi enamorada Marilyn Ramos, por ser mi apoyo y aliento durante momentos difíciles a lo largo de estos años, gracias por confiar en mí y ayudarme a ser una mejor persona, por acompañarme en los buenos y malos momentos y por ver el lado positivo de las cosas aun cuando yo no pueda verlas, entre todo lo que considero importante siempre vas a estar tu y anhelo que pueda ser así durante muchos años más.

A la familia por parte de mi padre y mi madre, que con su ayuda me enseñaron el camino correcto que debo tomar para conseguir el éxito, cada palabra de aliento de apoyo lo guardo en mi corazón y confié en que Dios nos permitirá compartir más momentos que llevare conmigo toda la vida.

A mi grupo de amigos que hemos crecido como hermanos, hemos visto como cada uno de nosotros tomo su camino y se convirtió en profesional, y tenemos la dicha de encontrarnos y compartir mientras conversamos o reímos.

Jonathan Alexander Puco Vargas

DEDICATORIA

Este largo trayecto lleno de sacrificios va dedicado en primer lugar a Dios por darme la fuerza para seguir adelante durante toda mi carrera universitaria, por ser mi apoyo cuando he querido rendirme y por ayudarme en los momentos más difíciles.

A mi padre Edison Antonio Velásquez por cada consejo y apoyo, por brindarme todo lo necesario para poder desarrollar mi carrera, y para ser un hombre de valores; por ser la persona que siempre ha estado conmigo cuando siempre lo he necesitado.

A mi madre Luz Marina Proaño, por ser mi mayor inspiración para poder cumplir con todas mis metas personales, por darme todo el amor, la comprensión cuando se me han presentado adversidades, y por ser incondicional en todos los momentos.

A mis abuelitos paternos y maternos Ethel, Julia, Gonzalo, y Luis que han sido mis fieles compañeros durante todo mi camino sin dejarme solo, que con su sabiduría han sabido formarme como una persona de bien y me han ayudado a todos los días ser un hombre bueno y humilde, siempre ayudándome para afrontar cualquier problema.

A mis hermanos, Diana Carolina y Anthony Fabián, que han sido un constante ejemplo para mí, que me han enseñado a no rendirme frente los obstáculos, por darme la fuerza para siempre salir adelante, además de apoyarme en cada momento de mi vida.

A mis tíos paternos y maternos, en especial a mi tío Roberto, y a mi tía Gabriela quiénes me han sabido guiar, y desde mi temprana edad han sabido ayudarme a crecer con todos sus consejos y ayudas permanentes.

A mi enamorada, Dayana Michelle por ser mi compañera durante estos últimos años, por ayudarme a confiar en mí, y por siempre estar en cada una de mis victorias y derrotas siempre ayudándome a ser mejor y motivándome a alcanzar todos mis logros, su compañía ha sido uno de los mejores regalos de Dios.

Y a todos mis primos y demás familiares, que en cada uno de los momentos de mi vida han sido una pieza fundamental, con los que compartí grandes momentos, experiencias inolvidables y gratos recuerdos que siempre llevaré conmigo.

Edison Andrés Velásquez Proaño

AGRADECIMIENTO

Hoy, que culmino una etapa de mi vida deseo, agradecer, por su apoyo, tiempo, y contribución a quienes me ayudaron a completar el camino para que pueda completar este proyecto de titulación.

A toda mi familia, porque sin ellos nada de esto fuera posible, cada palabra de aliento, cada vez que me acompañaron durante malas noches o me ayudaron a completar trabajos, llevaron a que el día de hoy pueda culminar mi etapa universitaria. El amor y apoyo incondicional que me dan todos los días fue la clave para llegar a mi meta. Quiero que sepan que siempre estaré agradecido y que los amo con todo mi corazón.

A mi padre y a mi madre, por enseñarme a no rendirme, por cuidarme y darme su amor incondicional, por educarme de la forma en la que lo han hecho y más que todo por creer en mí y apostar todo cuando tome la decisión de estudiar esta carrera, este logro no es únicamente mío, es de todos nosotros, de la “Familia Puco Vargas”

A mi enamorada Marilyn Ramos, por ser la persona que me dio su cariño y su amor, el apoyo necesario, y por ayudarme a mejorar como persona, por ser la mejor compañía y por volverse una de las personas más importantes que llevo en el corazón junto a mi familia.

A la ingeniera Thalía San Antonio por haber puesto su confianza en nosotros para el desarrollo de esta investigación, por ser nuestra guía, por compartir su conocimiento, y por el apoyo brindado durante la elaboración de este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, y aún más a la carrera de Ingeniería Mecánica, a todos los docentes que nos compartieron su conocimiento durante este transcurso de 5 años, que culmina con la obtención de mi título como Ingeniero. A todos ellos les estaré eternamente agradecido.

Jonathan Alexander Puco Vargas

AGRADECIMIENTO

Hoy, al culminar esta etapa de mi vida, deseo expresar mi agradecimiento por su apoyo valioso, y también por su contribución en el camino para que pueda ejecutar este proyecto de titulación.

A toda mi familia por su amor incondicional, su guía constante, y su sacrificio han sido la base fundamental de mi educación y mis logros. Gracias por brindarme todo lo que he necesitado y por estar conmigo incondicionalmente, por ser mi mayor inspiración. Su apoyo ha sido fundamental para alcanzar este objetivo y estaré siempre agradecido por todo su esfuerzo “Los amo mucho”.

A mi hermana, Diana Carolina por ser mi ejemplo durante toda mi vida, por haber confiado en mí y en mis habilidades para culminar mi carrera universitaria, por alentarme en los momentos buenos y malos, y por ser el apoyo que siempre he necesitado en mi vida para ser mejor “Gracias ñañita”

A mi enamorada Dayana Michelle por ser la persona que me ha brindado su amor y su apoyo cuando me he querido rendir, por enseñarme a ser alguien mejor y ser la mejor compañía.

A la ingeniera Thalía San Antonio, por haber depositado su confianza en nosotros para el desarrollo de esta investigación, por ser nuestra guía y brindarnos todo su conocimiento, y el constante apoyo en la dirección de este trabajo.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en especial a la carrera de mecánica y a cada uno de los docentes por todo su conocimiento brindado durante estos 5 años de carrera, que me han permitido alcanzar este logro tan grande para mi vida. A todos ellos gracias infinitas.

Edison Andrés Velásquez Proaño

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxiii
RESUMEN EJECUTIVO	xxvi
ABSTRACT.....	xxvii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Fundamentación teórica	3
1.1.1.1 Marcha Humana.....	3
1.1.1.2. Marcha normal	4
1.1.1.3. Ciclo de la marcha normal	4
1.1.1.4. Longitud del paso.....	5
1.1.1.5. Altura del paso	5
1.1.1.6. Cadencia o ritmo del paso.....	6
1.1.1.7. Desplazamiento vertical y lateral.....	6
1.1.1.8. Movimiento articular	7
1.1.1.9. Velocidad de la marcha	8

1.1.1.10. Simetría pélvica	9
1.1.1.11 Parámetros de la marcha	9
1.1.2. Factores que modifican la marcha normal ocasionando marcha patológica	10
1.1.3. Análisis de movimiento 3D iSen Systems.....	13
1.1.3.1. Parámetros de análisis del movimiento 3D.....	14
1.1.4. Análisis del tren inferior (sin pies)	16
1.1.4.1. Parámetros biomecánicos del software.....	17
1.1.4.2. Inclinação de pelvis	20
1.1.4.3. Oblicuidad de pelvis	21
1.1.4.4. Flexo-extensión de cadera	22
1.1.4.5. Rotación de cadera.....	22
1.1.4.6. Flexo-extensión de rodilla	23
1.1.4.7. Rotación de rodilla.....	24
1.2. Objetivos	25
1.2.1. Objetivo General.....	25
1.2.2. Objetivos Específicos	25
CAPÍTULO II	26
METODOLOGÍA	26
2.1. Materiales	26
2.1.1. Lista de materiales para la ejecución del proyecto	26
2.1.2. Recursos Humanos	26
2.1.3. Recursos Institucionales	27
2.1.4. Recursos Económicos	27
2.1.5. Descripción del equipo	27
2.1.5.1. Acelerómetros	27
2.1.5.2. Requisitos para la instalación del software [10]	28
2.2. Métodos	29

2.2.1. Tipos de Investigación.....	29
a. De campo	29
b. Bibliográfica	29
2.2.2. Nivel de investigación	29
a. Descriptiva	29
b. Experimental.....	29
2.2.3. Tipo de muestra.....	29
2.2.4. Instalación del software especializado.....	30
Protocolo para la determinación de alteraciones de la marcha asociados al transporte de productos agrícolas en baldes.....	33
2.2.4. Selección del módulo y calibración	33
CAPÍTULO III.....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1. Análisis y discusión de los resultados	39
3.2 Generalidades de las pruebas de medición de alteración de la marcha	39
3.3 Individuos que participan en la prueba.....	40
3.4 Resultados del análisis con las diferentes configuraciones	41
3.5 Análisis e interpretación de resultados	112
3.5.1. Inclinación de pelvis	112
3.5.2 Oblicuidad de pelvis	113
3.5.3 Flexo/extensión de cadera.....	114
3.5.4 Rotación de cadera.....	115
3.5.5 Flexo/extensión de rodilla.....	116
3.5.6 Rotación de rodilla.....	117
3.6 Ajustes y sugerencias de mejora para evitar las alteraciones de la marcha....	118
CAPÍTULO IV.....	120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120

4.1 Conclusiones	120
4.2 Recomendaciones	121
BIBLIOGRAFÍA	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Marcha humana.	4
Figura 2. Ciclo de la marcha humana.....	5
Figura 3. Longitud de paso.	5
Figura 4: Altura de paso.	6
Figura 5. Cadencia o ritmo de paso.....	6
Figura 6. Desplazamiento vertical.....	7
Figura 7. Desplazamiento vertical y lateral.....	7
Figura 8. Movimiento articular de tobillo.	8
Figura 9. Movimiento articular de cadera.	8
Figura 10. Movimiento articular de rodilla.	8
Figura 11. Simetría de pelvis. a) asimetría pélvica. b) simetría pélvica.	9
Figura 12. Plano frontal.....	14
Figura 13. Plano transversal.....	14
Figura 14. Plano sagital.....	15
Figura 15. Esquema de tren inferior.	16
Figura 16. Dirección de los ejes.....	17
Figura 17. Inclinación pélvica.....	21
Figura 18. Oblicuidad de pelvis.	22
Figura 19. Flexo-extensión de la cadera.	22
Figura 20. Rotación de cadera.....	23
Figura 21. Flexo/extensión de rodilla.....	23
Figura 22. Rotación de rodilla.....	24
Figura 23. Partes de un equipo de medición STT Systems.....	28
Figura 24. Permiso para instalar controladores HASP.....	30
Figura 25. Puertos Router Wifi	31
Figura 26. Conexión del equipo con el router.....	31
Figura 27. Redes disponibles.	31
Figura 28. Centro de redes y recursos compartidos.	31
Figura 29. Ventana de estado de Ethernet.	32
Figura 30. Propiedades de Ethernet.	32
Figura 31. Protocolo de internet versión 4 (TCP/Pv4).....	33
Figura 32. Ventana de inicio software iSen Systems.	33

Figura 33. Selección de protocolo de marcha.	34
Figura 34. Ventana de número de sensores.	34
Figura 35. Sensores sincronizados.	35
Figura 36. Ubicación de acelerómetros en el software.	35
Figura 37. Colocación de acelerómetros en el sujeto de prueba.	35
Figura 38. Interfaz principal del software.	36
Figura 39. Selección vista derecha.	36
Figura 40. Inicio del análisis de marcha.	37
Figura 41. Calibración del equipo en el programa.	37
Figura 42. Calibración del equipo en el sujeto de prueba.	37
Figura 43. Visualización de marcha en el programa.	38
Figura 44. Visualización de marcha del sujeto de prueba.	38
Figura 45. Generación de informe.	38
Figura 46. Esquema de colocación de sensores del sujeto 1 sin carga.	42
Figura 47. Posición sacro en el cuerpo.	42
Figura 48. Ángulo en el ciclo de la marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 sin carga.	44
Figura 49. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 sin carga. ...	45
Figura 50. Ángulo en el ciclo de la marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 sin carga.	46
Figura 51. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 sin carga. ...	46
Figura 52. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 sin carga.	47
Figura 53. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 sin carga.	47
Figura 54. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de cadera del sujeto 1 sin carga.	48
Figura 55. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 1 sin carga.	48
Figura 56. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 sin carga.	49
Figura 57. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 sin carga.	49

Figura 58. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de rodilla del sujeto 1 sin carga.....	50
Figura 59. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 1 sin carga.....	50
Figura 60. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica.....	52
Figura 61. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica.....	53
Figura 62. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica.....	53
Figura 63. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica.....	54
Figura 64. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica.....	54
Figura 65. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica.....	55
Figura 66. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica.....	55
Figura 67. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica.....	56
Figura 68. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica.....	56
Figura 69. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica.....	57
Figura 70. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica.....	57
Figura 71. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica.....	58
Figura 72. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica.....	60
Figura 73. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica.....	60
Figura 74. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica.....	61

Figura 75. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica.....	61
Figura 76. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga simétrica.....	62
Figura 77. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica.	62
Figura 78. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 1 con carga simétrica.	63
Figura 79. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 1 con carga simétrica.....	63
Figura 80. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica.....	64
Figura 81. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica.	64
Figura 82. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica.	65
Figura 83. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica.....	65
Figura 84. Ángulo en el ciclo de la marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 2 sin carga.	68
Figura 85. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 2 sin carga. ..	68
Figura 86. Ángulo en el ciclo de la marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 sin carga.	69
Figura 87. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 sin carga. ...	69
Figura 88. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 sin carga.	70
Figura 89. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 sin carga.	70
Figura 90. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de cadera del sujeto 2 sin carga.	71
Figura 91. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 2 sin carga.....	71
Figura 92. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 sin carga.	72

Figura 93. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 sin carga.	72
Figura 94. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de rodilla del sujeto 2 sin carga.	73
Figura 95. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 2 sin carga.	73
Figura 96. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 12 con carga asimétrica.	75
Figura 97. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica.	75
Figura 98. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga asimétrica.	76
Figura 99. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga asimétrica.	77
Figura 100. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica.	78
Figura 101. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica.	78
Figura 102. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica.	79
Figura 103. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica.	79
Figura 104. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica.	80
Figura 105. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica.	80
Figura 106. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto con carga asimétrica.	81
Figura 107. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica.	81
Figura 108. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica.	83
Figura 109. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica.	83

Figura 110. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica.....	84
Figura 111. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica.	84
Figura 112. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga simétrica.....	85
Figura 113. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica.	85
Figura 114. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 2 con carga simétrica.	86
Figura 115. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 2 con carga simétrica.	86
Figura 116. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica.....	87
Figura 117. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica.	87
Figura 118. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica.	88
Figura 119. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica.	88
Figura 120. Ángulo en el ciclo de la marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 sin carga.	91
Figura 121. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 sin carga.	91
Figura 122. Ángulo en el ciclo de la marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 sin carga.	92
Figura 123. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 sin carga.	92
Figura 124. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 sin carga.	93
Figura 125. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 sin carga.	93
Figura 126. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de cadera del sujeto 3 sin carga.	94
Figura 127. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 3 sin carga.	94

Figura 128. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 sin carga.	95
Figura 129. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 sin carga.	95
Figura 130. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de rodilla del sujeto 3 sin carga.	96
Figura 131. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 3 sin carga.	96
Figura 132. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica.	98
Figura 133. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica.	98
Figura 134. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica.	99
Figura 135. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica.	100
Figura 136. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica.	101
Figura 137. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica.	101
Figura 138. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica.	102
Figura 139. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica.	102
Figura 140. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica.	103
Figura 141. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 con carga asimétrica.	103
Figura 142. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga asimétrica.	104
Figura 143. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga asimétrica.	104
Figura 144. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica.	106

Figura 145. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica.....	106
Figura 146. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica.....	107
Figura 147. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica.....	107
Figura 148. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga simétrica.....	108
Figura 149. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica.....	108
Figura 150. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 3 con carga simétrica.....	109
Figura 151. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 3 con carga simétrica.....	109
Figura 152. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica.....	110
Figura 153. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica.....	110
Figura 154. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica.....	111
Figura 155. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros obtenidos generalmente en estudios de marcha humana.....	10
Tabla 2. Parámetros biomecánicos.....	17
Tabla 3. Ubicación de los ejes.....	18
Tabla 4. Listado de equipos y materiales	26
Tabla 5. Recursos económicos utilizados.....	27
Tabla 6. Detalle de las características de los sujetos de prueba.	41
Tabla 7. Datos generales del sujeto 1 sin carga.....	41
Tabla 8. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 1 sin carga.	44
Tabla 9. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 sin carga.	45
Tabla 10. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 sin carga.	46
Tabla 11. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 1 sin carga.	47
Tabla 12. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 sin carga.	48
Tabla 13. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 1 sin carga.	49
Tabla 14. Datos generales del sujeto 1 con carga asimétrica.	50
Tabla 15. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica..	52
Tabla 16. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica..	53
Tabla 17. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica.	54
Tabla 18. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica.	55
Tabla 19. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica.	56
Tabla 20. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica.	57
Tabla 21. Datos generales del sujeto 1 con carga simétrica.....	58
Tabla 22. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica....	60
Tabla 23. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica. ...	61
Tabla 24. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga simétrica.	62
Tabla 25. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 1 con carga simétrica.	63
Tabla 26. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica.	64
Tabla 27. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica.	65
Tabla 28. Datos generales del sujeto 2 sin carga.....	66

Tabla 29. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 2 sin carga.	67
Tabla 30. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 sin carga.	68
Tabla 31. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 sin carga.	69
Tabla 32. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 2 sin carga.	70
Tabla 33. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 sin carga.	71
Tabla 34. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 2 sin carga.	72
Tabla 35. Datos generales del sujeto 2 con carga asimétrica.	73
Tabla 36. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 2 con carga asimétrica. .	75
Tabla 37. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga asimétrica. .	76
Tabla 38. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica.	77
Tabla 39. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica.	78
Tabla 40. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica.	79
Tabla 41. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica.	80
Tabla 42. Datos generales del sujeto 2 con carga simétrica.	81
Tabla 43. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica.	83
Tabla 44. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica. ...	84
Tabla 45. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga simétrica.	85
Tabla 46. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 2 con carga simétrica.	86
Tabla 47. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica.	87
Tabla 48. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica.	88
Tabla 49. Datos generales del sujeto de prueba 3 sin carga.	89
Tabla 50. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 3 sin carga.	90
Tabla 51. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 sin carga.	91
Tabla 52. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 sin carga.	92
Tabla 53. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 3 sin carga.	93
Tabla 54. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 sin carga.	94
Tabla 55. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 3 sin carga.	95
Tabla 56. Datos generales del sujeto 3 con carga asimétrica.	96
Tabla 57. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica. .	98

Tabla 58. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica...	99
Tabla 59. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica.	100
Tabla 60. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica.	101
Tabla 61. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 con carga asimétrica.	102
Tabla 62. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga asimétrica.	103
Tabla 63. Datos generales del sujeto 3 con carga simétrica.	104
Tabla 64. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica..	106
Tabla 65. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica. .	107
Tabla 66. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga simétrica.	108
Tabla 67. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 3 con carga simétrica	109
Tabla 68. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica.	110
Tabla 69. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica.	111

RESUMEN EJECUTIVO

El transporte de productos agrícolas de forma manual se considera como una de las principales actividades de la economía en el sector primario, haciendo uso de baldes considerando el tipo de producto que se planea transportar. El problema radica en cuáles son las alteraciones de la marcha al momento de transportar productos agrícolas mediante baldes, en un entorno de trabajo donde se involucran varias actividades físicas intensas, este tipo de alteraciones pueden comprometer la seguridad y el rendimiento de las personas.

Para abordar esta problemática se llevó a cabo un exhaustivo análisis de los parámetros de marcha y en base a esto, se desarrolló un protocolo de estudio de la marcha con diferentes configuraciones de transporte de baldes, adaptado a las características y requerimientos del LAM-UTA. Se seleccionaron métodos y equipos, la preparación de los diferentes sujetos sometidos a análisis, y la realización previa de pruebas controladas en el laboratorio. Se recopilaron datos de participantes en el LAM-UTA, y en campo. Estos datos fueron analizados por tablas y gráficas arrojadas por el software en tiempo real, determinando cuáles son las alteraciones de la marcha producidas al momento de transportar productos mediante baldes en los diferentes parámetros biomecánicos seleccionados: inclinación de pelvis, oblicuidad de pelvis, flexo-extensión de cadera, rotación de cadera, flexo-extensión de rodilla, y rotación de rodilla.

El resultado final fue estimar cuáles son las alteraciones de la marcha producidas durante el transporte de productos, éstas permitirán realizar ajustes en el protocolo establecido, y desarrollar sugerencias de mejora para el transporte de carga.

Palabras Claves: Marcha normal, Marcha patológica, Pruebas de campo, Protocolo de estudio, Parámetros Biomecánicos.

ABSTRACT

The transport of agricultural products manually is considered as one of the main activities of the economy in the primary sector, making use of baldes considering the type of product that is planned to transport. The problem lies in which the alterations of the march are when carrying agricultural products through Baldes, in a work environment where several intense physical activities are involved, this type of alterations can compromise the safety and performance of the people.

To address this problem, an exhaustive analysis of the march parameters was carried out and based on this, a progression of the study of the march was developed with different blocks of transport of Baldes, adapted to the characteristics and requirements of the LAM-UTA. Methods and equipment were selected, the preparation of the different subjects subjected to analysis, and the previous embodiment of controlled tests in the laboratory. Data of participants were collected in the LAM-UTA, and in the field. These data were analyzed by tables and graphs thrown by the software in real time, determining what the alterations of the march produced when transporting products by means of transporting on the balds in the different selected biomechanical parameters: tilt of pelvis, obelicity of pelvis, flexo-hipp extension, hip rotation, flexo-knee extension, and rotation of knee.

The final result was to estimate what the progress of the march produced during the transport of products, will allow to adjust in the established protocol, and developing suggestions for improvement for carg transport.

Keywords: Normal gait, Pathological gait, Field tests, Study protocol, Biomechanical parameters.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

El estudio de la marcha humana se considera como una herramienta que tiene la capacidad de diagnosticar diferentes patologías neuro-musculo-esqueléticas, considerando que puedan ser transitorias o permanentes, locales o generales. Otros padecimientos son provocados por la presencia de dolor, que lleva a adoptar posturas que alivien el dolor, enfermedades de debilitamiento general como el cáncer, edad, obesidad o incluso problemas psicológicos como cuadros depresivos. Un análisis completo de la marcha de un paciente permite identificar los problemas específicos que le afectan, desde ahí se puede realizar una prescripción terapéutica o ayudas técnicas para maximizar las habilidades físicas del paciente, estos análisis también son utilizados en otros campos como la biomecánica deportiva, ergonomía, diseño y evaluación de calzado, evaluación de riesgos en actividades físicas o para el estudio de la ergonomía en general. Para el análisis de marcha es necesario contar con un protocolo estandarizado que permita obtener los parámetros de interés de forma confiable y eficaz. Cada protocolo depende del tipo de pacientes a evaluar, la configuración del laboratorio, los parámetros que se deseen obtener y la forma en que éstos son presentados, así como del orden, tiempo y ciclos de utilización de los equipos, la colocación de los sensores y los programas para el procesamiento de los datos, entre otros aspectos [1].

Como indica el autor de [2]La marcha humana es el medio de transporte con el menor costo energético que cualquier otro método de desplazamiento para el ser humano, en este proceso se involucra diversos sistemas y elementos del cuerpo. Cuando uno o algunos de estos sistemas presentan limitaciones o fallas, el proceso de la marcha normal se ve afectado y se convierte en una marcha patológica, por lo que para determinar un diagnóstico de la marcha patológica se requiere del conocimiento y caracterización de los parámetros biomecánicos de la marcha sana. En todo el mundo se han realizado diversos esfuerzos para caracterizar la marcha sana, con la finalidad de contar con información biomecánica de referencia, la cual pueda ser utilizada para analizar y evaluar la marcha patológica. Sin embargo, la

mayoría de estos estudios han realizado sus análisis bajo condiciones intrínsecas que contemplan rasgos como la edad, género, carga transportada, velocidad, etc.

Los autores de [3] se enfocan en el uso de un aspersor agrícola durante un periodo de tiempo prolongado, considerando que este diseño desde su aparición que fue en 1800 no ha sufrido cambios, debido a su diversidad de uso, el bajo costo que tiene en su adquisición y su efectividad en cultivos pequeños como en extensos. Sin embargo, algo que no se tomó en consideración es la ergonomía postural y la incidencia que ésta tiene en complicaciones musculoesqueléticas; en el estudio se toma como muestra un sector de trabajadores que tienen entre 30 y 40 años que se dedican a la fumigación de sembríos extensos. Se puede tomar como punto de inicio a este antecedente dado que se va a desarrollar un estudio de los trastornos que provoca el transporte de productos agrícolas en baldes en una distancia determinada, al cual se le añade que el terreno donde se realiza no tiene uniformidad. Se planea encontrar las diversas alteraciones y afectaciones que pueden darse durante esta actividad y como esto afecta a la persona con el paso del tiempo.

Durante el entrenamiento de niños de 13 a 15 años se determinó que inciden en una conducta postural, que provoca la hipertrofia muscular, los diversos movimientos propios del deporte provocan la escoliosis rotatoria, al igual que los golpes y las caídas. La evaluación postural es una de las maneras más útiles de valorar el estado de salud de las personas debido a esto es necesario hacerla en la etapa adulta para evitar trastornos. La información dicha anteriormente resalta la importancia que tiene un estudio enfocado hacia este deporte, en donde se adoptan diversas posturas de la cabeza, tronco, cadera, piernas y pies que posibilitan una ejecución correcta para alcanzar un mayor desarrollo deportivo [4]. La comparación de recomendaciones son el resultado esperado por parte del antecedente y el tema principal, a través de una serie de correctas posturas los jóvenes pueden evitar problemas a futuro y las personas que transportan productos evitaran el desgaste prematuro de las articulaciones por los diferentes movimientos bruscos o exigencias que se presenten en esta actividad.

En la recolección de datos es necesario tener un orden para obtener mejores resultados, para esto la creación de una matriz es importante, el artículo habla sobre

una matriz empleo-posición en donde se detallan los diferentes riesgos ergonómicos existentes de acuerdo con el lugar de trabajo, así como indicadores de condiciones de empleos y en algunos casos estimadores de exposición para hombres y mujeres. Estas son creadas exclusivamente para la evaluación de algún tipo de exposición o daños o se refieren exclusivamente a algún sector de actividad u ocupación, toda esta información se basa en la exposición a carga física, condiciones de empleo y a las características de los trabajadores [5]. Tomando en cuenta lo dicho antes, se debe crear una matriz para ingresar todos los datos que se van a recolectar en campo, en donde se plantearía la distancia de movilización, el peso de cada balde, el sexo de la persona, entre otros valores, con el orden adecuado la creación de recomendaciones de acuerdo con los resultados obtenidos será mucho más eficiente.

En Chile se planteó realizar un estudio sobre los riesgos ergonómicos presentes en un hospital que trabaja turnos de veinte y cuatro horas, por lo que las personas que trabajan ahí tienden a desarrollar repercusiones a nivel físico y psicológico, en primera instancia, se pretende que tenga un alcance suficiente para incorporar un control de salud hacia el trabajador, con lo que se creará un plan de contingencia que identifique las varias falencias y riesgos que tiene un trabajador con respecto al turno, al mejorar estas condiciones se espera que se pueda llevar a cabo un mejor control de su labor en el hospital [6]. Con un estudio enfocado a las personas que transportan los productos en baldes se tiene como expectativa que las recomendaciones que se van a obtener influyan de manera positiva en la vida de estos, tener una postura correcta o evitar al máximo una alteración asegura la calidad de vida y prolonga la salud de las personas adultas.

1.1.1 Fundamentación teórica

1.1.1.1 Marcha Humana

Una definición clara de marcha humana es la que hace referencia a la forma en la que se realiza un desplazamiento en posición bípeda y que ésta es propia del ser humano donde suceden apoyos bipodales y monopodales, la marcha humana requiere un proceso de desarrollo y automatización, estudios anteriores han determinado que la marcha es algo innato de cada persona, lo que las diferencia unas de otras. Sin embargo, existen otros autores que determinan que la marcha es un proceso que se ha

aprendido con el paso del tiempo. La Figura 1 permite reconocer la evolución de la marcha humana con el paso de los años durante la etapa de la niñez donde se adquiere los rasgos más importantes de la marcha que se mantienen hasta la vida adulta [7].

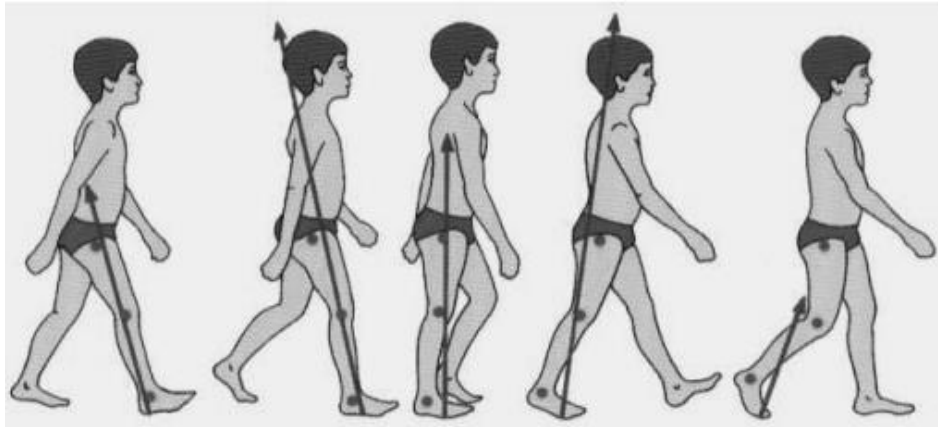


Figura 1. Marcha humana [7].

1.1.1.2. Marcha normal

La marcha humana tiene dos componentes importantes que son la locomoción, y el equilibrio. Para lograr mantener estos dos componentes se necesita la interacción de los sistemas aferentes: visual, vestibular, y propioceptivo con los centros de procesamiento de información: médula, tronco, cerebelo y hemisferios cerebrales que forman parte de la vía piramidal y extrapiramidal; y del aparato músculo esquelético que forman así un programa de decisiones voluntarias y reflejos posturales [8].

1.1.1.3. Ciclo de la marcha normal

Este ciclo inicia cuando el talón tiene contacto con el suelo, y termina cuando el pie toca el suelo como indica la Figura 2. Estas dos fases son la fase de balanceo, y la fase de apoyo. Para que una pierna esté en la fase de apoyo ésta debe encontrarse en contacto con el suelo, y para que se encuentre en la fase de balanceo cuando no existe ningún contacto con el suelo. Además, existe un momento en el que las dos piernas están sobre el suelo y a éste se le denomina fase de apoyo doble [8]. La duración de cada fase que conforma este ciclo de marcha es: 60% fase de apoyo, 40% de balanceo, y 20% de apoyo doble. A raíz de que la velocidad de la marcha disminuye, la fase de apoyo doble aumenta su duración.

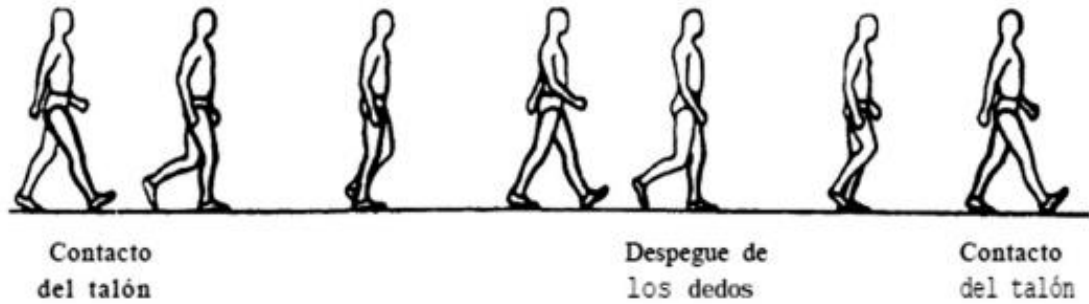


Figura 2. Ciclo de la marcha humana [8].

1.1.1.4. Longitud del paso

Este aspecto depende de la estatura de la persona que se está estudiando como se muestra en la Figura 3, y se acerca a los 40 cm. Es la distancia de los puntos de contacto de un pie al otro [8].

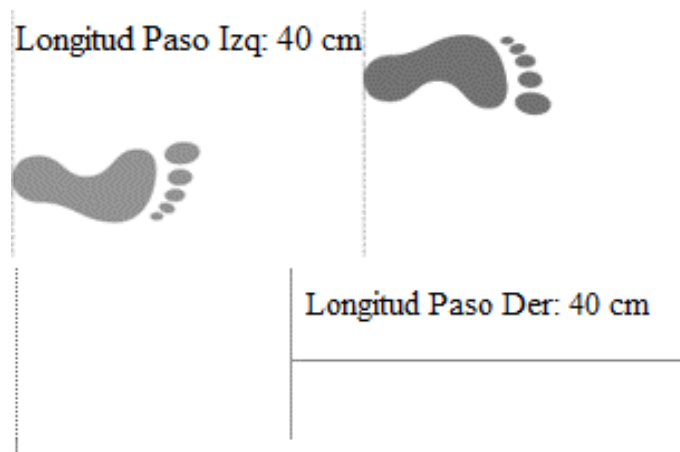


Figura 3. Longitud de paso [8].

1.1.1.5. Altura del paso

Se da mediante el movimiento de las extremidades inferiores y da una altura promedio de 5 cm al paso como indica la Figura 4, de esta manera se logra evitar que los pies se arrastren [8].

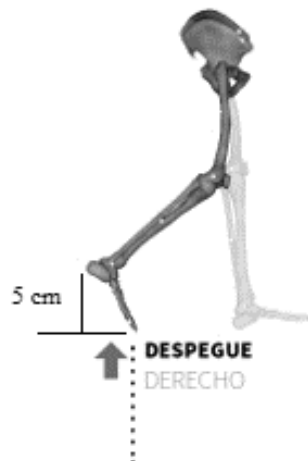


Figura 4: Altura de paso [8].

1.1.1.6. Cadencia o ritmo del paso

Está relacionado directamente con la longitud que tiene el paso y con la altura de la persona. Las personas que tienen mayor estatura dan pasos con un ritmo más lento, por otro lado, las personas más pequeñas dan pasos más rápidos como se muestra en la Figura 5. Este ritmo de paso va entre 90 a 120 pasos por minuto [8].

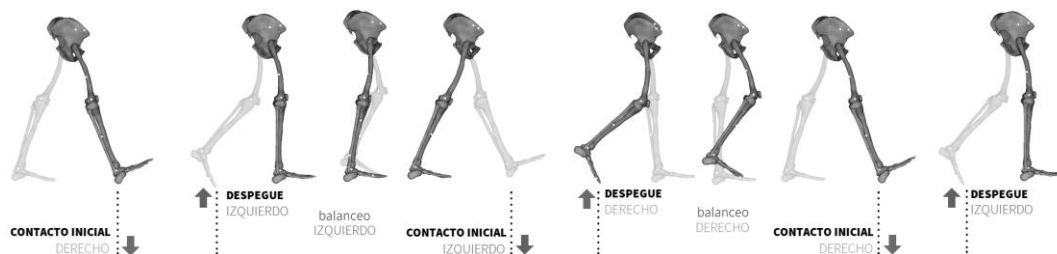


Figura 5. Cadencia o ritmo de paso [8].

1.1.1.7. Desplazamiento vertical y lateral

Existen dos tipos de desplazamientos que actúan sobre el centro de gravedad cuando se realiza la marcha, estos son el desplazamiento vertical y el desplazamiento lateral.

- Desplazamiento vertical

En este intervienen la pelvis, la cadera y al rodilla que trabajan coordinadamente para disminuir la amplitud de curva, por otro lado, la rodilla, el tobillo y el pie trabajan para suavizar los cambios de sentido como se muestra en la Figura 6. La pelvis rota hacia delante 4 grados de la línea

central, esto permite que el desplazamiento vertical del centro de gravedad disminuya 1 cm [8].

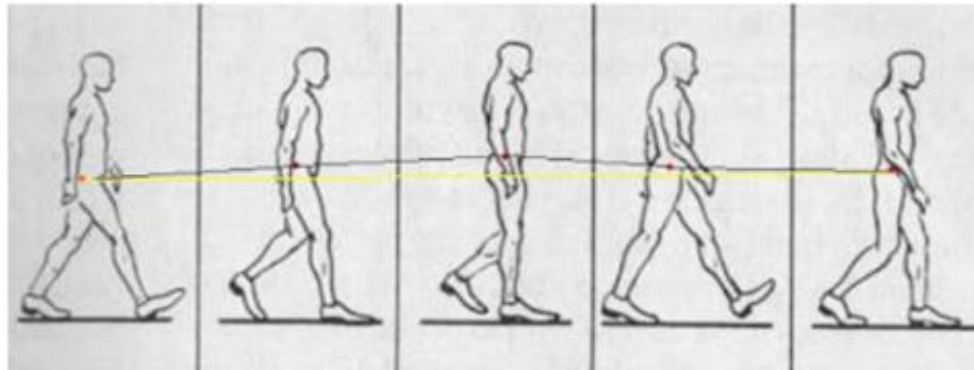


Figura 6. Desplazamiento vertical [8].

- Desplazamiento lateral

El desplazamiento equivale a 5 centímetros tomando como referencia el centro de gravedad de una persona como se muestra en la Figura 7. La cabeza y el tronco tienen un papel pasivo durante la marcha, lo que los limita a estar centrados por encima del área formada por los pies e inclinando el peso del cuerpo hacia la extremidad que apoya [8].

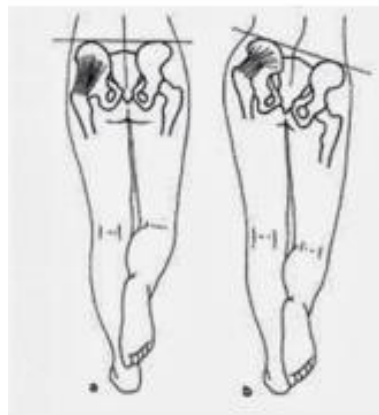


Figura 7. Desplazamiento vertical y lateral [8].

1.1.1.8. Movimiento articular

El movimiento articular se produce en el tobillo, cadera y rodilla, cada uno tiene un rango de movimiento limitado.

- Tobillo: se da entre los 20° de flexión plantar y los 15° de dorsiflexión tal como se muestra en la Figura 8.

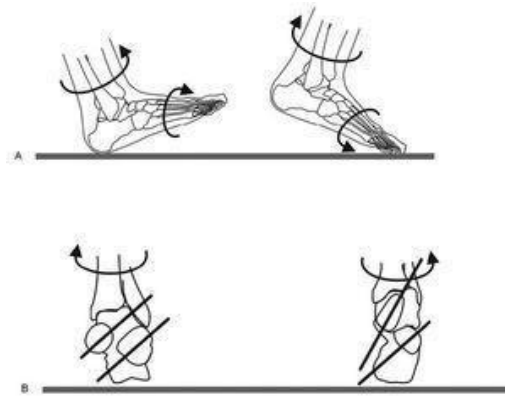


Figura 8. Movimiento articular de tobillo [8].

- Cadera: se mueve entre 30° de flexión y 15° de extensión como indica la Figura 9



Figura 9. Movimiento articular de cadera [8].

- Rodilla: se mueve entre una extensión completa con un ángulo de flexión de 60° en la fase de balanceo como indica la Figura 10.

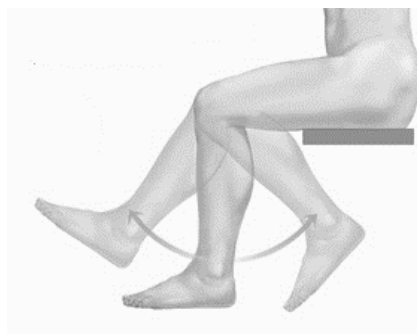


Figura 10. Movimiento articular de rodilla [8].

1.1.1.9. Velocidad de la marcha

Es aproximadamente a 1 metro por segundo; también puede variar en un rango que está entre 3 y 4 kilómetros por hora, esto depende del largo que tengan las extremidades inferiores, y cuán fuerte sea la resistencia aeróbica de la persona [8].

1.1.1.10. Simetría pélvica

Se refiere al equilibrio en la forma y estructura de la pelvis, una pelvis simétrica tiene una forma y el tamaño equilibrado en los dos lados. Esta simetría tiene importancia en el funcionamiento en el cuerpo, debido a que está se relaciona con la postura, la movilidad y el equilibrio. Cuando existe el caso de una asimetría pélvica se generan varios problemas como: dolor de espalda, desequilibrios musculares y dificultades para realizar actividades físicas [8].

La simetría de la pelvis se puede determinar mediante exámenes médicos o radiografías especiales que permiten visualizar la simetría ósea para la posterior detección de la anomalía como se muestra en la Figura 11. Considerando lo antes nombrado, se tienen varios tratamientos para la prevención de esta la asimetría pélvica [8].

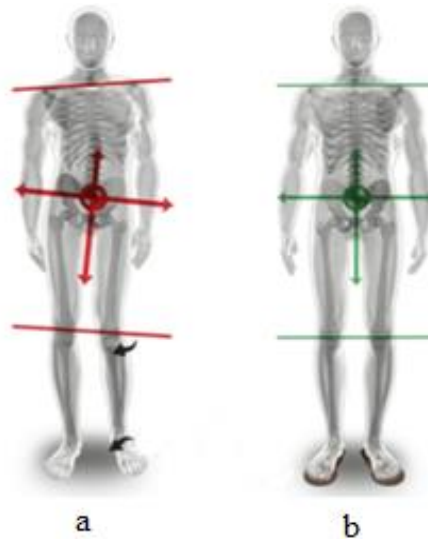


Figura 11. Simetría de pelvis. a) asimetría pélvica. b) simetría pélvica [8].

1.1.1.11 Parámetros de la marcha

La marcha humana se caracteriza por diferentes tipos de parámetros, que varían de acuerdo con su complejidad. De una manera básica, la marcha humana puede ser descrita mediante parámetros espacio-temporales. Este tipo de parámetros no solamente varían entre distintas personas sino también en la misma persona, suelen ser muy importantes de una persona cuando las condiciones que afectan a la marcha se mantienen constantes [1].

También se presentan parámetros cinemáticos que brindan una descripción más detallada del ciclo de marcha, este tipo de estudios son complementados con información cinética. Mediante estudios cinemáticos se puede registrar las diferentes variaciones angulares que tienen las articulaciones del cuerpo, también su inclinación, torsión y oscilación de los diferentes segmentos corporales que forman parte del cuerpo humano. Los estudios cinéticos se centran en dar a conocer las fuerzas de reacción producidas en el suelo, las potencias, y momentos que se presentan en las articulaciones. A continuación, en la Tabla 2 se presentan los diferentes parámetros obtenidos generalmente en estudios de marcha humana [1].

Tabla 1. Parámetros obtenidos generalmente en estudios de marcha humana [1].

Espaciotemporales	Cinemáticos	Cinéticos
-Tiempo en fase de balanceo (ms) - Tiempo de balanceo (% del ciclo) - Duración del ciclo o zancada (ms) - Cadencia (pasos/min) - Duración de apoyo doble (ms) - Porcentaje de Apoyo doble (% ciclo) - Longitud del ciclo o zancada (mm) - Largo del paso (mm) - Velocidad (m/s) - Velocidad de balanceo (m/s)	- Oblicuidad de la pelvis - Flexo-extensión de cadera - Flexo-extensión de rodilla - Rotación interna-externa de rodilla - Rotación interna-externa de cadera	- Gráficas de momentos en las articulaciones generalmente en plano medio del cuerpo humano.

1.1.2. Factores que modifican la marcha normal ocasionando marcha patológica

- **Naturaleza del suelo:** Las personas caminan de forma distinta dependiendo del tipo de terreno sobre el que se desplace, estudios han determinado que los impactos que tiene el pie sobre el suelo aumentan considerablemente cuando se camina sobre pavimentos duros, mientras que se disminuyen cuando la

persona se desplaza sobre suelos naturales. Tomando en cuenta todas estas consideraciones las personas toman diferentes adaptaciones de acuerdo a la inclinación que tengan los terrenos en los cuales se desplacen [9].

- **Calzado:** Como se conoce el calzado tiene la función principal de servir como soporte y protección al pie ya que en la antigüedad se sufrían muchas lesiones en su interior debido a los malos terrenos en los que se desplazaban las personas, las características que tiene el calzado y que más influye en la marcha son:
- **Tacón:** La presencia de esta parte del calzado, así como su altura, y anchura influyen en el proceso de marcha. Generalmente las mujeres presentan mayores alteraciones y patologías asociadas al hecho de usar zapatos con tacos altos. El tacón modifica además de la posición del pie, la posición de todo el cuerpo, esto ocasiona que exista una alteración postural, también disminuyen la longitud de paso, la velocidad, la fase de apoyo entre otros parámetros de la marcha normal [9].
- **Capacidad de amortiguación:** La elasticidad de los pies permite soportar aproximadamente 200 kg de peso sin que se tenga consecuencias negativas sobre la columna vertebral. Las personas tienen mecanismos de amortiguación como las acciones del tibial y del cuádriceps, los tendones también absorben energía producida luego del choque, por lo que el utilizar un incorrecto calzado ocasiona que se produzcan alteraciones en la marcha. Se debe utilizar un calzado adecuado relacionado directamente con la actividad que se realiza [9].
- **Vestimenta:** Algunas características de la ropa que ocasionan modificaciones de la marcha están relacionadas con el peso de la ropa, la comodidad de la misma, un ejemplo de esto se presenta cuando al ocupar una prenda muy pesada la persona empieza a caminar de forma encorvada hacia adelante, o si es que se utiliza una prenda muy estrecha se realizan paso muy pequeños [9].
- **Transporte de carga:** Este factor que modifica la marcha humana es el objeto de estudio de nuestro proyecto, esto debido a que las personas que suelen transportar cargas suelen caminar con las rodillas flexionadas e inclinan su cuerpo hacia adelante. De igual manera empiezan a pisar de manera incorrecta ya que utilizan toda la planta sobre el suelo, en lugar de

utilizar solo el talón. Estas variaciones también dependen de la distribución de la carga y de la forma en la que es transportada, en el caso del transporte de cargas mediante baldes el movimiento de los brazos ocasiona una oposición al giro escapular. Este tipo de transporte aumenta el gasto energético considerablemente, y también es causa de varias alteraciones músculo-esqueléticas producidas por la alteración de la marcha [9].

- **Género:** La diferencia entre hombre y mujer se da principalmente en la sección de la lordosis lumbar ya que ésta suele ser mayor en la mujer que en el varón debido al peso de los senos, y al empleo de tacones altos que ocasionan que se desplace hacia delante respecto al centro de gravedad. No solo existen variaciones respecto al sexo sino también al peso, altura, calzado, etc [9].
- **Raza:** Las diferentes costumbres culturales, la clase social, y la raza pueden modificar la marcha normal. En países asiáticos se realizaban una especie de rituales que disminuían el tamaño de los pies, ocasionando deformaciones y alteraciones en la marcha [9].
- **Edad:** Según pasan los años la forma de caminar tiene cambios que se presentan en el siguiente listado:
 - Durante la niñez la forma de caminar es de manera inestable y torpe, suelen inclinarse hacia atrás o hacia adelante, y suelen caerse con facilidad debido a su falta de equilibrio [9]
 - En la adolescencia, y durante la etapa de adultez la forma de caminar es de forma ligera, flexible, y ágil, este tipo de cualidades con el paso del tiempo suelen disminuir considerablemente [9].
 - Por último, en una persona anciana se pueden observar diferentes alteraciones en la marcha, algunas propias del envejecimiento, y otras sujetas a patologías subyacentes que se presentan con mayor facilidad en las personas de edad avanzada. Estos cambios se deben a diferentes factores como las alteraciones neurológicas, patología articular, y en personas que durante su juventud se encargan de llevar pesadas cargas de un lugar a otro tomando posturas incorrectas [9].
- **Peso:** Este parámetro influye de forma directa en las fuerzas ejercidas sobre el suelo al momento de realizar la marcha, una persona obesa, o una mujer

embarazada presenta una variación en su centro de gravedad. El sobrepeso influye en el desarrollo de deformidades en las extremidades y estas deformidades modifican los patrones de marcha normal. Una persona subalimentada camina con el menor esfuerzo, y suele encorvarse de esta manera avanza de manera muy lenta y arrastra los pies [9].

1.1.3. Análisis de movimiento 3D iSen Systems

Es un conjunto de herramientas completo para el análisis biomecánico que puede ser usado para la elaboración de informes, consta de elementos de hardware y software que son necesarios para un análisis eficaz. A través del programa iSen Systems se puede sincronizar datos con diferentes dispositivos y ofrece una gama de utilidades para el procesamiento de señales, detección de eventos, entre otras aplicaciones [10].

Este software cuenta con los siguientes módulos de estudio:

- **Ergonomía:** Se trabaja con una serie de sensores que permiten desde una simulación sencilla hasta una compleja, dada la licencia del software y la permanencia de este, se obtiene una visualización 3D en tiempo real del esqueleto, con el que se genera un documento con los resultados del análisis de forma rápida [10].
- **Médico:** Con el uso de sensores de cuerpo completo o parcial se puede indicar las diversas fallas que se pueden considerar en el cuerpo se crean diferentes protocolos de trabajo para que se realicen estudios médicos en diversos ámbitos que requieran un análisis de movimiento [10].
- **Análisis de marcha:** Se consigue a través de las diferentes combinaciones que pueden ser ubicadas en el tren inferior o cuerpo completo, con la finalidad de conseguir un estudio conciso que indique diversos parámetros preestablecidos para indicar un movimiento correcto realizado durante la marcha [10].
- **Rehabilitación:** Uno de los ámbitos en donde más se requiere el uso de programas de análisis de movimiento es la rehabilitación, dada la facilidad con la que se obtienen los datos y la capacidad de comparación se puede indicar puntos exactos donde el movimiento es incompleto y se pueda implementar un protocolo de corrección [10].

- **Investigación:** A través de las configuraciones que se pueden hacer, la implementación de estudios nuevos está presente, por lo que el uso de análisis de movimiento es fundamental para el desarrollo de este ámbito [10].

1.1.3.1. Parámetros de análisis del movimiento 3D

En análisis del movimiento detalla los siguientes parámetros:

- **Plano frontal:** Es un plano que pasa por toda la cisura coronal para fragmentar el cuerpo en anterior y posterior como se muestra en la Figura 12.

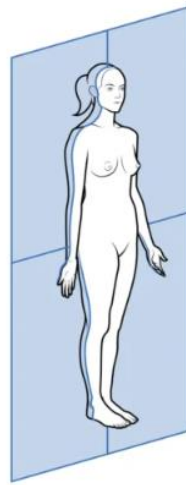


Figura 12. Plano frontal [10].

- **Plano transversal:** Es un plano que pasa por el eje longitudinal y fragmenta el cuerpo en superior e inferior como muestra la Figura 13.

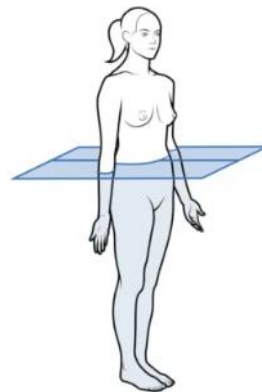


Figura 13. Plano transversal [10].

- **Plano sagital:** Es un plano que va desde la parte anterior del cuerpo a la parte posterior y es paralela a su eje mayor, divide al cuerpo en dos mitades iguales, una derecha y la otra izquierda como muestra la Figura 14.



Figura 14. Plano sagital [10].

- **Simetría:** Permite identificar la similitud entre los dos lados del cuerpo durante la prueba.
- **Fase de apoyo:** Es la parte del ciclo de marcha en la que el pie evaluado está en contacto con el suelo, tiene diferencia entre el lado derecho e izquierdo.
- **Fase de balanceo:** Es la parte del ciclo de marcha en la que el pie evaluado no está en contacto con el suelo, tiene diferencia entre el lado derecho e izquierdo.
- **Doble apoyo:** Es la parte del ciclo de marcha en la que los dos pies están en contacto con el suelo.
- **Zancada:** Es un ciclo de marcha completo, este comienza cuando el pie que es evaluado tiene contacto con el suelo y culmina en el siguiente contacto con el suelo del mismo pie.
- **Paso:** Es el medio ciclo de la marcha, inicia al momento que el pie evaluado se levanta del suelo y termina cuando entra en contacto con el suelo del mismo pie.
- **Tiempo total:** Lapso en el cual se terminó de realizar la prueba.

- **Informes personalizados:** El software proporciona un resumen completo de los parámetros relacionados con la marcha, como la rotación, flexo-extensión, aducción-abducción de las articulaciones en las que se coloca los acelerómetros. Estos informes incluyen gráficos, tablas, y análisis de los datos en tiempo real, esto facilita la interpretación de estos.

1.1.4. Análisis del tren inferior (sin pies)

Esta sección se compone de las extremidades inferiores que se encuentran sujetas al tronco a través de la pelvis mediante la articulación de la cadera como se indica en la Figura 15. Cumple la función de equilibrar el peso del cuerpo en una posición bípeda, y hacer posible las diversas actividades que evitan la contracción de la musculatura (Correr, trotar, caminar) [11].

El tren inferior está compuesto de 4 regiones en su parte ósea y estas son:

1. **Cintura pelviana:** Sacro; coxis, ilion, isquion, y pubis.
2. **Muslo:** Fémur
3. **Pierna:** Tibia, fíbula, y rótula.
4. **Pie:** Tarso, metatarso, y falanges.

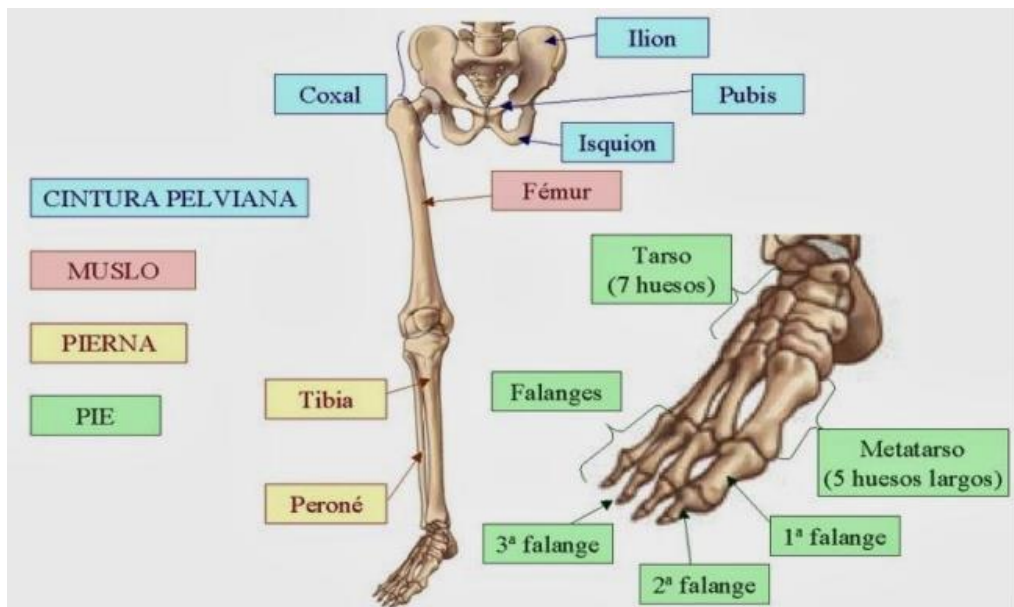


Figura 15. Esquema de tren inferior [11].

1.1.4.1. Parámetros biomecánicos del software

Estos parámetros hacen referencia a medidas que se utilizan para analizar, y evaluar el movimiento de un cuerpo humano desde una perspectiva mecánica. Estos tienen la capacidad de brindar información sobre el movimiento de las diferentes partes del cuerpo, y como se relacionan durante el tiempo que dura una actividad física [12].

Estos parámetros se subdividen en:

- Parámetros cinemáticos.
- Parámetros cinéticos.
- Parámetros electromiográficos.
- Parámetros antropométricos.

A continuación, en la Tabla 2 se detallan las variables de los parámetros biomecánicos que se encuentran en la interfaz del programa.

Tabla 2. Parámetros biomecánicos [10].

Articulación	Ángulo	Eje			Eje			Plano	
Pelvis	Inclinación	Pelvis	Y	vs	Global	Y	Proy.	Pelvis	X
	Oblicuidad	Pelvis	Y	vs	Global	Y	Proy.	Pelvis	Z
	Rotación	Pelvis	Z	vs	Global	Z	Proy.	Pelvis	Y
Cadera	Flexo/Extensión	Pelvis	Y/Z	vs	Muslo	Y/Z	Proy.	Pelvis	X
	Rotación	Pelvis	X/Z	vs	Muslo	X/Z	Proy.	Pelvis	Y
Rodilla	Flexo/Extensión	Muslo	Y/Z	vs	Gemelo	Y/Z	Proy.	Muslo	X
	Rotación	Muslo	Z	vs	Gemelo	X			

Para determinar la posición de los ejes se observa la Figura 16.

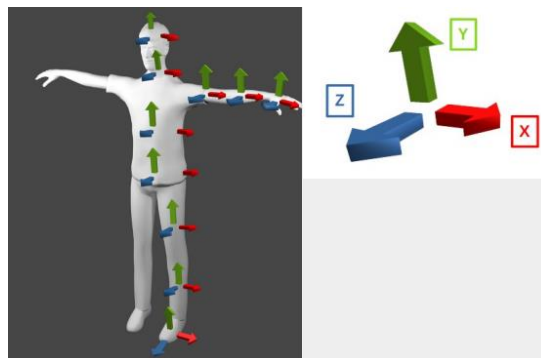



Figura 16. Dirección de los ejes [10].

En la Tabla 3 se muestra la ubicación de los ejes en el cuerpo del individuo que participa en las pruebas.

Tabla 3. Ubicación de los ejes [10].

Articulación	Ángulo	Eje		Ilustración de ubicación de los ejes
Pelvis	Inclinación	Pelvis	Y	
	Oblicuidad	Pelvis	Y	
	Rotación	Pelvis	Z	

Cadera	Flexo/Extensión	Pelvis	Y/Z	 A side-view photograph of a person in a blue shirt and black shorts with a green stripe, captured in a running stride. A red dot is placed on the hip, and a green line extends from the hip down the length of the thigh, illustrating the movement of the hip joint.
	Rotación	Pelvis	X/Z	 A side-view photograph of a person in a blue shirt and black shorts with a green stripe, captured in a running stride. A green ring is placed on the hip, and a blue arrow points to the right, indicating the direction of rotation.
Rodilla	Flexo/Extensión	Muslo	Y/Z	 A side-view photograph of a person in a blue shirt and black shorts with a green stripe, captured in a running stride. A red dot is placed on the knee, and a green line extends from the hip down the length of the lower leg, illustrating the movement of the knee joint.

	Rotación	Muslo	Z	
--	----------	-------	---	--

Para el análisis de este caso de estudio se toman los siguientes parámetros biomecánicos, dado que en estos puntos existe mayor riesgo de desarrollar alteraciones, y a largo plazo ocasiona enfermedades, éstos son:

- Inclinación de pelvis.
- Oblicuidad de pelvis.
- Flexo-extensión de cadera.
- Rotación de cadera.
- Flexo-extensión de rodilla.
- Rotación de rodilla.

1.1.4.2. Inclinación de pelvis

Este tipo de movimiento se ubica en el plano sagital o plano medio que es perpendicular al suelo y pasa a través de la mitad del cuerpo y lo divide en dos partes iguales, derecha e izquierda. La inclinación se define como la rotación de la pelvis en torno a un eje transversal que cruza el centro de ambas articulaciones coxofemorales que demuestra utilidad al momento de evaluar la postura de una persona- La inclinación pélvica se considera positiva si las espinas ilíacas anterosuperiores se dirigen hacia abajo, y negativas si se dirigen hacia arriba tal como se muestra en la Figura 17. Existen diversos métodos para valorar la inclinación, gran parte de estos estudios indican dificultades relacionadas a la toma de datos al momento de realizar radiografías o el uso de dispositivos complicados [13].

El valor neutral de la inclinación pélvica se define en 60 grados, este valor se obtiene con el ángulo entre la horizontal, y una línea que une la sínfisis que se encuentra en el promontorio sacro [13].

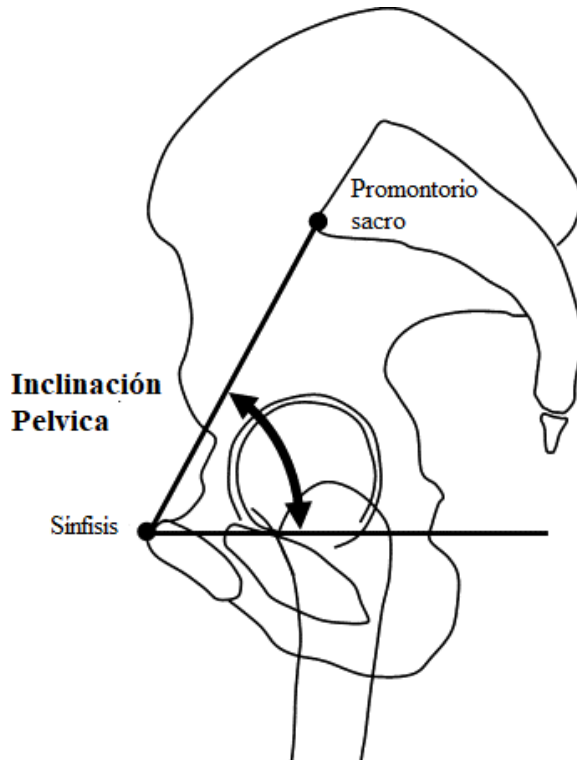


Figura 17. Inclinación pélvica [13].

1.1.4.3. Oblicuidad de pelvis

Se refiere a una asimetría en la posición de la pelvis respecto al plano frontal del cuerpo humano, esto quiere decir que la pelvis no se encuentra en una posición horizontal, sino que se encuentra inclinada hacia un lado como indica la Figura 18[13]. Está asociada con diferentes condiciones médicas y puede ser adquirida o congénita. Puede ser causada por diferentes factores:

- Contracturas musculares.
- Deformidades Oseas.
- Desequilibrios musculares.
- Lesiones en la columna vertebral.

Este tipo de oblicuidad puede tener consecuencias en la estabilidad y funcionabilidad del cuerpo. Puede provocar dolor, dificultad para mantener posturas y limitaciones en la movilidad durante la marcha [14].



Figura 18. Oblicuidad de pelvis [14].

1.1.4.4. Flexo-extensión de cadera

La extensión se considera como el movimiento de extremidades inferiores por atrás del plano frontal, que posee un rango de movilidad de 20 grados con la rodilla extendida y 10 grados con la rodilla flexionada como indica la Figura 19. Los flexores se consideran los músculos que están ubicados por delante del plano frontal y que atraviesan el centro de la articulación; los extensores a diferencia de los flexores son músculos que están ubicados por detrás del plano frontal [13].

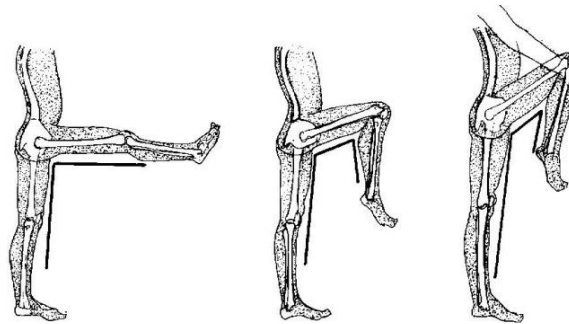


Figura 19. Flexo-extensión de la cadera [13].

1.1.4.5. Rotación de cadera

La rotación de cadera es un movimiento que inicia cuando la pierna gira hacia adentro, afuera, o al centro del cuerpo tomando como referencia a la pelvis como se indica en la Figura 20. Este tipo de rotación se lleva a cabo en la articulación ubicada en la cadera, ésta tiene características que le permiten unirse con la pelvis gracias a la acción de los músculos que rodea la articulación [15].

Este movimiento cumple una función muy importante para realizar actividades como: caminar, correr, sentarse, o en este caso transportar productos agrícolas. Un

aspecto importante para considerar es que la amplitud de la rotación de la cadera varía entre los sujetos de prueba, y puede verse afectada por condiciones médicas, limitaciones, o lesiones [15].

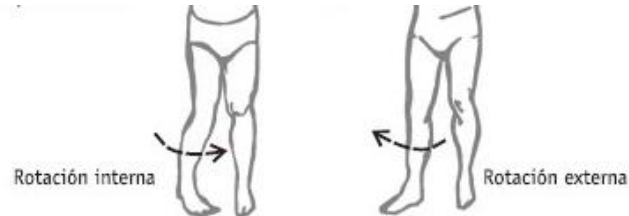


Figura 20. Rotación de cadera [15].

1.1.4.6. Flexo-extensión de rodilla

La rodilla posee un solo grado de libertad de movimiento este es flexo-extensión dicho movimiento permite que la rodilla regule la distancia de separación entre el cuerpo y el suelo, esto lo consigue al acercar o alejar el extremo de la pierna a la raíz de esta, es decir acercando o alejando el glúteo como se muestra en la Figura 21. Además del primer grado de libertad, se presenta un segundo sentido de libertad que se muestra solamente en la flexión de la rodilla, este movimiento es de rotación sobre el eje longitudinal de la pierna [15].

Una de las características es que debe poseer mucha estabilidad cuando la rodilla se encuentre en extensión completa, dado que este punto es en donde la rodilla soporta el peso total del cuerpo. Por otra parte, también debe contar con una gran movilidad en la flexión para que al momento de realizar el ciclo de marcha el pie tenga una buena orientación [15].

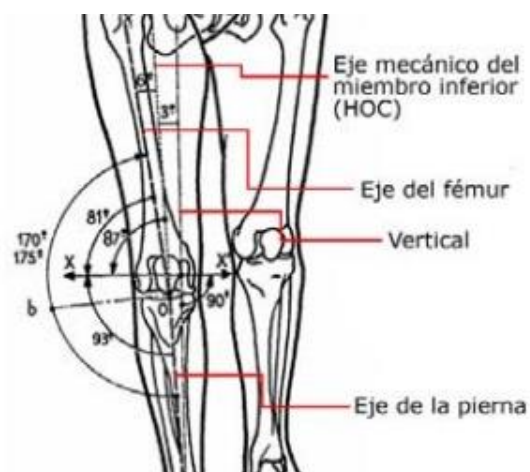


Figura 21. Flexo/extensión de rodilla [15].

1.1.4.7. Rotación de rodilla

Este movimiento se da durante la flexión, y se puede medir cuando el sujeto se encuentra a 90 grados, sentado sobre una silla con las piernas colgando como muestra la Figura 22. La rodilla tiene rotación interna y externa; la rotación interna lleva la punta del pie hacia adentro durante la aducción del pie. Por otro lado, la rotación hace lo contrario, y ocurren durante la abducción del pie [15].

La rodilla cuenta con una rotación automática que tiene el nombre de rotación axial esta se presenta de forma involuntaria e inevitable cuando se realicen movimiento de flexión, y extensión. Esta se presenta en el final de la extensión, y en el comienzo de la flexión; cuando la rodilla se encuentra en un movimiento de extensión existirá una rotación externa, mientras que cuando se realice un movimiento de flexión la rotación de la rodilla será interna [15].

Se establece que la flexión es de 40 grados, sin embargo, cuando la pierna se encuentra a 30 grados de flexión la rotación externa es de 32 grados. Al mismo tiempo que cuando la pierna se encuentre en un ángulo recto o a 90 grados de flexión, la rotación externa presenta un cambio de valor que es de 42 grados [15].

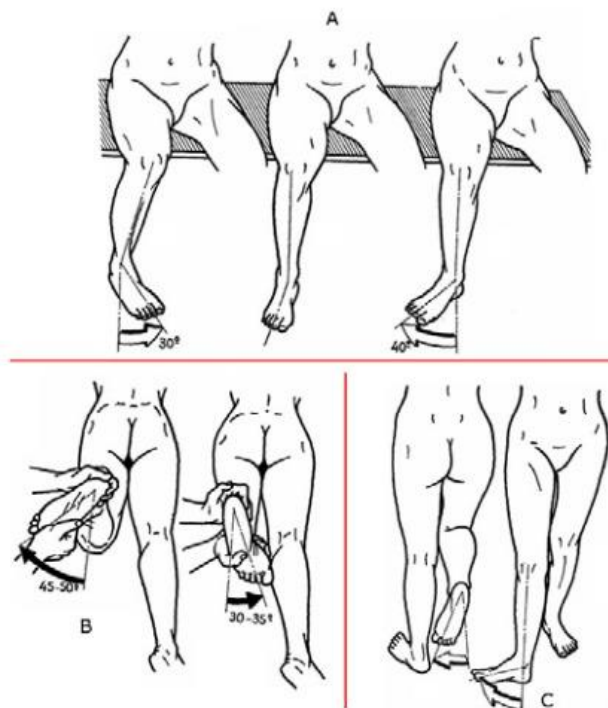


Figura 22. Rotación de rodilla [15].

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar las alteraciones de la marcha asociados al transporte de baldes con productos agrícolas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Estudiar los parámetros de la marcha normal y patológica para determinar la capacidad de ser medidos en el LAMUTA.

A través de una investigación previa se establecen los diversos parámetros de la marcha normal y la marcha patológica, con esto se puede determinar que parámetros pueden ser medidos en el LAM-UTA y cuales tienen una mayor alteración cuando se realiza el transporte de productos agrícolas.

- Desarrollar protocolos para estudiar la marcha con diversas configuraciones de transporte de baldes con productos agrícolas para determinar alteraciones.

Mediante el uso de un software especializado se desarrolla un protocolo que tenga capacidad de medir las diferentes alteraciones que se presentan al momento de transportar productos agrícolas en baldes con diferentes configuraciones, estas pueden ser la marcha sin carga, con carga asimétrica y carga simétrica.

- Realizar pruebas en el LAMUTA y de campo para realizar ajustes al protocolo y realizar sugerencias de mejora en el transporte de la carga.

Con un protocolo ya establecido se realizan pruebas en el laboratorio de análisis de movimiento de la Universidad Técnica de Ambato, así como también en un sector rural que se dedica al ordeño de leche ubicado en el barrio San Francisco del chasqui, con la ayuda de 3 sujetos de prueba se obtienen resultados que indican las alteraciones dadas durante el transporte, mediante el análisis de estos resultados se indican las recomendaciones necesarias para mejorar la marcha durante la actividad.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

2.1.1. Lista de materiales para la ejecución del proyecto

En la tabla 4, presentada a continuación se detalla una lista de los materiales a utilizar durante el desarrollo, para la determinación de alteraciones con la ayuda del protocolo establecido, y de un software especializado.

Tabla 4. Listado de equipos y materiales

Equipos y materiales	
Nombre	Descripción
Acelerómetro	Dispositivo utilizado para la medición de la aceleración gravitacional estática.
Báscula	Herramienta utilizada para determinar el peso de los sujetos de prueba.
Cinta métrica	Herramienta utilizada para determinar la estatura de los sujetos de prueba
Software especializado	Software utilizado para la implementación del protocolo necesario, para la obtención de datos y graficas en tiempo real
Balde plástico	Herramienta utilizada para el transporte de productos agrícolas,
Cintas adhesivas de velcro	Herramienta utilizada para adherir los acelerómetros en los puntos del cuerpo que requiera el protocolo
Computadora	Dispositivo utilizado para la verificación de datos y uso del software

2.1.2. Recursos Humanos

Las personas que están encargadas del proyecto técnico del proyecto son: el docente tutor y los autores, que se encargan del desarrollo del trabajo, fase de

experimentación, implementación del protocolo en campo, desarrollo de recomendaciones y fase de finalización.

Jonathan Alexander Puco Estudiante

Edison Andrés Velásquez Estudiante

Ing. Thalía San Antonio, PhD Docente Tutor

2.1.3. Recursos Institucionales

Los medios son proporcionados por la Universidad Técnica de Ambato para realizar el proyecto técnico son:

- Software Especializado
- Laboratorio de Análisis de Movimiento
- Acelerómetros
- Bibliotecas y repositorios

2.1.4. Recursos Económicos

Según el análisis realizado, este proyecto tiene un valor de 225 USD. A continuación, se presenta la Tabla 5 con el detalle de los costos que se utilizan para el desarrollo de este.

Tabla 5. Recursos económicos utilizados

Denominación	Costo
Transporte	\$100
Servicios	\$50
Imprevistos	\$75
Total	\$225

2.1.5. Descripción del equipo

2.1.5.1. Acelerómetros

Para determinar la aceleración gravitacional que tiene cada articulación del cuerpo, se utiliza un dispositivo con la capacidad de determinar estas mediciones, es ahí donde se aplica el uso de los acelerómetros. Un dispositivo con la capacidad de enviar información en tiempo real a un software especializado, que indica la posición en tres ejes (x, y, z), dicha información indica los grados de inclinación que posee

cada parte del cuerpo donde están ubicados los acelerómetros, con lo cual se puede generar un informe que indique diferentes parámetros como la flexo extensión, abducción, aducción, etc. Estos valores obtenidos se indican a través de un informe que el software presenta, en el cual a través de gráficas y datos reales se muestran las alteraciones.

Un acelerómetro que se muestra en la Figura 23, consta de las siguientes partes:

- Entradas analógicas
- Botón de encendido
- Serie auxiliar
- Interfaz en serie
- USB

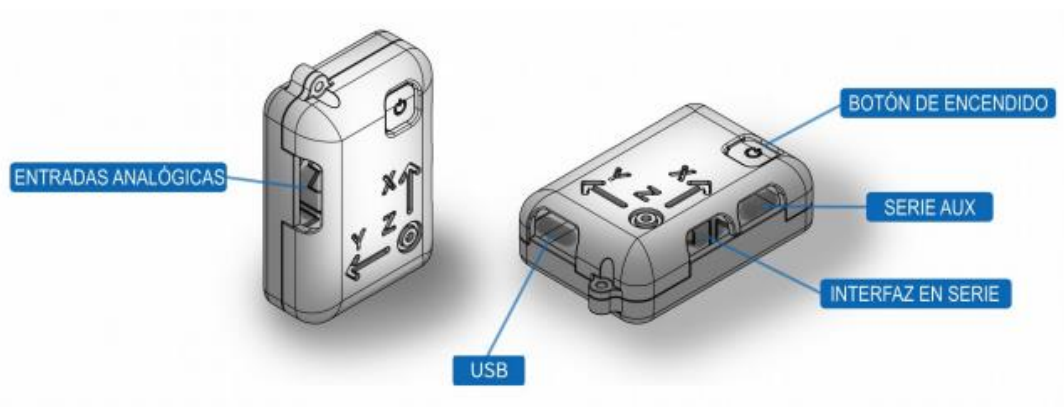


Figura 23. Partes de un equipo de medición STT Systems [10].

2.1.5.2. Requisitos para la instalación del software [10]

- Sistema operativo: Windows vista, Windows 7 en adelante (No funciona en Mac).
- Procesador: Intel Core I3 Quinta generación.
- Memoria: 4 GB de RAM.
- Almacenamiento: 256 GB.
- Dispositivo de memoria USB de STT Systems para instalación del software.

2.2. Métodos

2.2.1. Tipos de Investigación

a. De campo

Este tipo de metodología es utilizada con el propósito de determinar las alteraciones en la marcha ocasionadas al momento de transportar productos agrícolas mediante baldes. Los métodos de campo son considerados herramientas significativas de fácil aplicación que permiten estimar el nivel de alteraciones en entornos que no se consideran cotidianos.

b. Bibliográfica

La información se obtiene de artículos científicos que tratan sobre temas similares con fuentes internacionales que validan dichos estudios, esto ha permitido estructurar las bases para este caso de estudio, considerando que en el país no existen estudios relacionados directamente con esta temática; esto se realiza para tener un fundamento que permite validar el desarrollo del proyecto.

2.2.2. Nivel de investigación

a. Descriptiva

El tipo de investigación que se utiliza es descriptivo, dado que va a especificar las alteraciones que sufren las personas que trabajan en el sector primario de la economía, con simulaciones en tiempo real, donde se indican los puntos exactos en el que las articulaciones tienden a tomar movimientos forzosos. Por ello se desarrolla un protocolo en el LAM-UTA con la finalidad de generar recomendaciones, mediante el análisis de los resultados obtenidos a través de las mediciones que se han realizado en el software especializado.

b. Experimental

A través de este método se analizan diversos parámetros que se dan en la marcha como: oblicuidad, flexo-extensión, aducción/abducción, entre otros. De igual manera, se considera un tipo de investigación experimental dado que se va a aplicar un protocolo específico, para este caso de estudio es el de tren inferior (sin pies); de este se van a extraer gráficas y datos en tiempo real que pueden ser comparados para generar recomendaciones que ayuden a evitar alteraciones en el proceso de marcha.

2.2.3. Tipo de muestra

Muestreo por conveniencia

Este tipo de muestra es aplicado debido a la disponibilidad de sujetos de prueba, se considera a dos personas que se dediquen al ordeño de ganado y a una persona que se dedica a otra actividad, esto con la finalidad de mostrar resultados mas evidentes al momento de comparar las alteraciones en cada uno de los participantes.

2.2.4. Instalación del software especializado

La instalación del software iSen Systems requiere de los pasos detallados a continuación:

1. Preparación del software: Si es que se requiere una instalación en su propio equipo se debe conectar el dispositivo USB de STT Systems y copiar el contenido a una dirección temporal de su equipo.
2. Hacer doble clic en el archivo .exe “iSen installation v.X.XX”, después seguir los pasos indicados hasta el final de la instalación.
3. A continuación, el software preguntará si se quiere instalar los “Controladores HASP”, dar clic en la opción “Yes” si es que se realiza la instalación por primera vez, caso contrario omitir este paso, de esta forma se culminará la instalación del software.

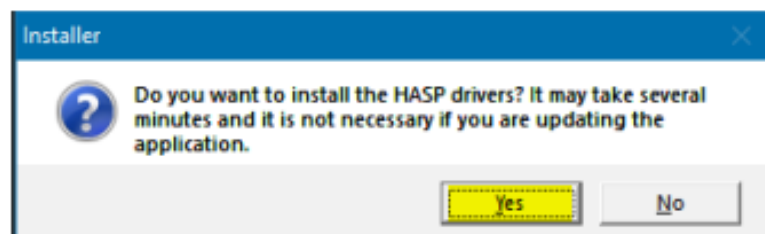


Figura 24. Permiso para instalar controladores HASP [10].

4. Una vez instalado el software se realiza una configuración del router provisto por el sistema, se debe encender el router Wifi.

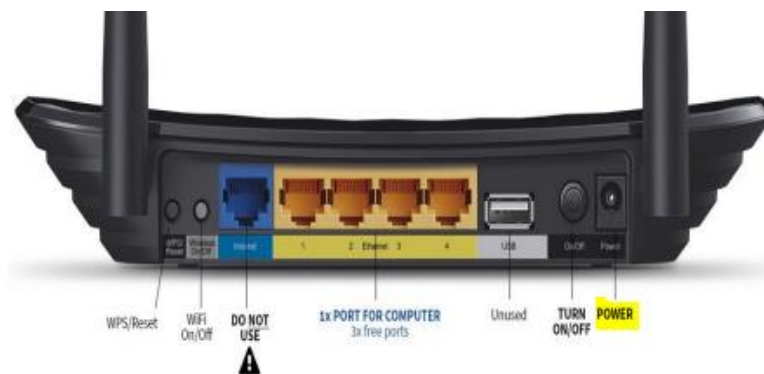


Figura 25. Puertos Router Wifi [10].

5. Se conecta el router al equipo a través de un cable de Ethernet, se puede usar cualquier puerto del router menor el puerto WLAN.



Figura 26. Conexión del equipo con el router [10].

6. Dado que se utilicen como mínimo 7 sensores se pueden optar por usar la conexión WIFI que es más fácil de configurar. Para esto se elige la red IWS_STATION_5GHz, otra opción en caso de no aparezca la primera red es usar IWS_STATION_24GHz en su lugar.

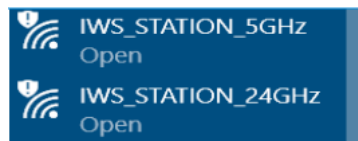


Figura 27. Redes disponibles [10].

7. En el caso de que se requiera conectar a través del cable de red Ethernet se debe abrir el centro de redes y recursos compartidos que se ubica en el panel de control

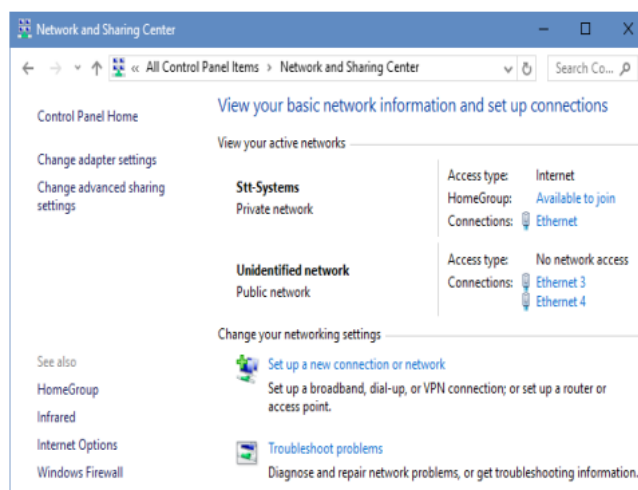


Figura 28. Centro de redes y recursos compartidos [10].

- Hacer clic en la conexión del puerto de Ethernet, donde está conectado el router.
- Se abre la ventana del estado de Ethernet, ahí se debe dar clic en propiedades.

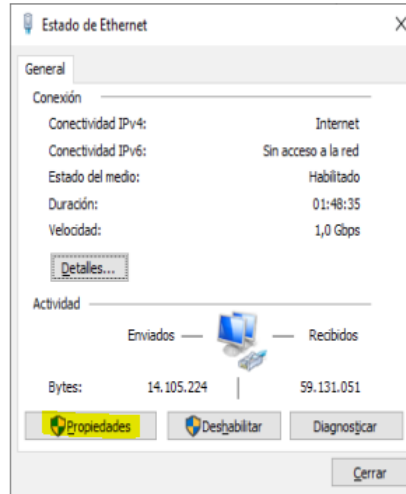


Figura 29. Ventana de estado de Ethernet [10].

- Se debe buscar en la lista el elemento del protocolo que tenga la versión 4 (TCP/Pv4), y hacer clic en propiedades.

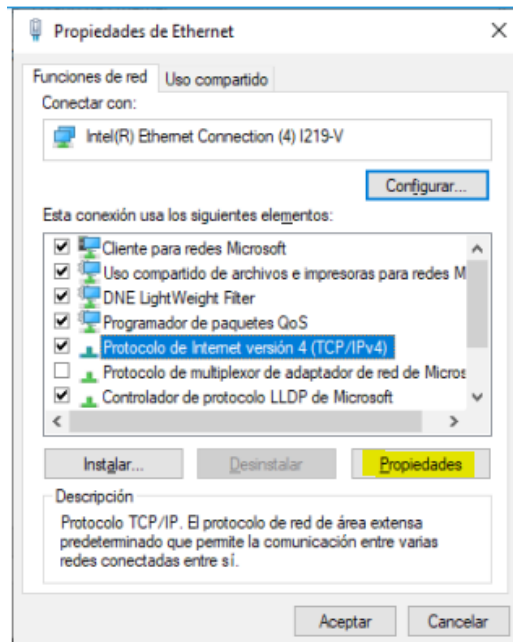


Figura 30. Propiedades de Ethernet [10].

- Se debe asegurar que el IP y DNS se obtengan de forma automática.

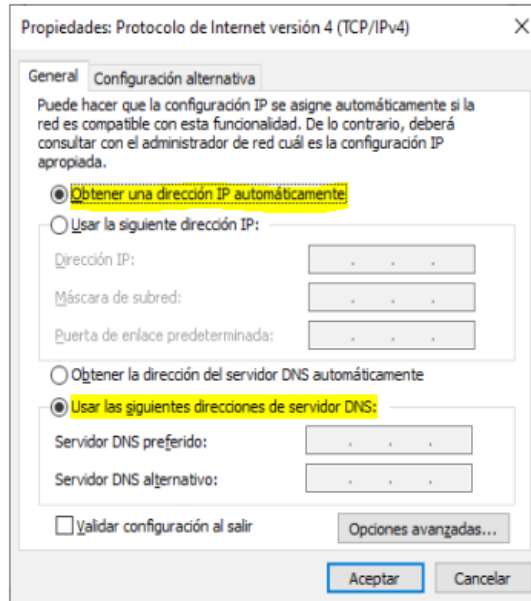


Figura 31. Protocolo de internet versión 4 (TCP/Pv4) [10].

12. Finalmente, al completar la configuración el programa está listo para ser utilizado.

Protocolo para la determinación de alteraciones de la marcha asociados al transporte de productos agrícolas en baldes

2.2.4. Selección del módulo y calibración

Para la determinación de alteraciones, se utiliza el análisis de tren inferior sin pies, se considera que es el más idóneo para la obtención de resultados, los pasos necesarios para la utilización de este análisis se detallan a continuación:

1. Ingresar en el software y en la venta principal seleccionar la opción “Nuevo Análisis”



Figura 32. Ventana de inicio software iSen Systems [10].

2. En la ventana de selección de protocolo, dar clic en análisis de marcha, al desplegarse un nuevo menú y se debe seleccionar el módulo “Análisis tren inferior (sin pies)” y por último dar clic en siguiente.

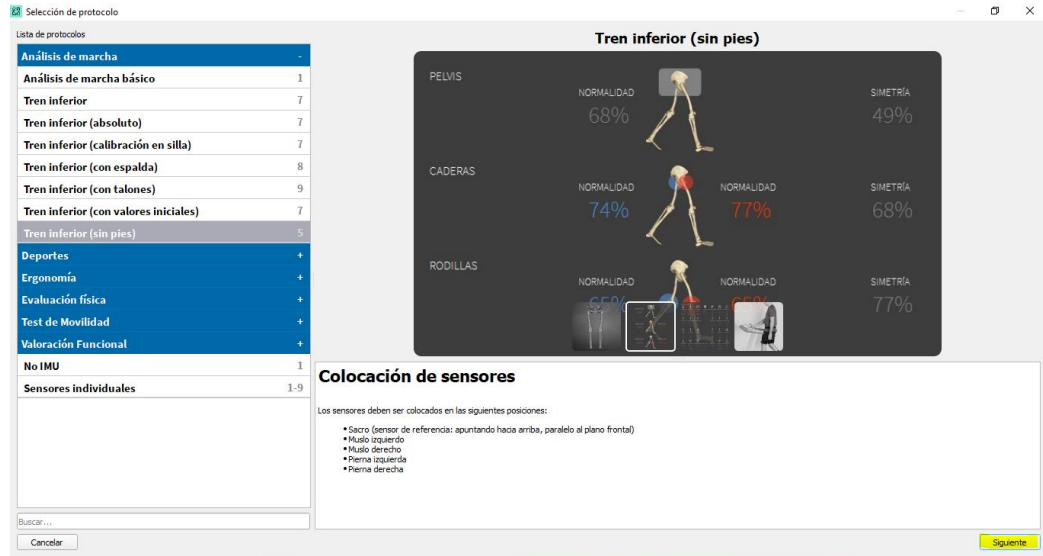


Figura 33. Selección de protocolo de marcha [10].

3. Conectar los acelerómetros y el equipo a la misma red para que puedan sincronizarse de manera adecuada y puedan ser usados en el análisis. Para que los acelerómetros se muestren en la ventana principal se debe refrescar la ventana.



Figura 34. Ventana de número de sensores [10].

4. Al refrescar la ventana aparecerán los acelerómetros que están sincronizados con el equipo.

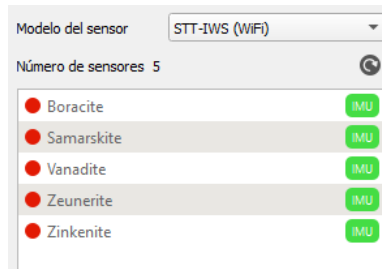


Figura 35. Sensores sincronizados [10].

5. A continuación, se deben colocar los acelerómetros en las partes del cuerpo que indica el software, y este proceso se realiza arrastrando el sensor con cada punto específico, y dar clic en finalizar.

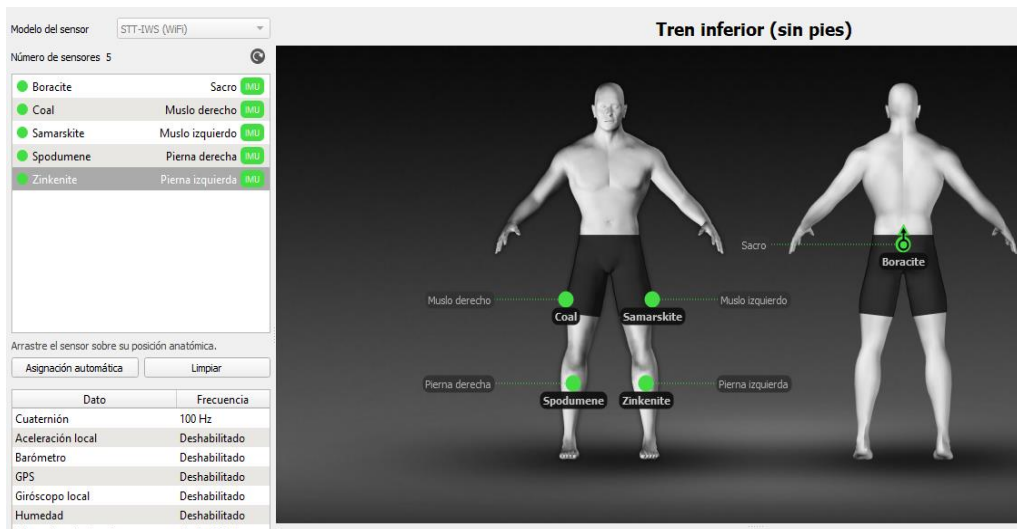


Figura 36. Ubicación de acelerómetros en el software [10].



Figura 37. Colocación de acelerómetros en el sujeto de prueba.

6. Luego de sincronizar los sensores en el programa y en el sujeto de prueba, se despliega la siguiente ventana.

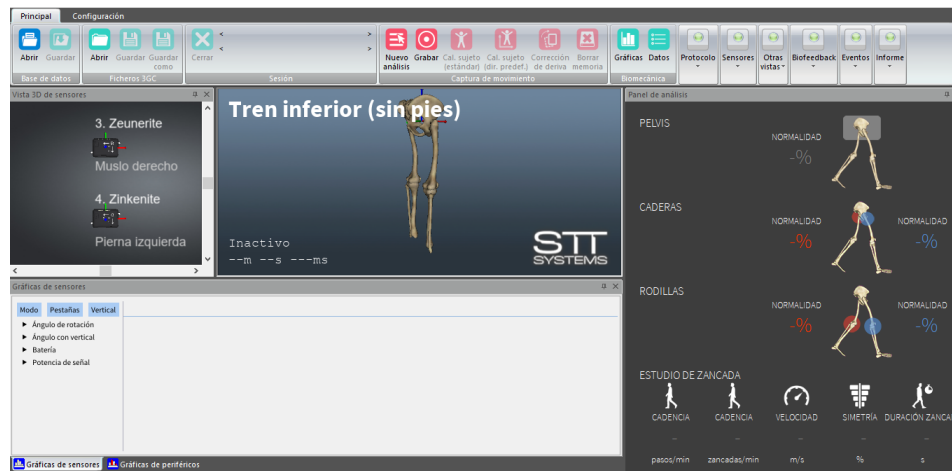


Figura 38. Interfaz principal del software [10].

7. Para tener una mejor visualización del movimiento se debe seleccionar la opción de vista lateral derecha que se encuentra en la pestaña de configuración.



Figura 39. Selección vista derecha [10].

8. A continuación, la interfaz indica la vista seleccionada, luego de esto dar clic en la pestaña "Principal"; para iniciar el análisis se da clic sobre "Grabar".



Figura 40. Inicio del análisis de marcha [10].

9. Una vez iniciada la grabación el programa nos indica que debemos calibrar la posición inicial del sujeto de prueba, dando clic sobre la pestaña “Cal. Sujeto (estándar)”, el sujeto debe adoptar la posición que indica el programa para la correcta calibración, finalmente dar clic en “Aceptar”.

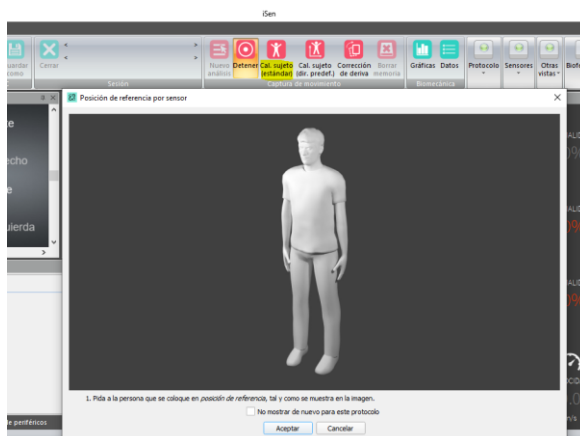


Figura 41. Calibración del equipo en el programa [10].



Figura 42. Calibración del equipo en el sujeto de prueba.

10. La interfaz del programa inicia el análisis captando los movimientos de las articulaciones donde se ubicaron los acelerómetros durante la marcha, brindando resultados en tiempo real.

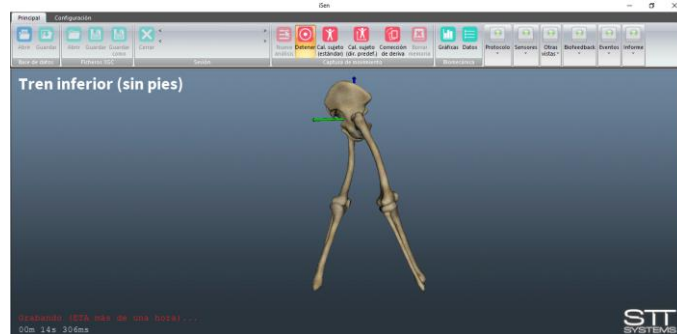


Figura 43. Visualización de marcha en el programa [10].



Figura 44. Visualización de marcha del sujeto de prueba.

11. Tras haber terminado el análisis, el programa genera un informe detallado en el que se muestra diversos parámetros de análisis de las partes del cuerpo que fueron sujetas al análisis con gráficas y datos en tiempo real. Este informe se obtiene dando clic en la pestaña “Informe”, y finalmente seleccionar la opción “Generar informe”.



Figura 45. Generación de informe [10].

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

En este capítulo, se presentan los resultados del protocolo de medición de alteraciones de la marcha asociado al transporte de baldes con productos agrícolas, para la determinación de alteraciones se considera los resultados de las pruebas realizadas en el LAM-UTA y las pruebas de campo. En esta sección se indican las diferentes configuraciones de transporte que fueron aplicadas durante el desarrollo del protocolo y estas son: sin carga, carga asimétrica, y carga simétrica. Se presenta los resultados obtenidos a partir de la aplicación del protocolo en los diferentes sujetos de prueba, se analizan los valores obtenidos considerando factores externos como la distancia recorrida, el tiempo de transporte, el tipo de suelo, y el tipo de configuración utilizada durante cada medición.

En la aplicación del protocolo se examinan los resultados en base a la primera configuración que es la marcha normal sin carga. Ésta prueba evalúa la marcha del individuo en una distancia de 20 metros, considerando factores intrínsecos como el género, peso, estatura, edad, e índice de masa corporal. El segundo tipo de configuración es aplicado con la carga asimétrica, en el que se recorre la misma distancia, se consideran los mismos factores, sin embargo, la carga del balde se aplica en un solo lado, que en este caso puede ser aplicado en la mano dominante del individuo. Por último, se aplica la configuración con una carga simétrica, esta se aplica con el mismo procedimiento que se nombra con anterioridad. Para la comparación de resultados entre individuos se analiza los informes generados en el software, enfocándose en los parámetros biomecánicos que se seleccionaron: inclinación de pelvis, oblicuidad de pelvis, flexo-extensión de cadera, rotación de cadera, flexo-extensión de rodilla, y rotación de rodilla.

3.2 Generalidades de las pruebas de medición de alteración de la marcha

A continuación, se presenta las generalidades que se debe seguir en la aplicación de cada una de las configuraciones que se presentan para determinar las diferentes alteraciones de la marcha durante el transporte de productos agrícolas.

a. Preparación

- Obtener un consentimiento por parte de los sujetos de prueba para realizar las pruebas y realizar una ficha con datos necesarios.
- Realizar una charla previa con los sujetos de prueba para darles información sobre el equipo que se va a utilizar, el procedimiento para la toma de datos y medidas de seguridad durante el transcurso de la prueba.

b. Procedimiento de colocación de sensores

- Antes de iniciar las pruebas, se realiza una explicación detallada a los participantes sobre el equipo con el que se realizará las pruebas.
- Se coloca los acelerómetros sobre las partes del cuerpo que indica el software de acuerdo con el tipo de estudio que se va a realizar.

c. Procedimiento de las pruebas con las diferentes configuraciones

1. Antes de iniciar con la prueba se les indica a los participantes cual será el procedimiento necesario para realizar la prueba correctamente. Enfatizando la importancia de que la marcha debe ser lo más normal posible.
2. Se indica cual será la distancia que deben recorrer, considerando el rango de alcance que tiene el equipo utilizado.
3. Se inicia con la calibración de los acelerómetros en el cuerpo y luego se indica al sujeto que empiece la marcha.
4. Se genera un informe en el software que contiene los datos que indican las diferentes alteraciones que tuvo el sujeto durante la marcha.

3.3 Individuos que participan en la prueba

Individuo 1: Sujeto de género masculino, con una edad de 62 años, posee un peso de 50 Kg y una altura de 1,55 metros. El índice de masa corporal que posee es de 20,8 lo que indica que tiene un peso saludable. El tiempo que realiza la actividad es de 30 años continuos.

Individuo 2: Sujeto de género femenino, con una edad de 50 años, posee un peso de 49 Kg y una altura de 1,44 metros. El índice de masa corporal que posee es de 23,6 lo que indica que tiene un peso saludable. El tiempo que realiza la actividad es de 30 años continuos.

Individuo 3: Sujeto de género femenino, con una edad de 47 años, posee un peso de 68 Kg y una altura de 1,54 metros. El índice de masa corporal que posee es de 28,7

lo que indica que tiene inicios de sobrepeso para adultos que tienen esta estatura. El sujeto de prueba no se dedica a esta actividad.

En la tabla que se indica a continuación se recopila la información de cada uno de los sujetos que participaron en las pruebas de campo.

Tabla 6. Detalle de las características de los sujetos de prueba.

Sujeto	Género	Edad	Peso (Kg)	Altura (m)	IMC	Tiempo durante el que realiza la actividad
1	Masculino	62	50	1,55	20,8	30 años
2	Femenino	55	49	1,44	23,6	30 años
3	Femenino	47	68	1,54	28,7	0 años

3.4 Resultados del análisis con las diferentes configuraciones

A continuación, se muestra los resultados de cada uno de los sujetos considerando la configuración aplicada en cada caso:

- **Sujeto 1 (Sin carga)**

En base al informe generado por el programa, se indican los datos mediante la Tabla 7:

Tren Inferior (sin pies)

Tabla 7. Datos generales del sujeto 1 sin carga [10].

Nombre	Frecuencia
Sujeto 1	100 Hz
Fecha del informe	Tiempo del estudio
2023-12-14	30 segundos

Configuración de sensores

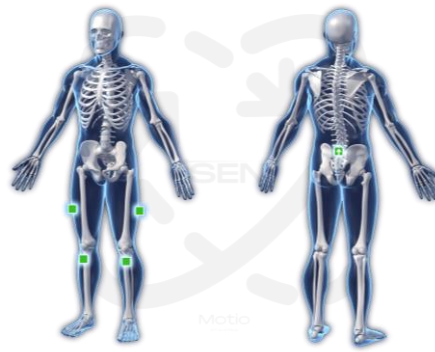


Figura 46. Esquema de colocación de sensores del sujeto 1 sin carga [10].

Descripción

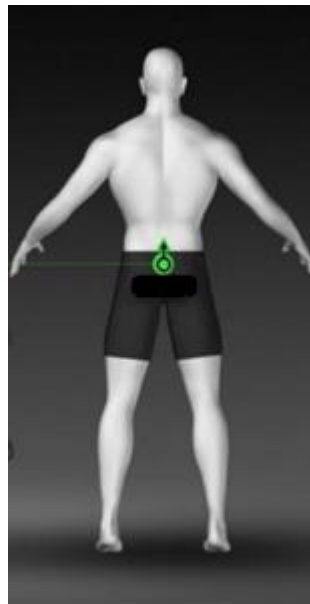


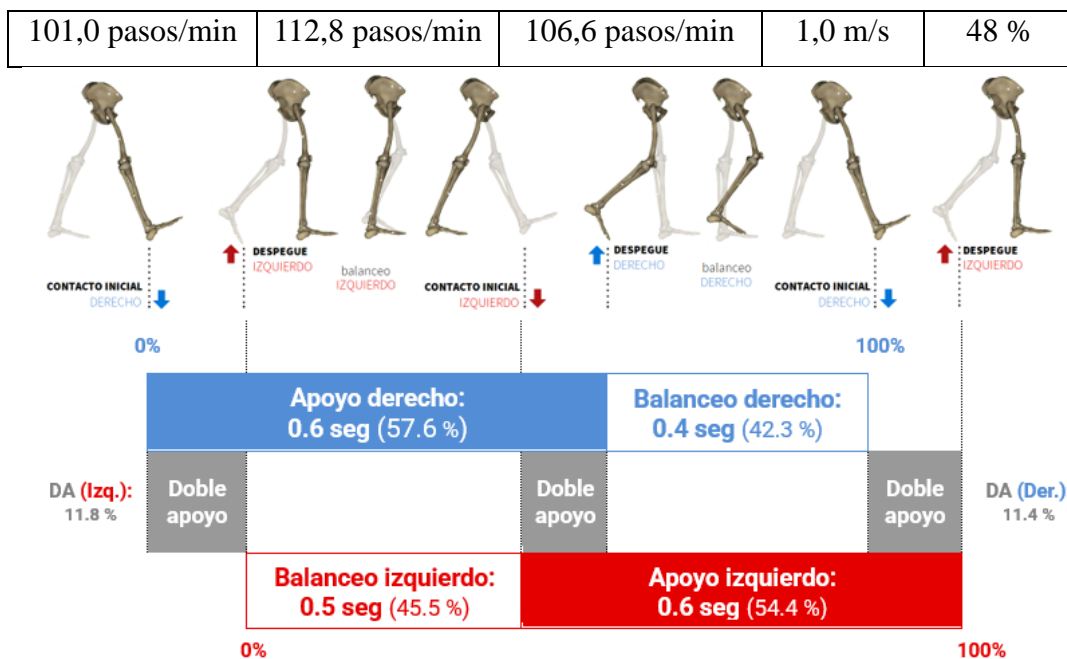
Figura 47. Posición sacro en el cuerpo [10].

Los sensores deben ser colocados en las siguientes posiciones: Sacro (sensor de referencia: apuntando hacia arriba, paralelo al plano frontal), Muslo izquierdo, Muslo derecho, Pierna izquierda, Pierna derecha.

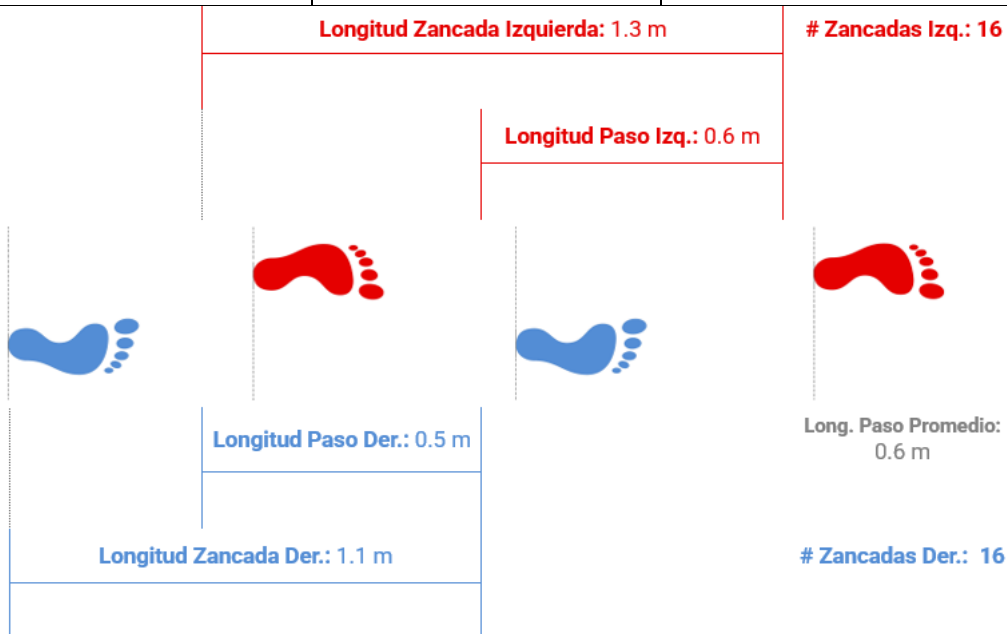
Parámetros de marcha

Se indican los siguientes datos:

Cadencia lateral izquierda	Cadencia lateral derecha	Cadencia	Velocidad	Simetría pélvica
-----------------------------------	---------------------------------	-----------------	------------------	-------------------------




Duración zancada derecha	Duración zancada Promedio: 1,1 seg	Duración zancada izquierda
1,1 seg	Duración ciclo de marcha: 1,1 seg	1,1 seg



Inclinación de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 8. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 1 sin carga [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	4°	-8°
	Media de ciclos (°)	-2°	-6°
	Rango de movimiento (°)	12°	

En la Tabla 8 se muestran valores que indican diferentes alteraciones como son:

- Límite absoluto: Indica el grado de movimiento que tiene el movimiento de la pelvis en el plano sagital.
- Media de ciclos: Indica el grado de movimiento promedio que hay entre las fase de balanceo y la fase apoyo de ambas piernas.
- Rango de movimiento: Indica el rango de movilidad máximo que tiene la pelvis durante el movimiento analizado.

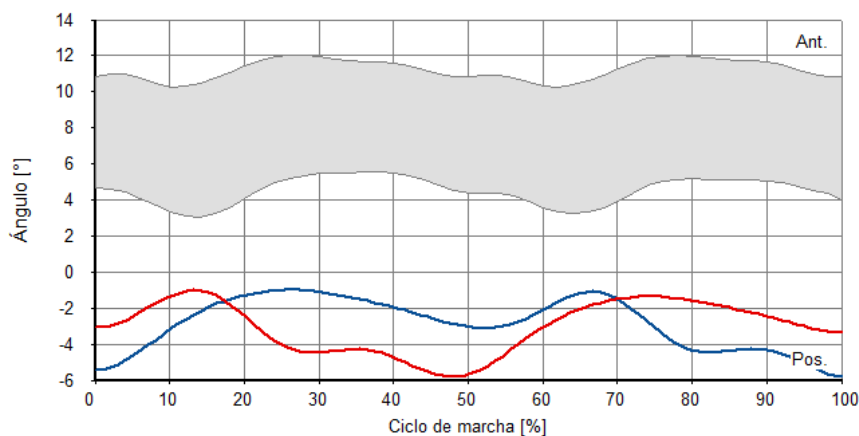


Figura 48. Ángulo en el ciclo de la marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 sin carga [10].

En la Figura 47 las líneas de color azul y roja indican el movimiento que tienen las piernas durante la fase de balanceo y la fase de apoyo, con lo que se puede determinar la simetría pélvica.

La franja de color plomo indica el índice de normalidad que tiene la persona durante la caminata.

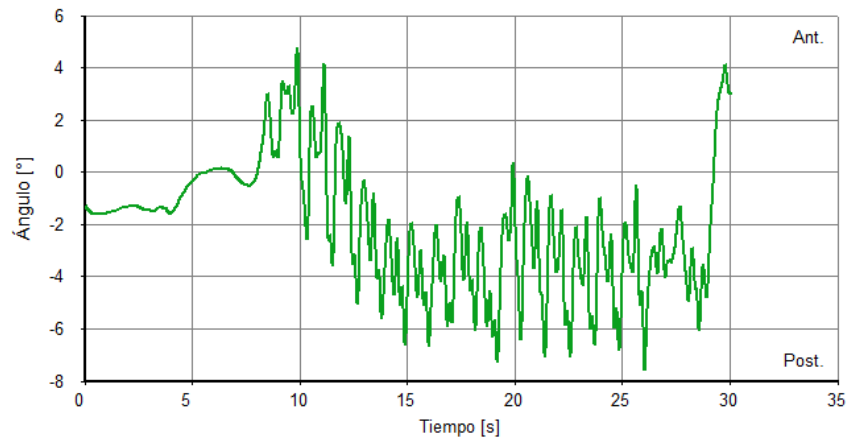


Figura 49. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 sin carga [10].

En la Figura 48 la línea de color verde indica el ángulo de movimiento que tiene la pelvis durante un lapso determinado de tiempo, con lo que se determina que la persona al inicio de la marcha .

Oblicuidad de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 9. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 sin carga [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	3°	-6°
	Media de ciclos (°)	1°	1°
	Rango de movimiento (°)	8°	

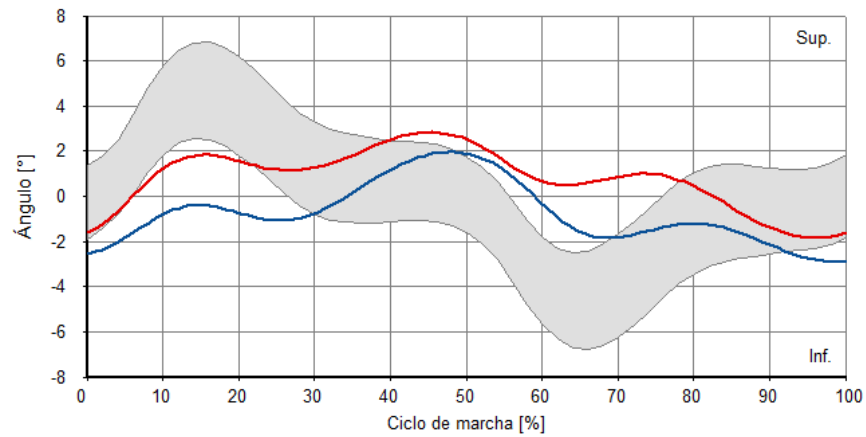


Figura 50. Ángulo en el ciclo de la marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 sin carga [10].

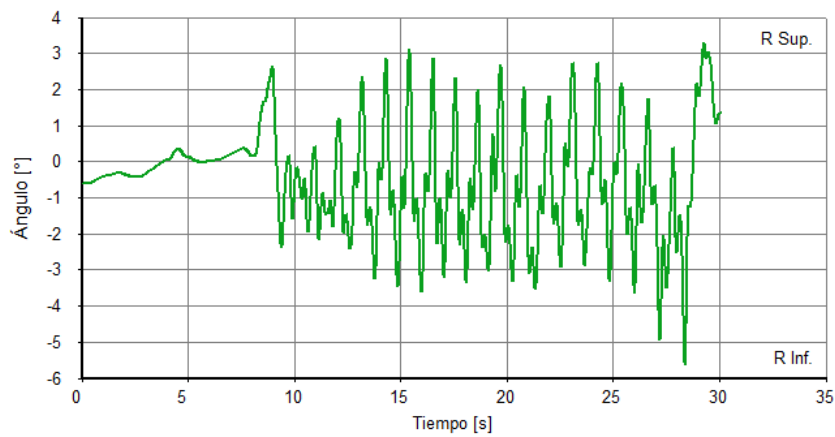



Figura 51. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 sin carga [10].

Flexo/extensión de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 10. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 sin carga [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	33°/31°	-23°/-22°
	Media de ciclos (°)	25°/22°	-21°/-20°
	Rango de movimiento (°)	55°/52°	

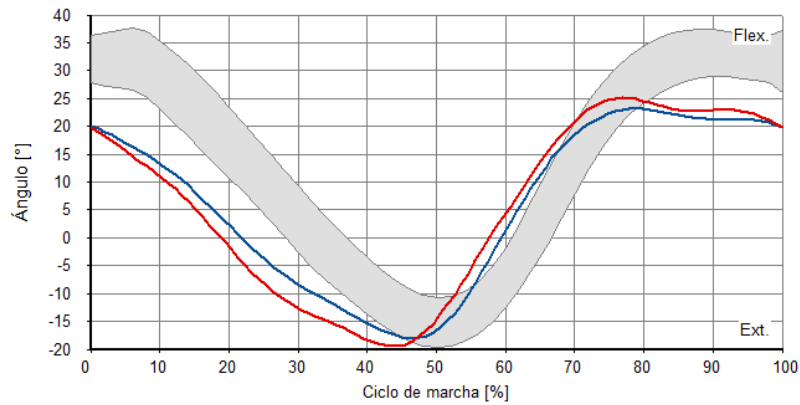


Figura 52. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 sin carga [10].

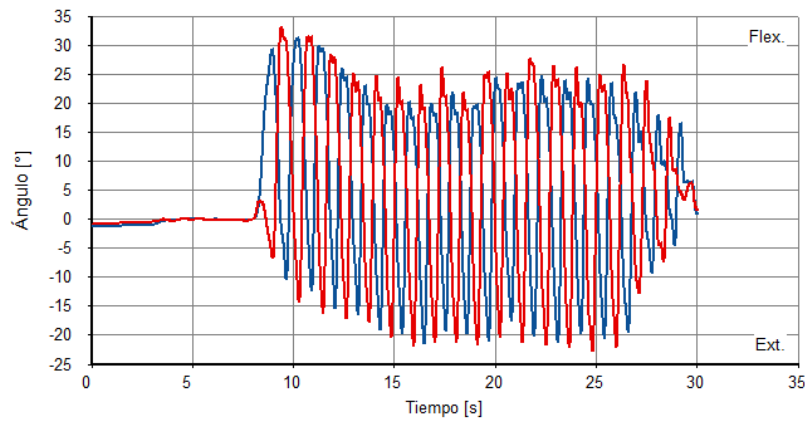



Figura 53. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 sin carga [10].

Rotación de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 11. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 1 sin carga [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	44°/8°	-13°/-23°
	Media de ciclos (°)	31°/-3°	-5°/-18°
	Rango de movimiento (°)	57°/31°	

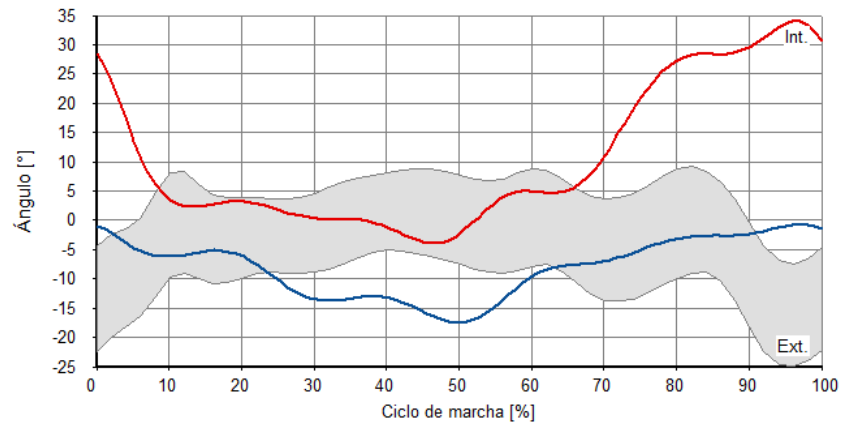


Figura 54. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de cadera del sujeto 1 sin carga [10].

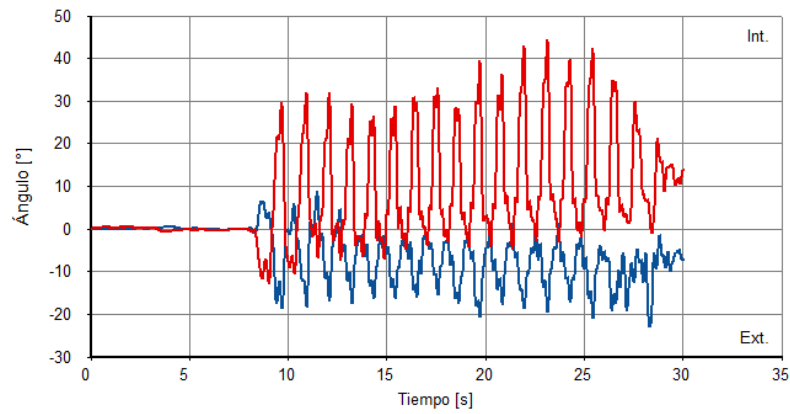



Figura 55. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 1 sin carga [10].

Flexo/extensión de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 12. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 sin carga [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	73°/63°	-5°/-11°
	Media de ciclos (°)	31°/43°	1°/-20°
	Rango de movimiento (°)	77°/73°	

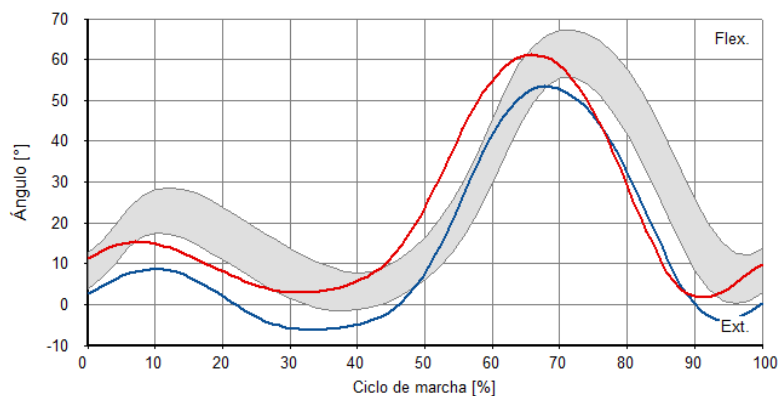


Figura 56. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 sin carga [10].

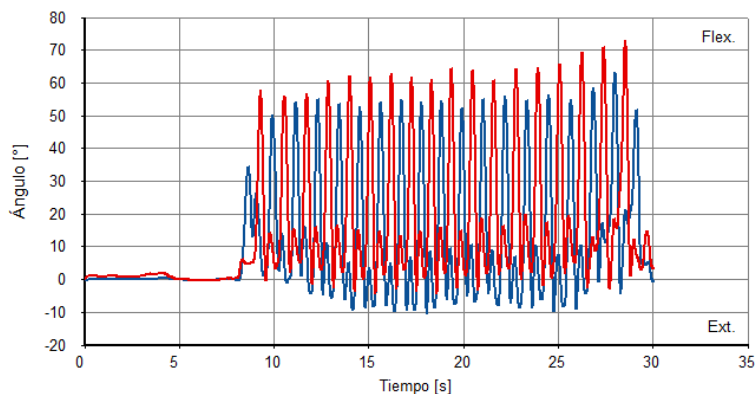


Figura 57. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 sin carga [10].

Rotación de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 13. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 1 sin carga [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	12°/24°	-35°/-11°
	Media de ciclos (°)	7°/12°	-29°/-6°
	Rango de movimiento (°)	47°/35°	

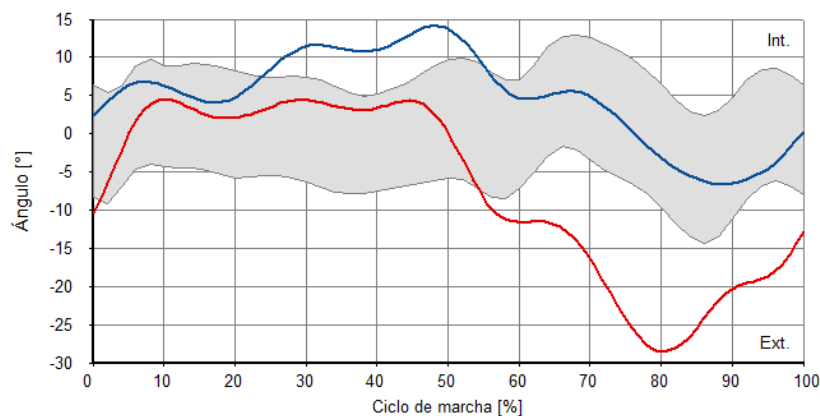


Figura 58. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de rodilla del sujeto 1 sin carga [10].

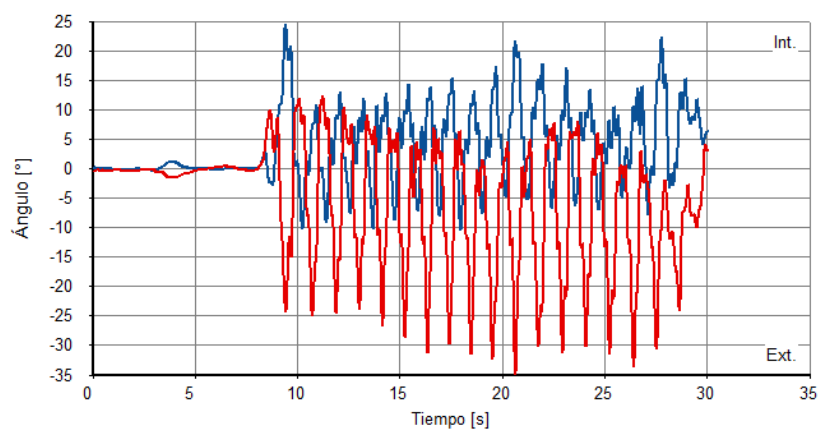


Figura 59. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 1 sin carga [10].

- **Sujeto 1 (Carga asimétrica)**

En base al informe generado por el programa, se indican los siguientes datos:

Tren Inferior (sin pies)

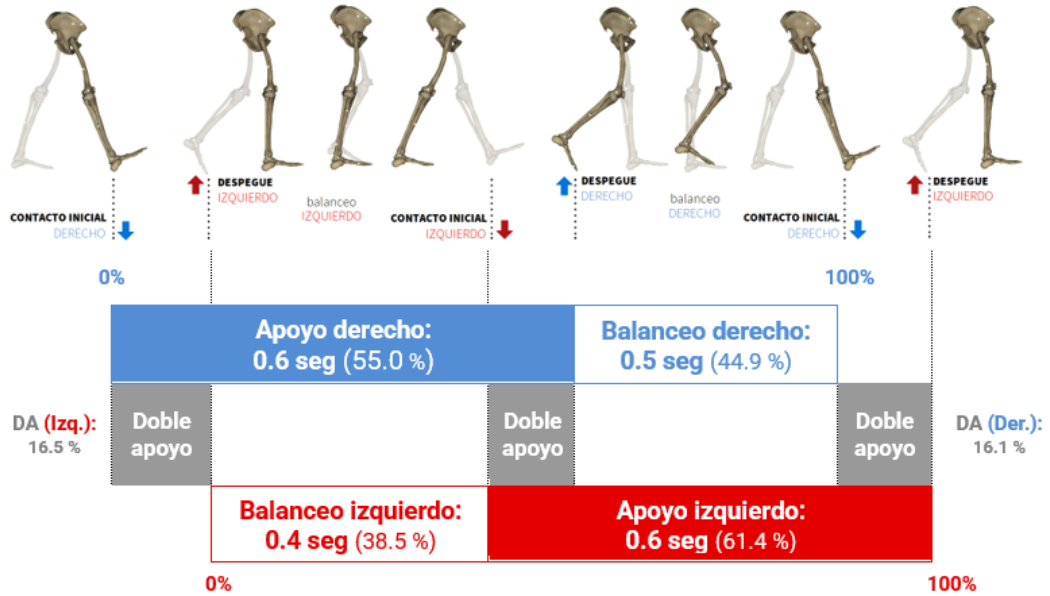
Tabla 14. Datos generales del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

Nombre	Frecuencia
Sujeto 1	100 Hz
Fecha del informe	Tiempo del estudio
2023-12-14	26 segundos

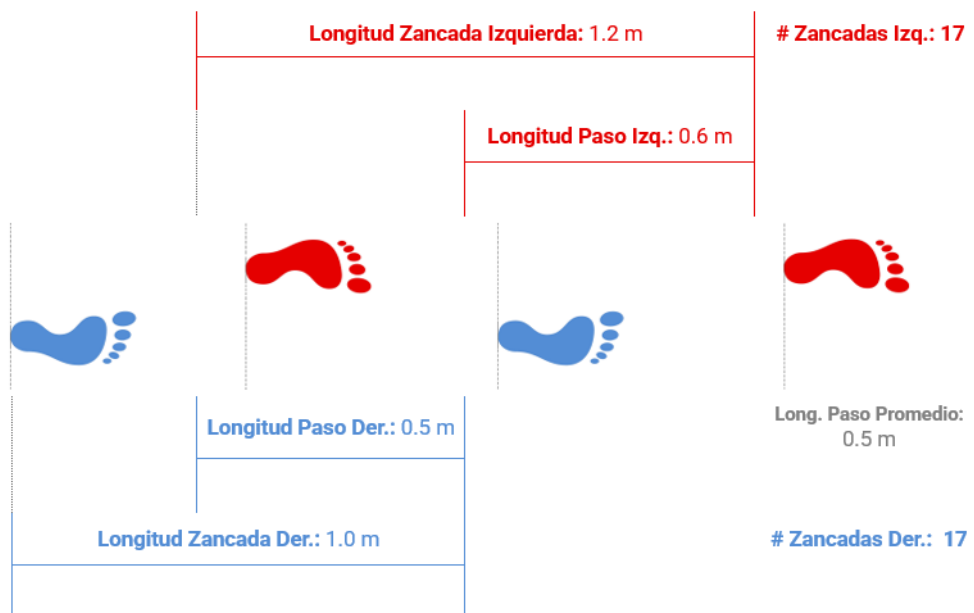
Parámetros de marcha

Se indican los siguientes datos:

Cadencia lateral izquierda	Cadencia lateral derecha	Cadencia	Velocidad	Simetría pélvica
110,7 pasos/min	101,2 pasos/min	105,8 pasos/min	1,0 m/s	38 %




Duración zancada derecha	Duración zancada Promedio: 1,1 seg	Duración zancada izquierda
1,1 seg	Duración ciclo de marcha: 1,1 seg	1,1 seg



Inclinación de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 15. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	6°	-8°
	Media de ciclos (°)	-2°	-6°
	Rango de movimiento (°)	12°	

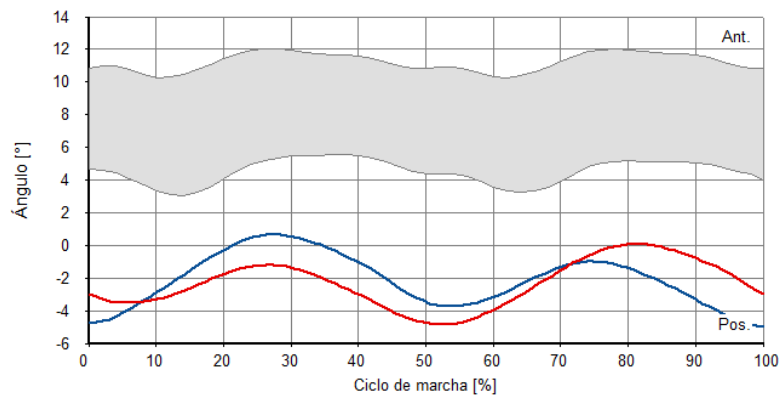


Figura 60. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

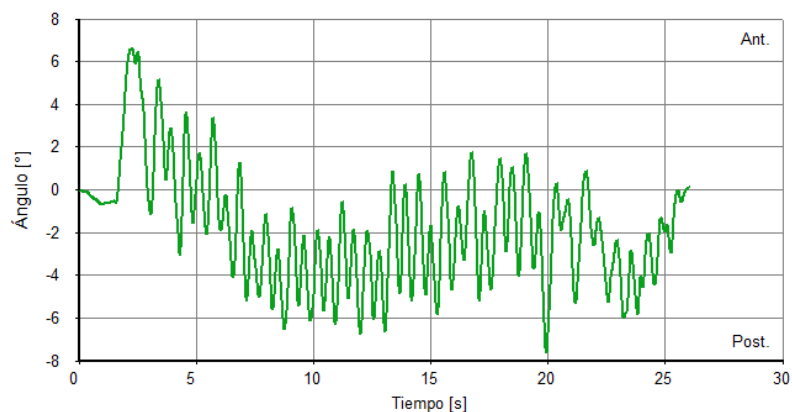


Figura 61. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

Oblicuidad de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 16. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	7°	-7°
	Media de ciclos (°)	-2°	-2°
	Rango de movimiento (°)	13°	

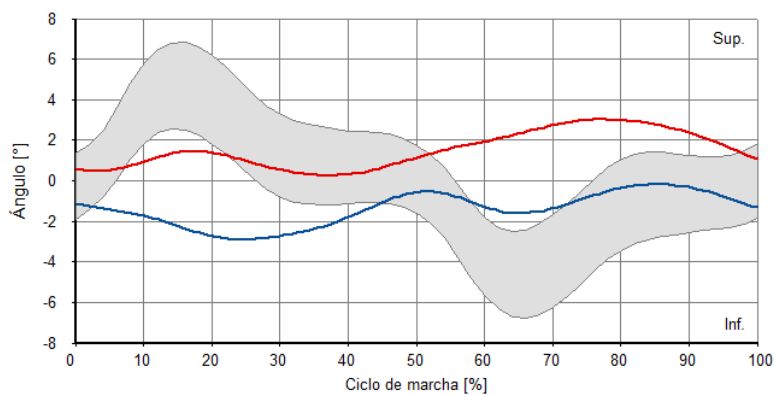


Figura 62. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

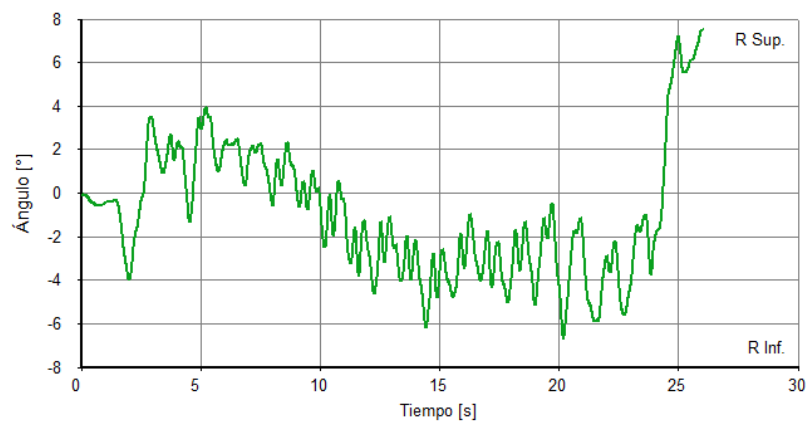



Figura 63. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

Flexo/extensión de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 17. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	28°/29°	-32°/-25°
Media de ciclos (°)	13°/16°	-28°/-21°	
Rango de movimiento (°)	60°/53°		

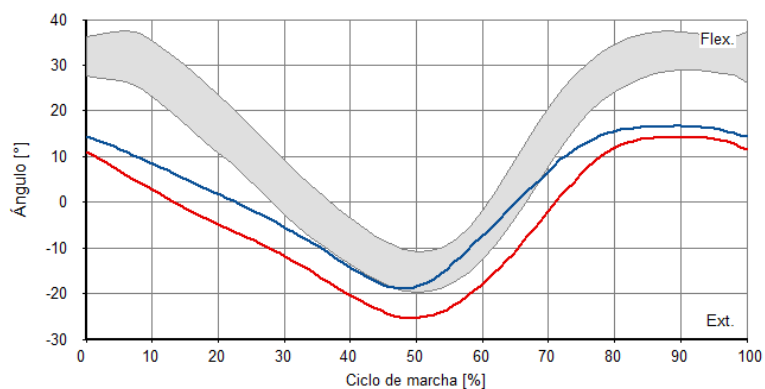


Figura 64. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

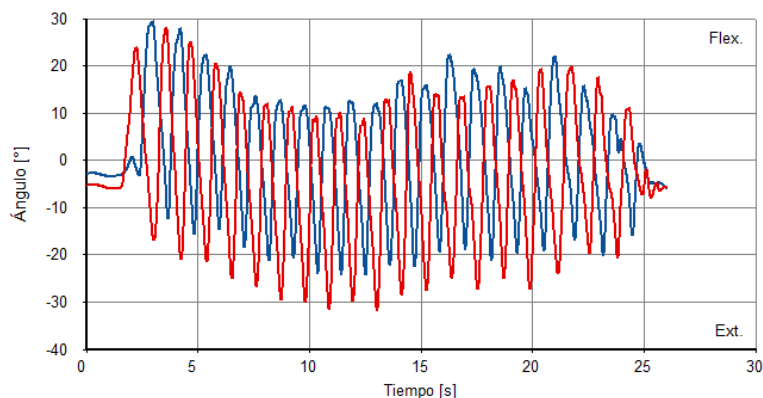



Figura 65. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

Rotación de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 18. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	24°/26°	-1°/-4°
	Media de ciclos (°)	14°/17°	4°/10°
	Rango de movimiento (°)	24°/30°	

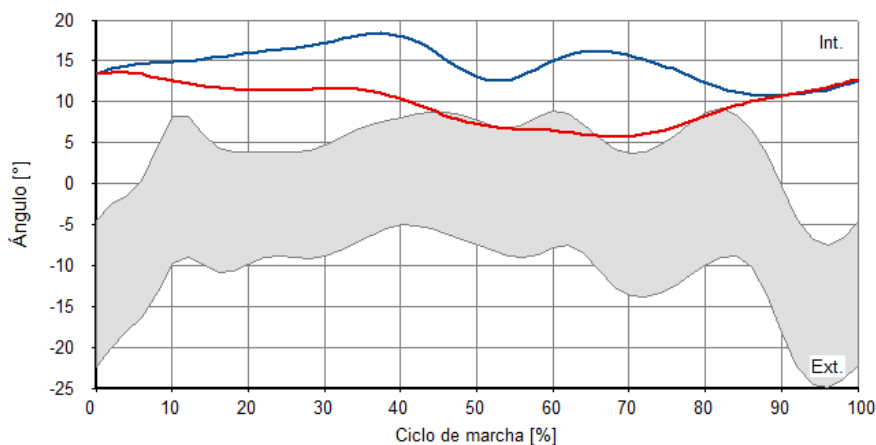


Figura 66. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

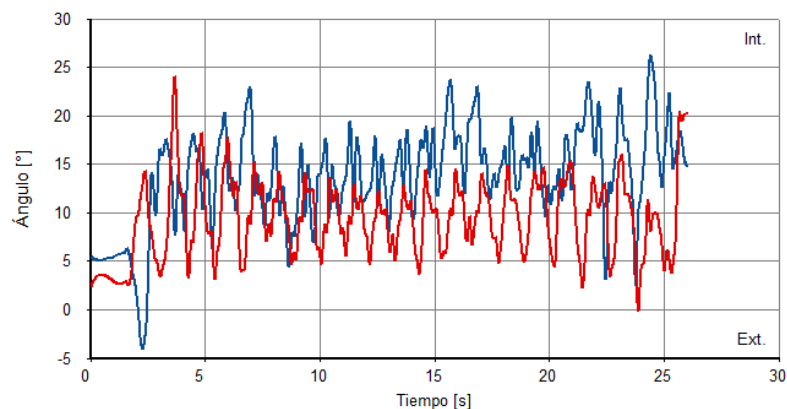



Figura 67. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

Flexo/extensión de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 19. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

	Valor	Flexión (Max) Izq/Der	Extensión (Min) Izq/Der
	Límite absoluto (°)	58°/53°	-6°/-11°
	Media de ciclos (°)	35°/40°	1°/-21°
	Rango de movimiento (°)	64°/63°	

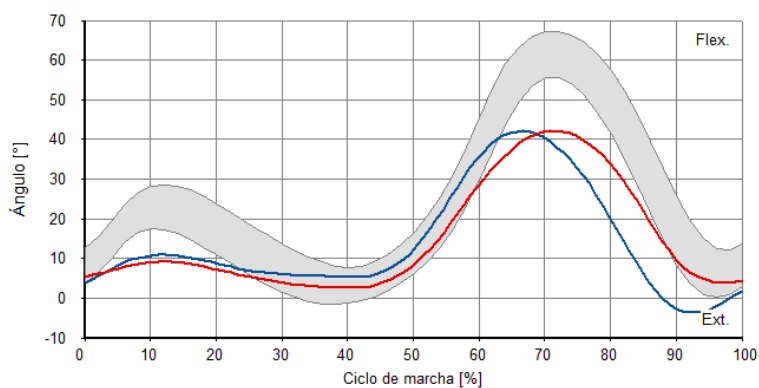


Figura 68. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

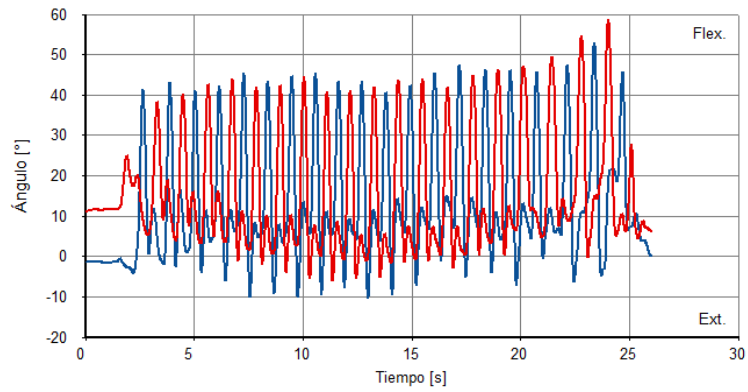



Figura 69. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

Rotación de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 20. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	20°/-15°	-8°/-26°
	Media de ciclos (°)	13°/-16°	-2°/-24°
	Rango de movimiento (°)	28°/10°	

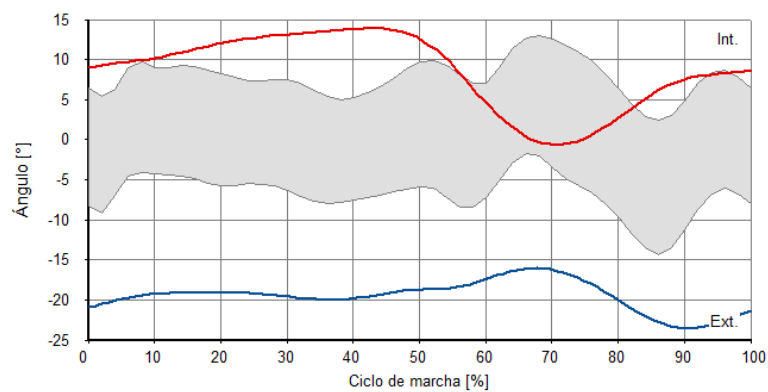


Figura 70. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

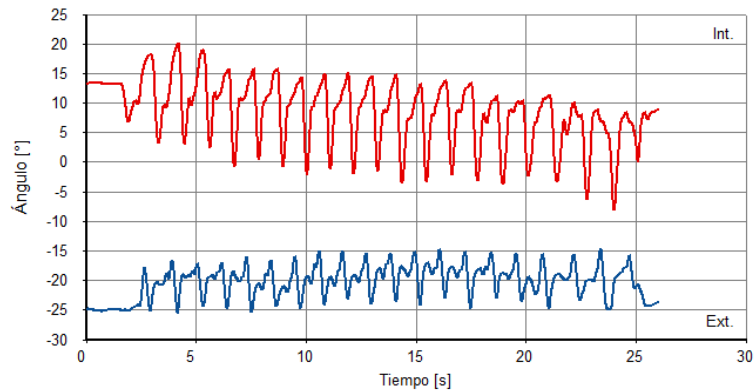


Figura 71. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

- **Sujeto 1 (Carga simétrica)**

En base al informe generado por el programa, se indican los siguientes datos:

Tren Inferior (sin pies)

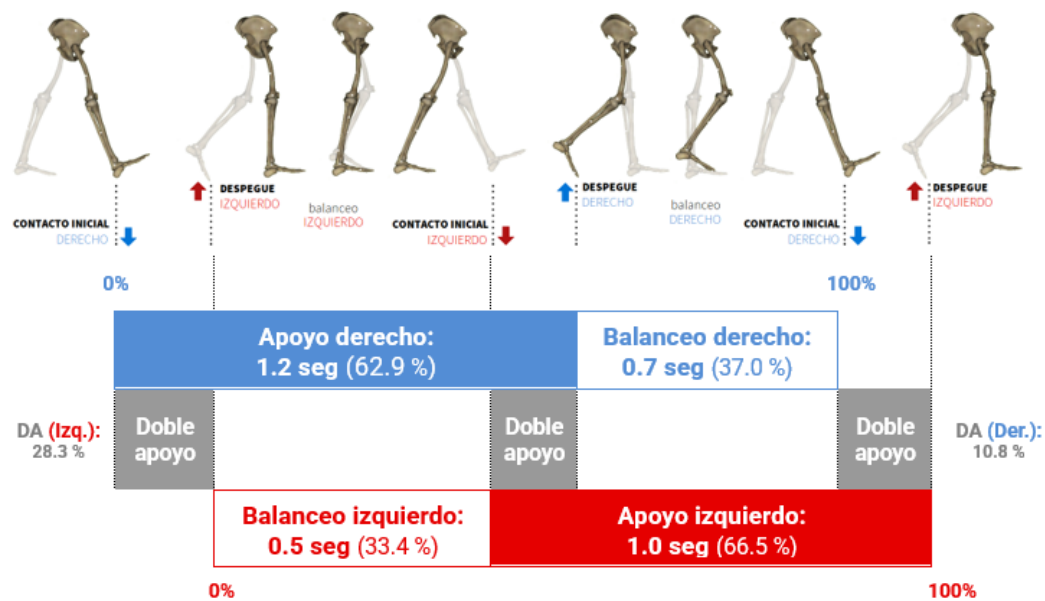
Tabla 21. Datos generales del sujeto 1 con carga simétrica [10].

Nombre	Frecuencia
Sujeto 1	100 Hz
Fecha del informe	Tiempo del estudio
2023-12-14	24 segundos

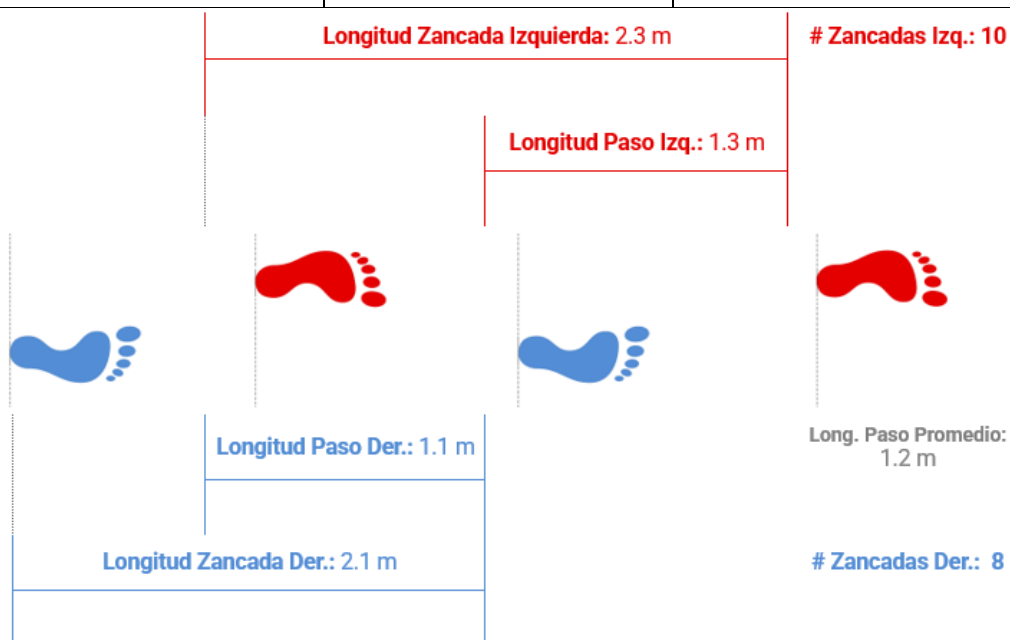
Parámetros de marcha

Se indican los siguientes datos:

Cadencia lateral izquierda	Cadencia lateral derecha	Cadencia	Velocidad	Simetría pélvica
52,4 pasos/min	101,9 pasos/min	62,9 pasos/min	1,1 m/s	49 %




Duración zancada derecha	Duración zancada Promedio: 1,8 seg	Duración zancada izquierda
2,0 seg	Duración ciclo de marcha: 1,8 seg	1,5 seg



Inclinación de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 22. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	10°	-5°
	Media de ciclos (°)	1°	-3°
	Rango de movimiento (°)	14°	

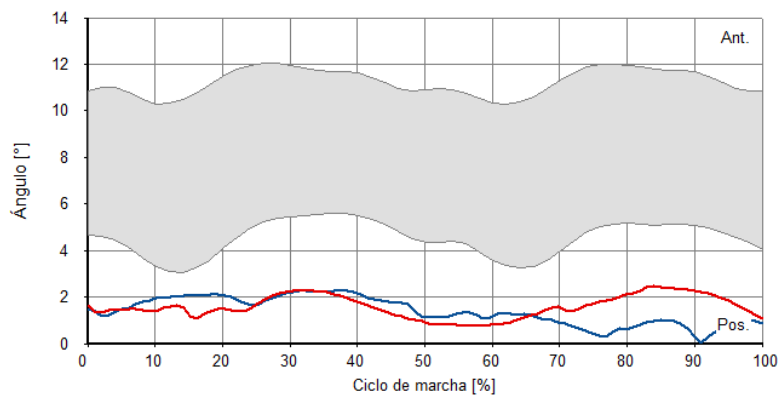


Figura 72. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica [10].

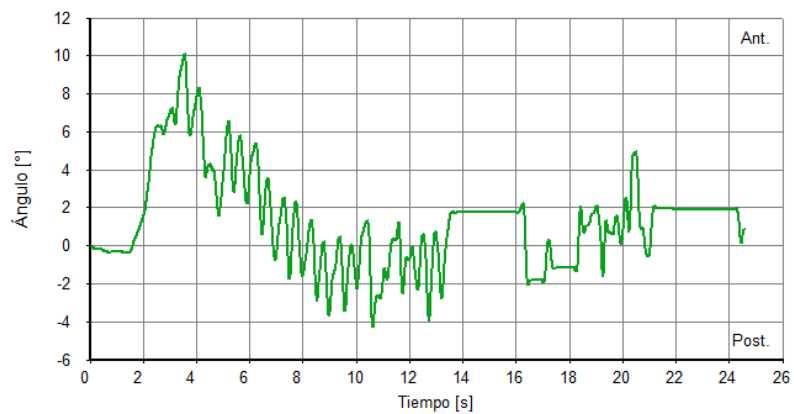



Figura 73. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica [10].

Oblicuidad de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 23. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	-2°	-9°
	Media de ciclos (°)	-4°	-4°
	Rango de movimiento (°)	6°	

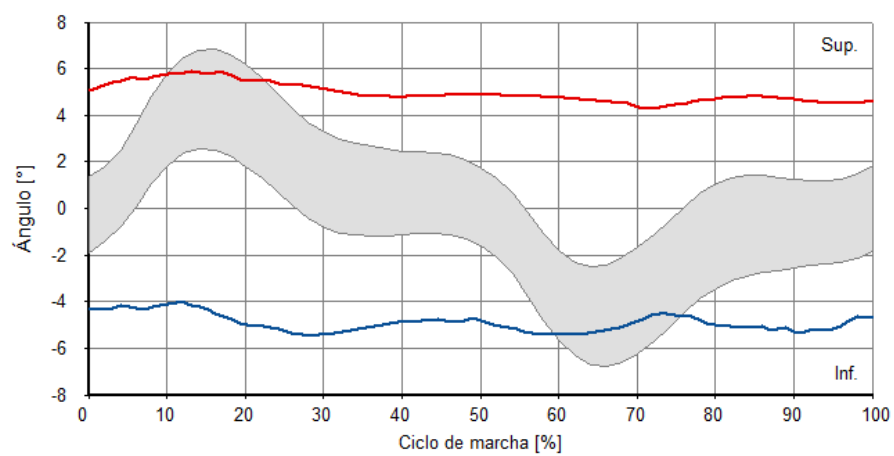


Figura 74. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica [10].

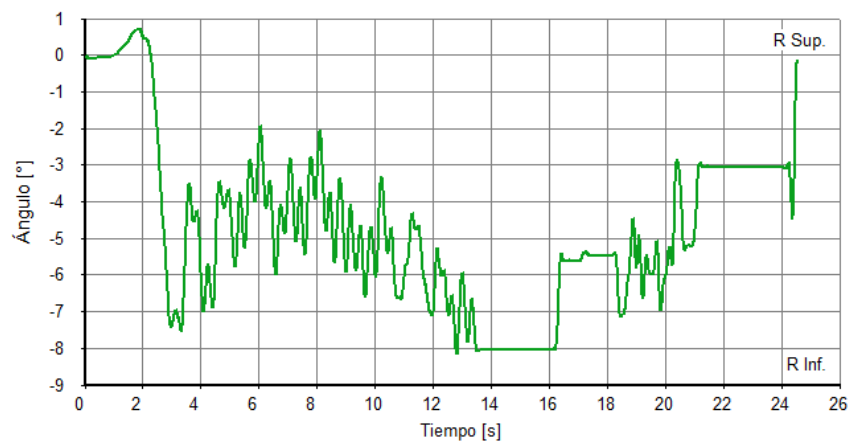
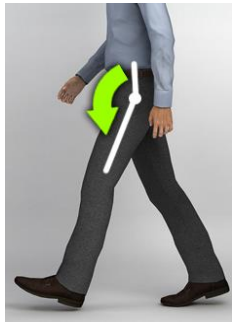


Figura 75. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 1 con carga simétrica [10].

Flexo/extensión de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 24. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga simétrica [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Limite absoluto (°)	25°/34°	-31°/-27°
	Media de ciclos (°)	13°/13°	-29°/-23°
	Rango de movimiento (°)	55°/60°	

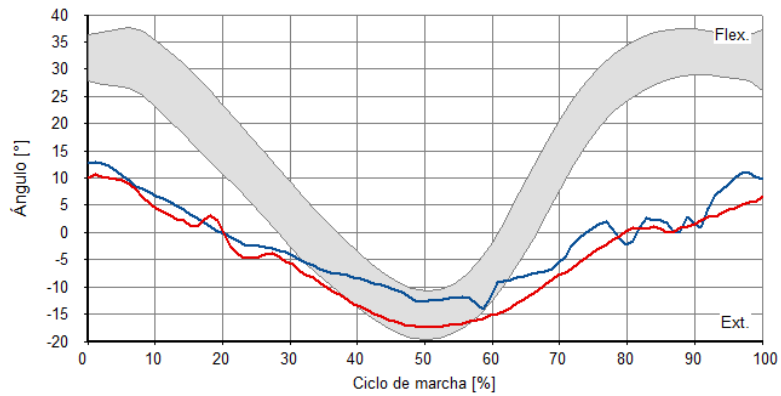


Figura 76. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga simétrica [10].

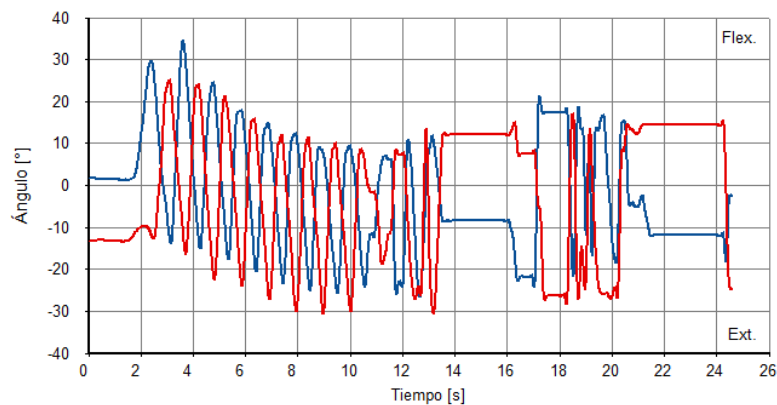



Figura 77. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

Rotación de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 25. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 1 con carga simétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	27°/22°	4°/3°
	Media de ciclos (°)	21°/19°	13°/7°
	Rango de movimiento (°)	23°/19°	

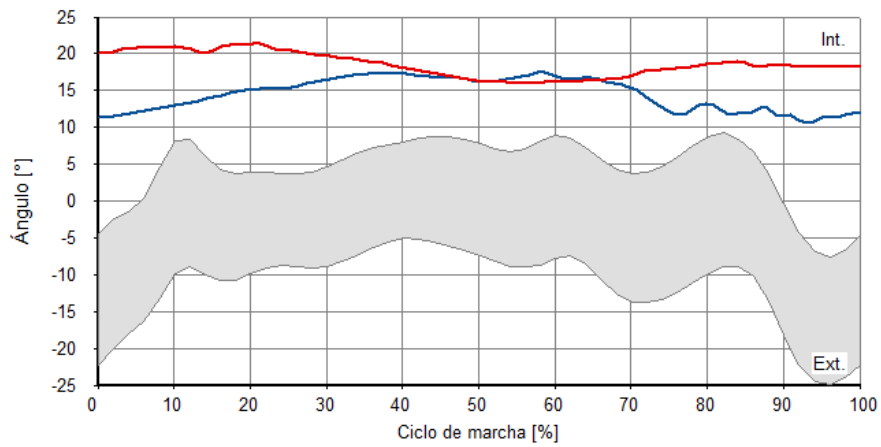


Figura 78. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 1 con carga simétrica [10].

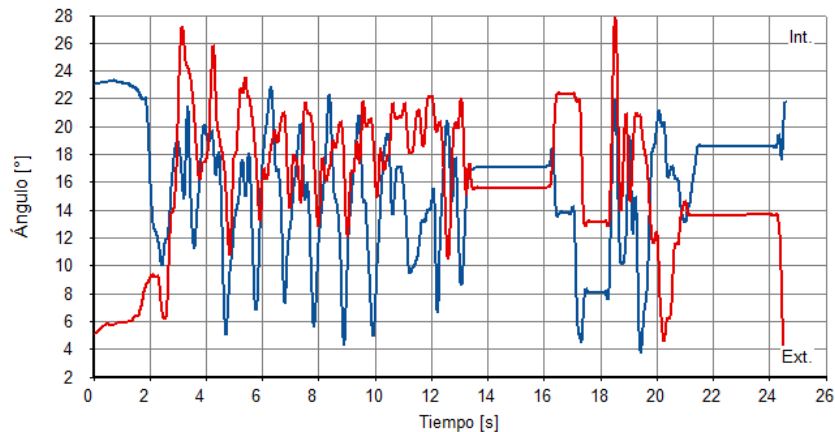



Figura 79. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 1 con carga simétrica [10].

Flexo/extensión de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 26. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Limite absoluto (°)	76°/69°	-19°/-18°
	Media de ciclos (°)	45°/39°	2°/-23°
	Rango de movimiento (°)	94°/86°	

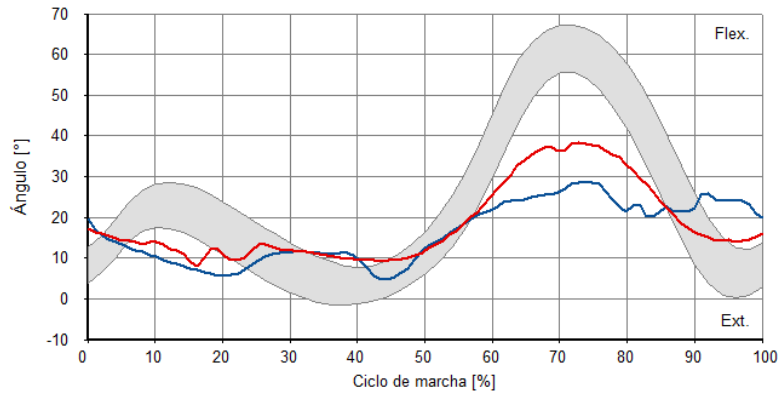


Figura 80. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica [10].

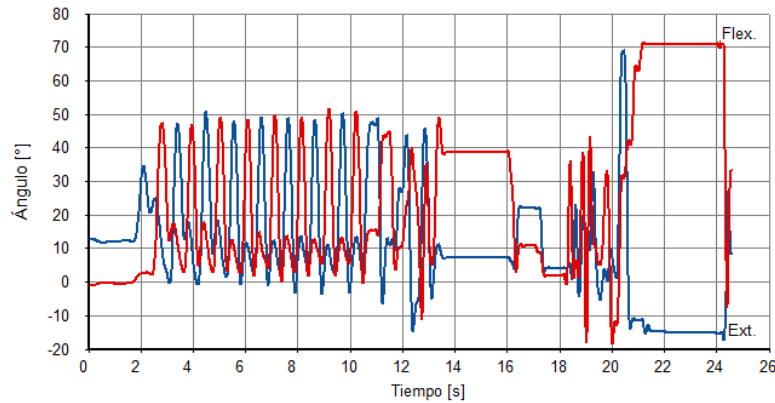
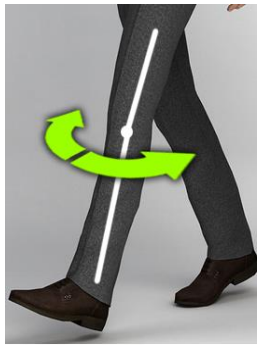


Figura 81. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica [10].

Rotación de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 27. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Limite absoluto (°)	19°/-6°	-14°/-33°
	Media de ciclos (°)	6°/-22°	-10°/-29°
	Rango de movimiento (°)	33°/26°	

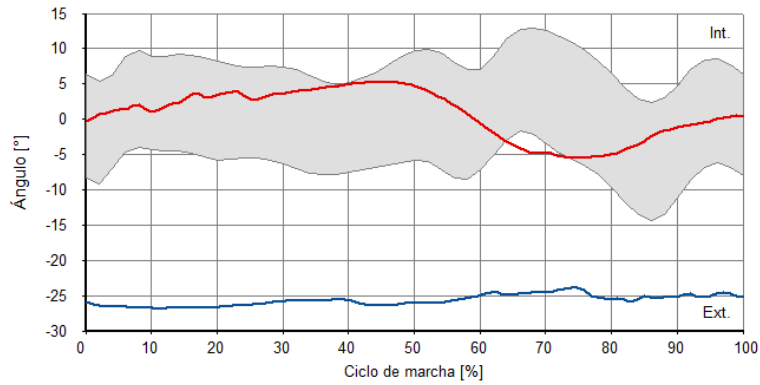


Figura 82. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica [10].

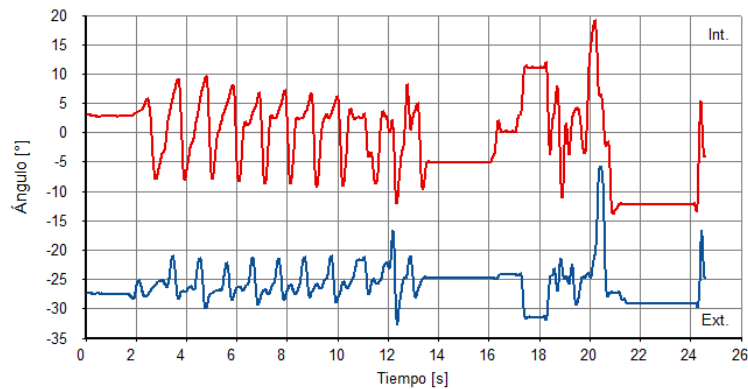


Figura 83. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 1 con carga simétrica [10].

- **Sujeto 2 (Sin carga)**

En base al informe generado por el programa, se indican los siguientes datos:

Tren Inferior (sin pies)

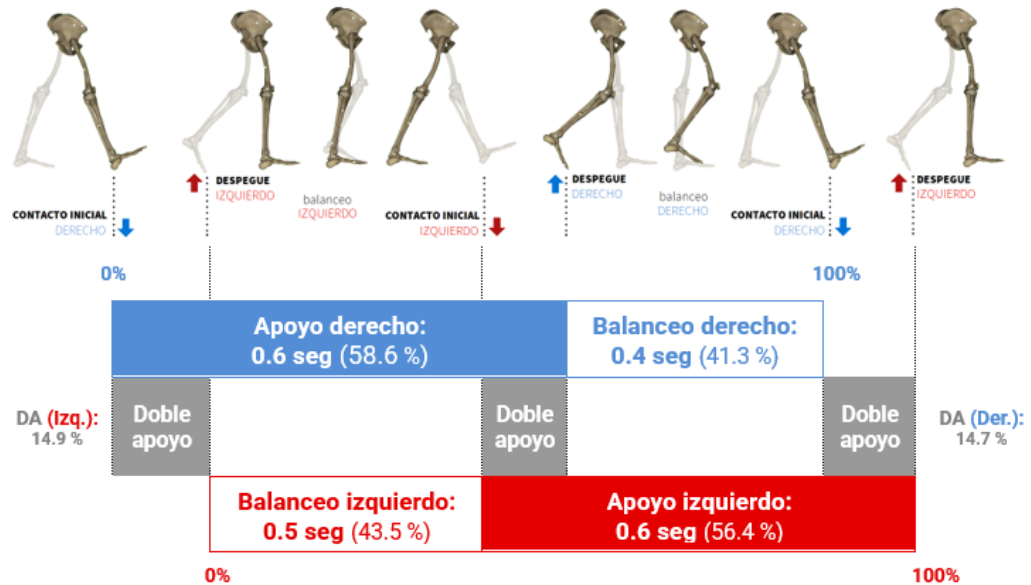
Tabla 28. Datos generales del sujeto 2 sin carga [10].

Nombre	Frecuencia
Sujeto 2	100 Hz
Fecha del informe	Tiempo del estudio
2023-12-14	26 segundos

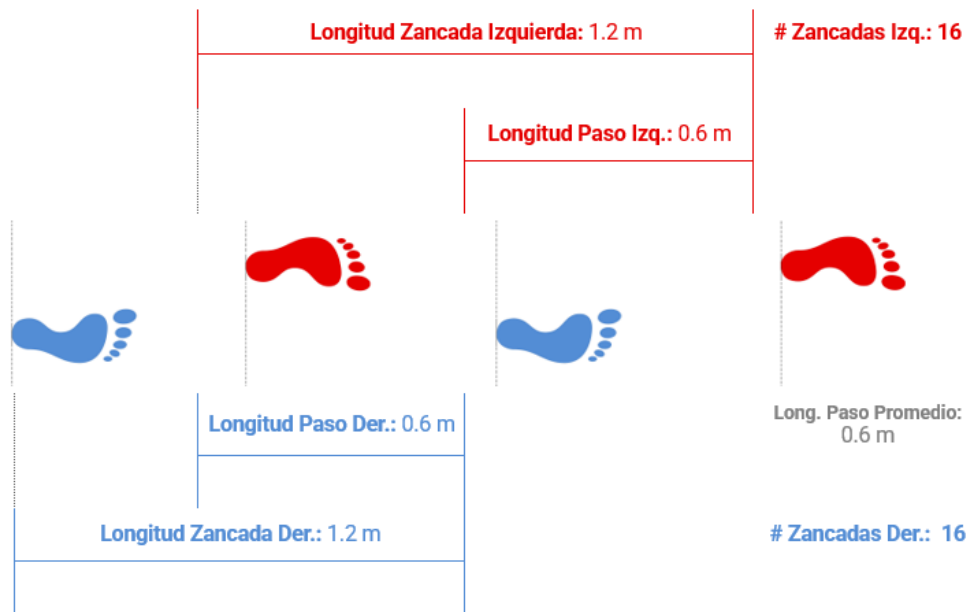
Parámetros de marcha

Se indican los siguientes datos:

Cadencia lateral izquierda	Cadencia lateral derecha	Cadencia	Velocidad	Simetría pélvica
100,4 pasos/min	105,6 pasos/min	102,9 pasos/min	1,0 m/s	43 %




Duración zancada derecha	Duración zancada Promedio: 1,1 seg	Duración zancada izquierda
1,1 seg	Duración ciclo de marcha: 1,1 seg	1,1 seg



Inclinación de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 29. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 2 sin carga [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	19°	-13°
	Media de ciclos (°)	15°	11°
	Rango de movimiento (°)	31°	

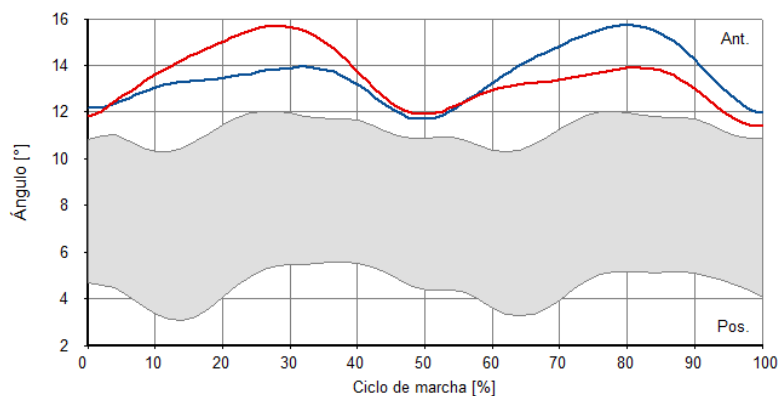


Figura 84. Ángulo en el ciclo de la marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 2 sin carga [10].

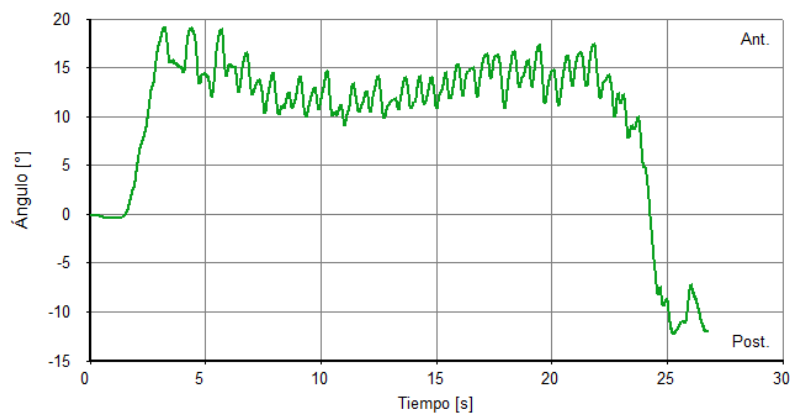



Figura 85. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 2 sin carga [10].

Oblicuidad de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 30. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 sin carga [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	28°	-6°
	Media de ciclos (°)	3°	3°
	Rango de movimiento (°)	34°	

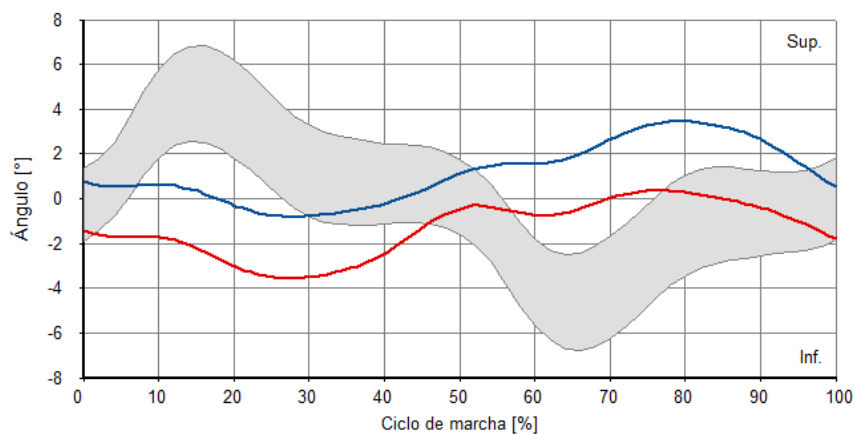


Figura 86. Ángulo en el ciclo de la marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 sin carga [10].

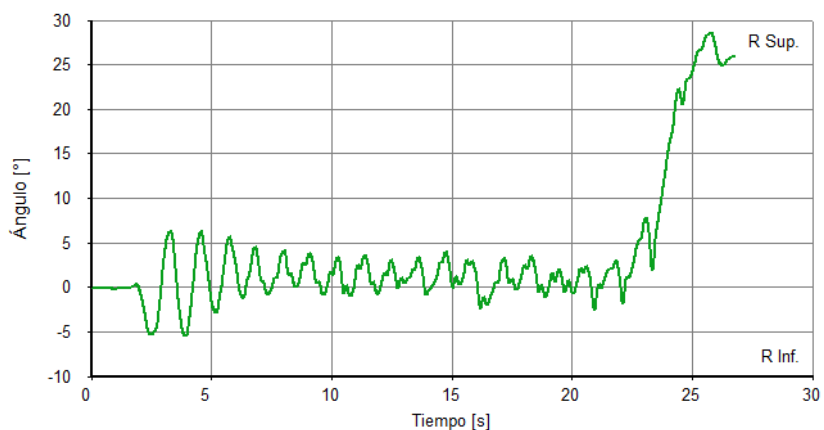
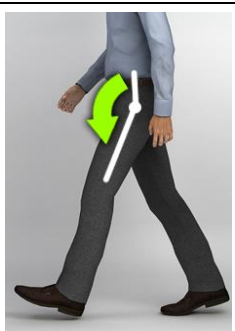


Figura 87. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 sin carga [10].

Flexo/extensión de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 31. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 sin carga [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	31°/28°	-24°/-27°
Media de ciclos (°)	26°/24°	-22°/-24°	
Rango de movimiento (°)	54°/55°		

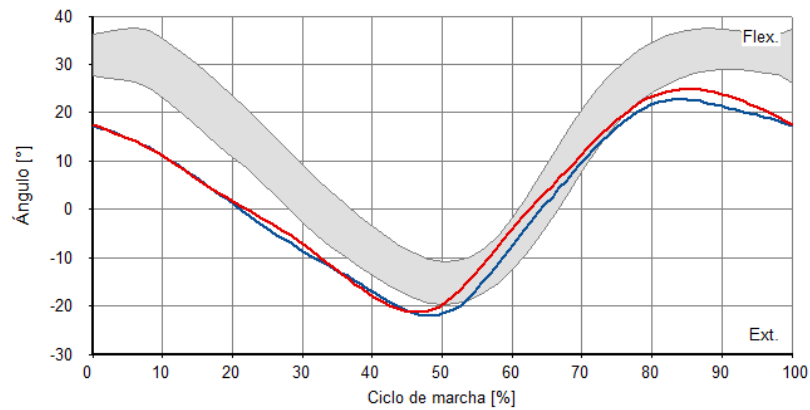


Figura 88. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 sin carga [10].

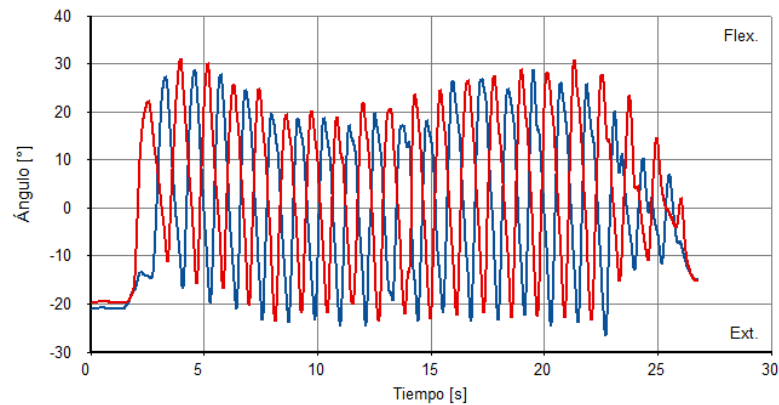



Figura 89. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 sin carga [10].

Rotación de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 32. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 2 sin carga [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	20°/8°	-2°/-24°
	Media de ciclos (°)	13°/-7°	4°/-13°
	Rango de movimiento (°)	22°/31°	

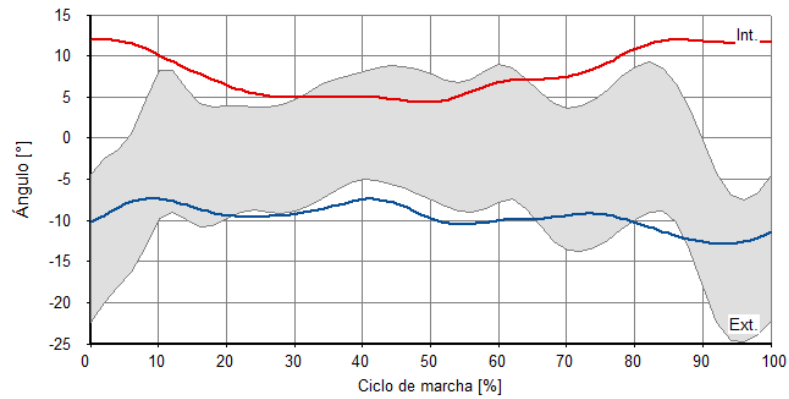


Figura 90. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de cadera del sujeto 2 sin carga [10].

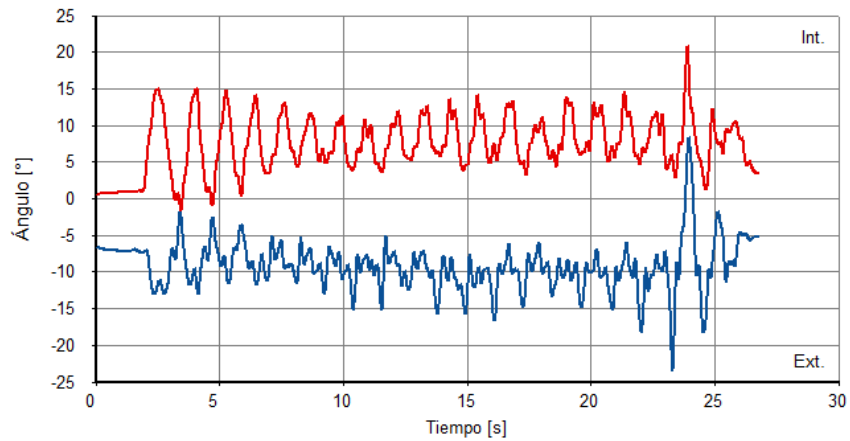



Figura 91. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 2 sin carga [10].

Flexo/extensión de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 33. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 sin carga [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	72°/72°	3°/2°
	Media de ciclos (°)	54°/48°	5°/-24°
	Rango de movimiento (°)	69°/69°	

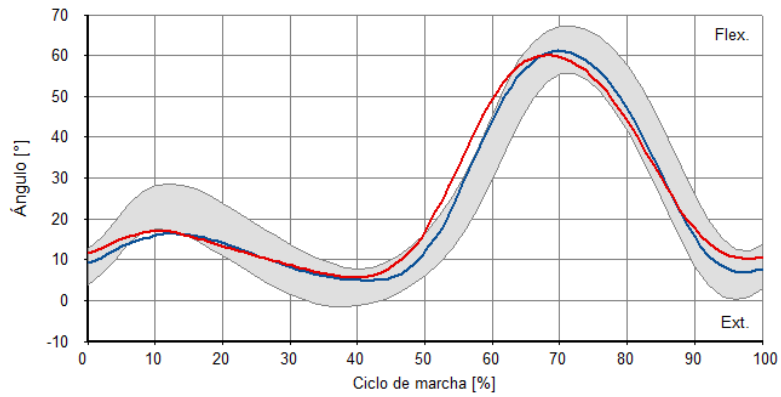


Figura 92. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 sin carga [10].

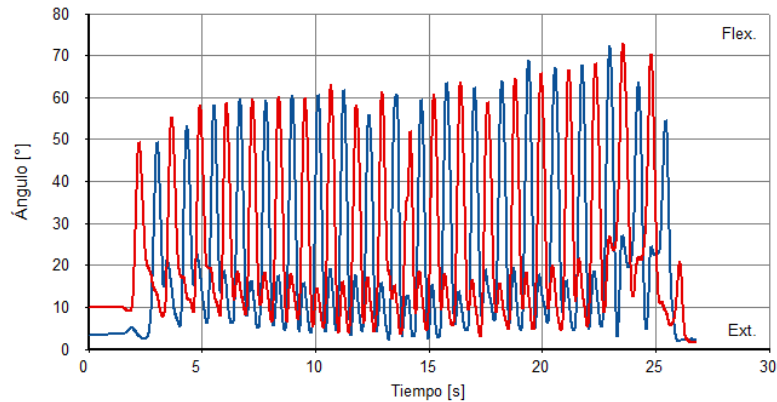



Figura 93. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 sin carga [10].

Rotación de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 34. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 2 sin carga. [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	0°/30°	-24°/10°
Media de ciclos (°)	-6°/26°	-22°/16°	
Rango de movimiento (°)	24°/19°		

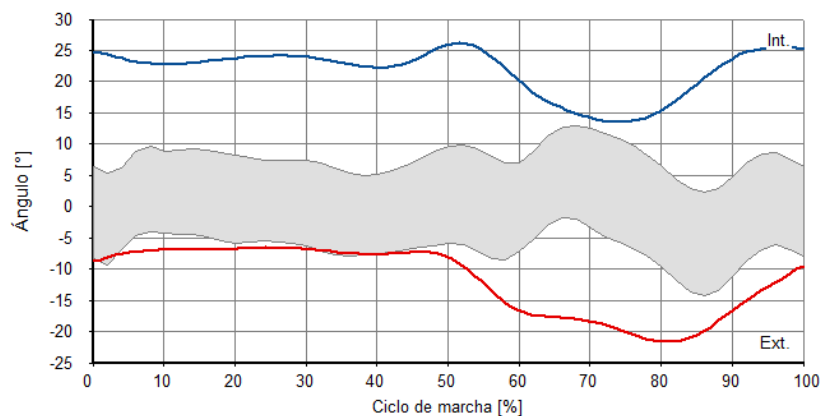


Figura 94. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de rodilla del sujeto 2 sin carga [10].

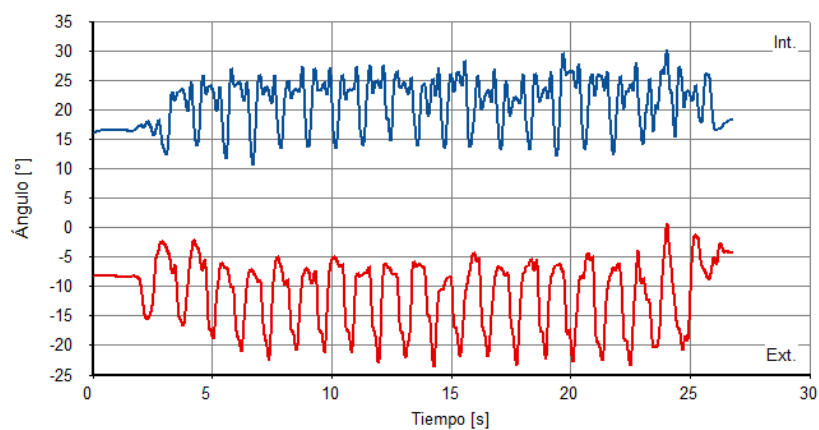


Figura 95. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 2 sin carga [10].

- **Sujeto 2 (Carga asimétrica)**

En base al informe generado por el programa, se indican los siguientes datos:

Tren Inferior (sin pies)

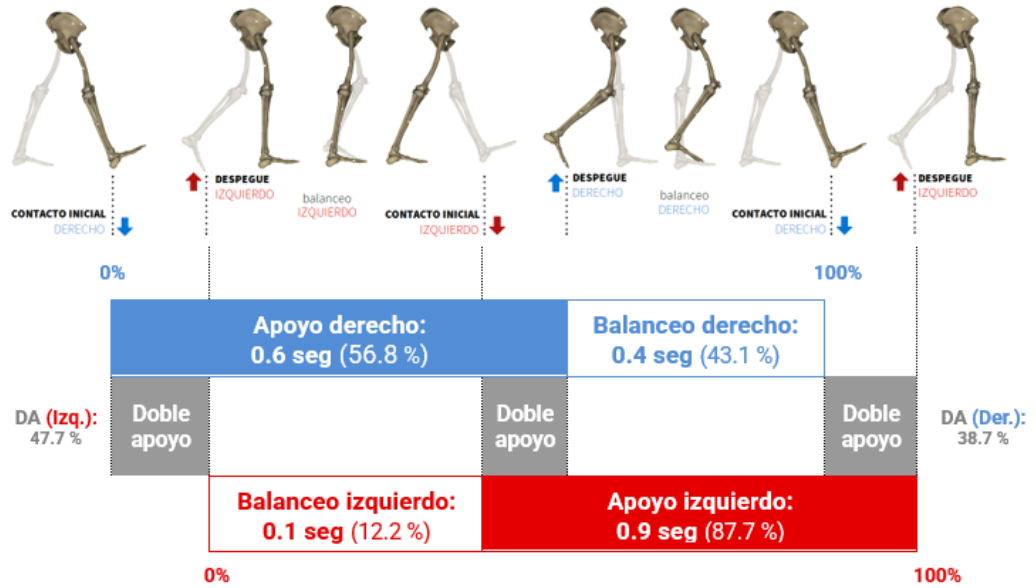
Tabla 35. Datos generales del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

Nombre	Frecuencia
Sujeto 2	100 Hz
Fecha del informe	Tiempo del estudio
2023-12-14	28 segundos

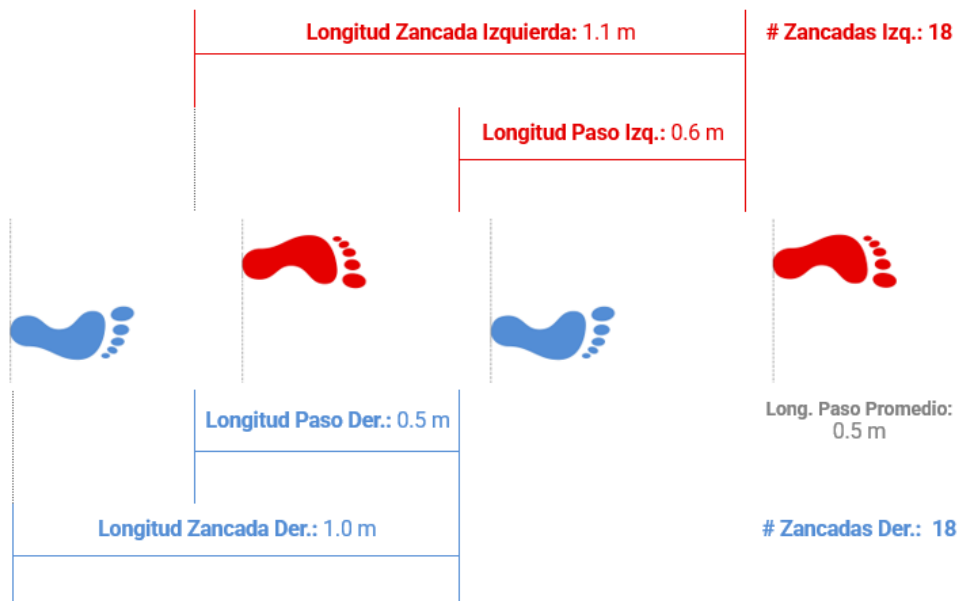
Parámetros de marcha

Se indican los siguientes datos:

Cadencia lateral izquierda	Cadencia lateral derecha	Cadencia	Velocidad	Simetría pélvica
109,2 pasos/min	112,9 pasos/min	110,9 pasos/min	0,9 m/s	53 %




Duración zancada derecha	Duración zancada Promedio: 1,1 seg	Duración zancada izquierda
1,1 seg	Duración ciclo de marcha: 1,1 seg	1,0 seg



Inclinación de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 36. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	8°	-4°
	Media de ciclos (°)	4°	0°
	Rango de movimiento (°)	11°	

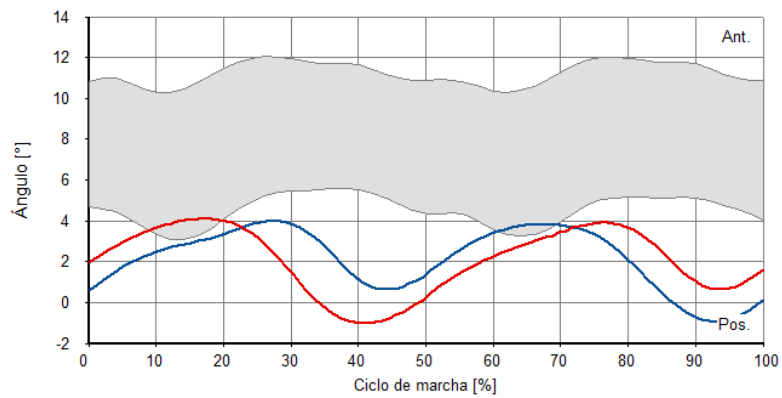


Figura 96. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 12 con carga asimétrica [10].

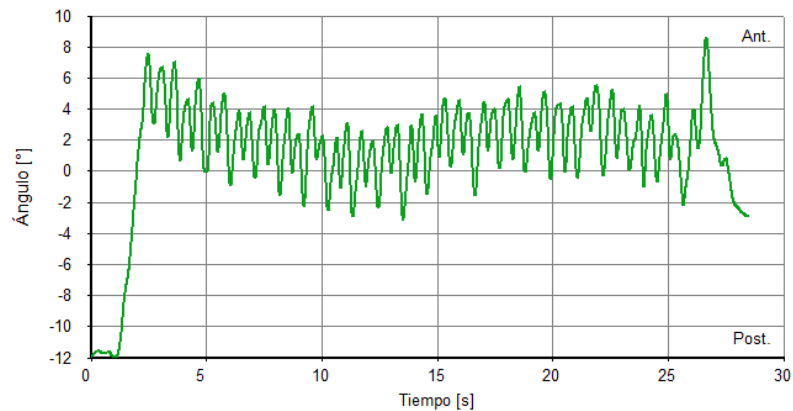



Figura 97. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

Oblicuidad de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 37. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	5°	-4°
	Media de ciclos (°)	1°	1°
	Rango de movimiento (°)	8°	

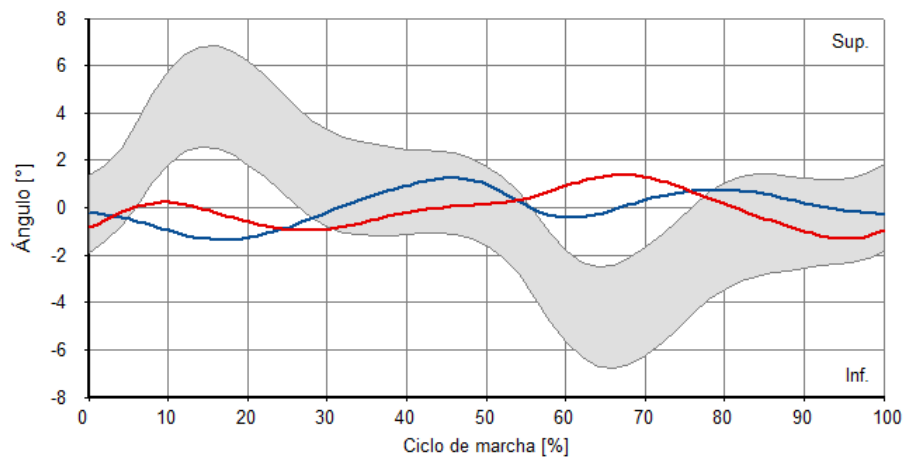


Figura 98. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

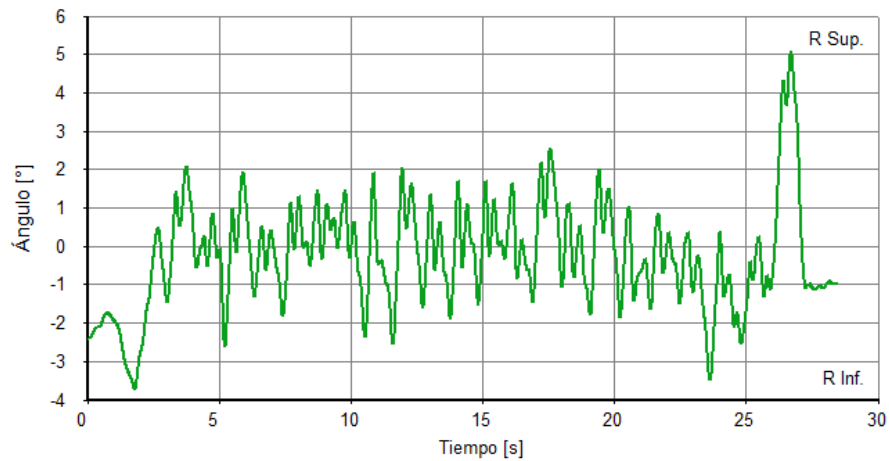



Figura 99. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

Flexo/extensión de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 38. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	43°/21°	-13°/-31°
	Media de ciclos (°)	33°/8°	-11°/-29°
	Rango de movimiento (°)	60°/53°	

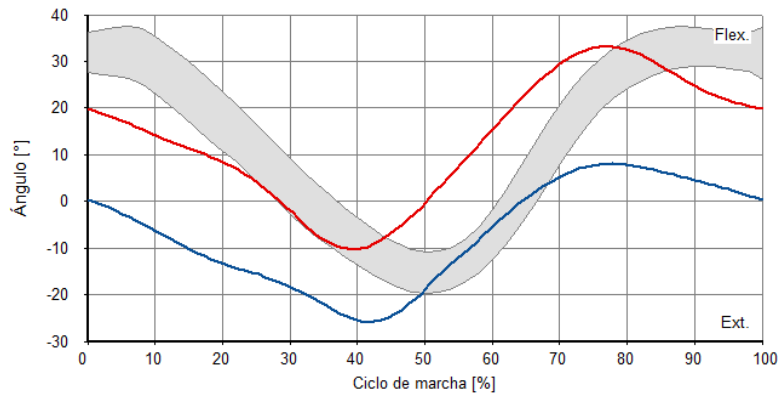


Figura 100. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

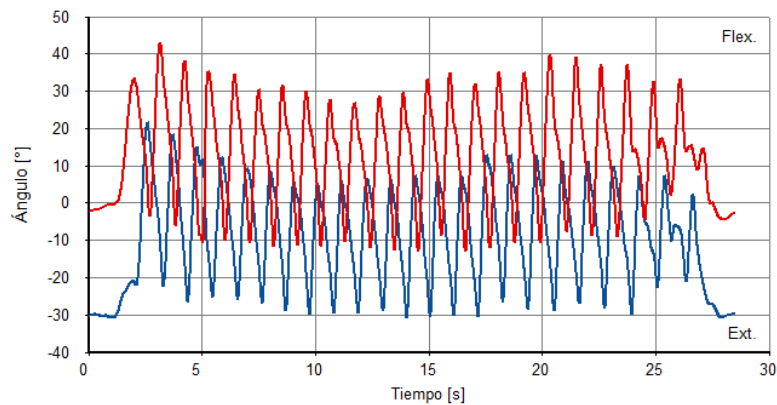



Figura 101. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

Rotación de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 39. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	12°/13°	-8°/-13°
	Media de ciclos (°)	5°/4°	-2°/-5°
	Rango de movimiento (°)	19°/26°	

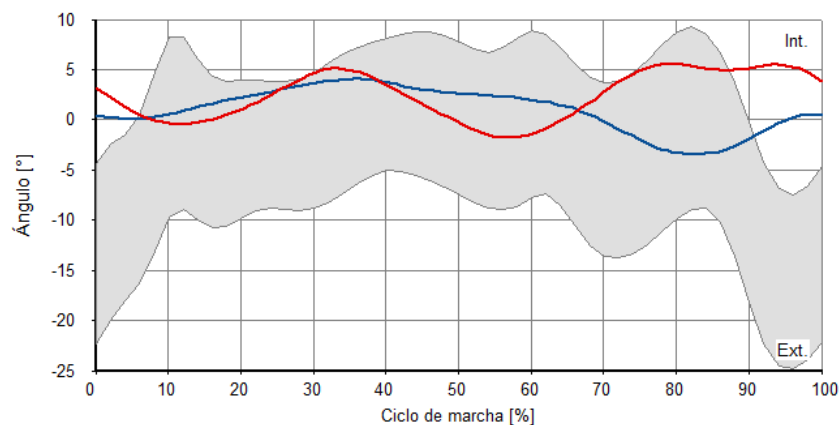


Figura 102. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

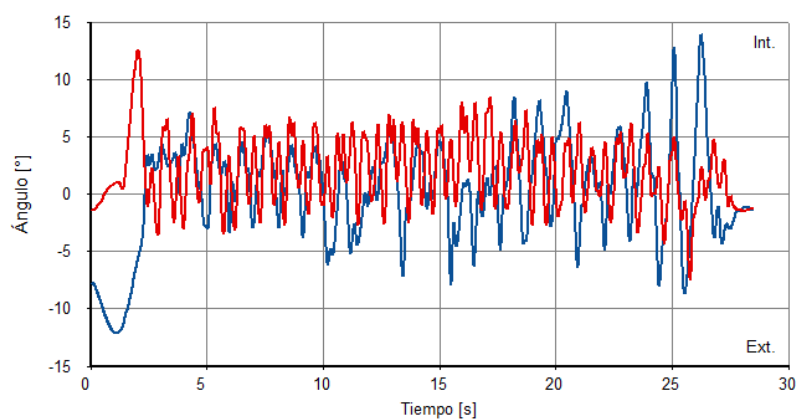



Figura 103. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 1 con carga asimétrica [10].

Flexo/extensión de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 40. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	33°/35°	-38°/-15°
	Media de ciclos (°)	18°/23°	-35°/-29°
	Rango de movimiento (°)	71°/49°	

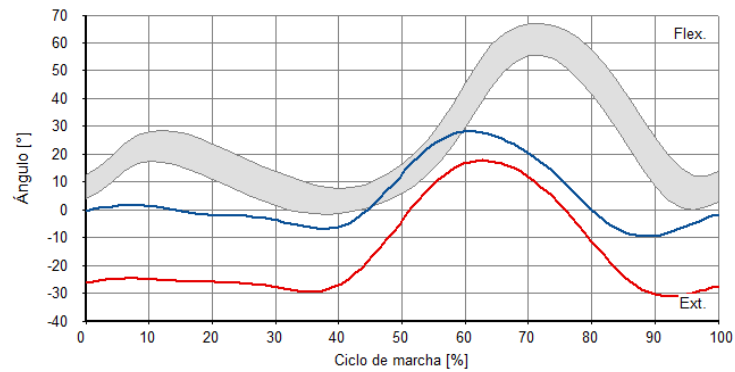


Figura 104. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

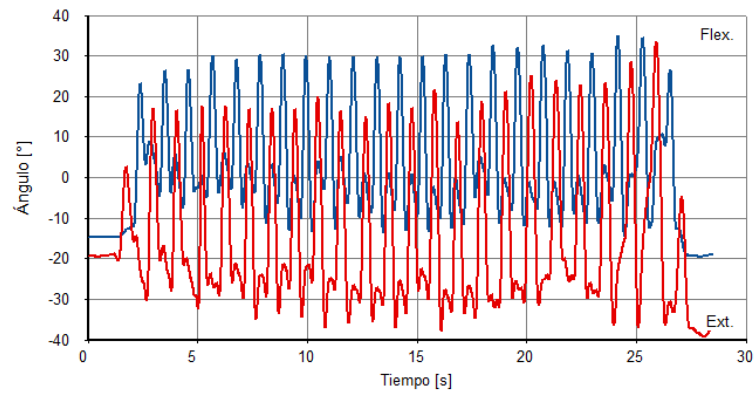
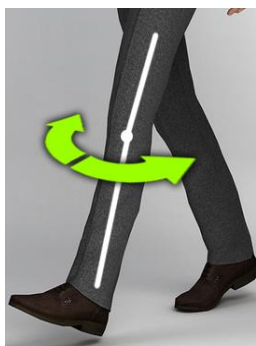


Figura 105. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

Rotación de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 41. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	21°/1°	-10°/-3°
Media de ciclos (°)	5°/0°	-6°/-1°	
Rango de movimiento (°)	20°/4°		

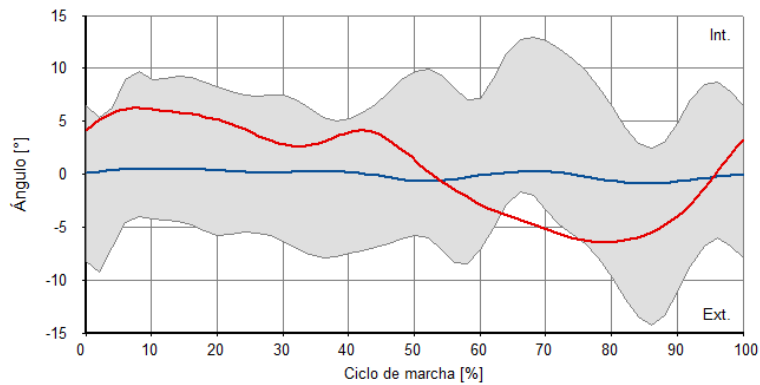


Figura 106. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto con carga asimétrica [10].

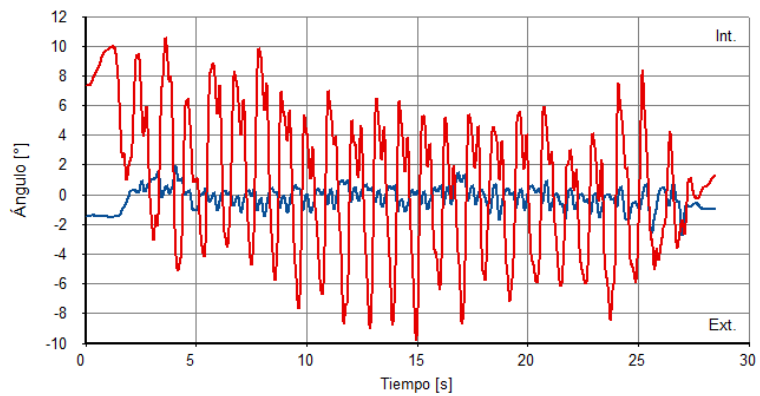


Figura 107. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

- **Sujeto 2 (Carga simétrica)**

En base al informe generado por el programa, se indican los siguientes datos:

Tren Inferior (sin pies)

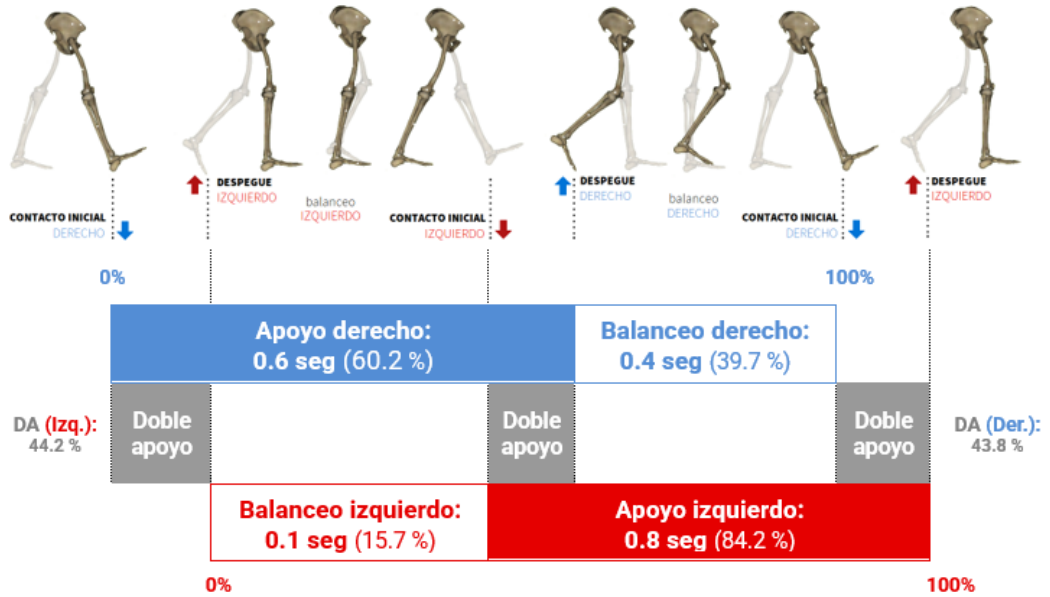
Tabla 42. Datos generales del sujeto 2 con carga simétrica [10].

Nombre	Frecuencia
Sujeto 2	100 Hz
Fecha del informe	Tiempo del estudio
2023-12-14	28 segundos

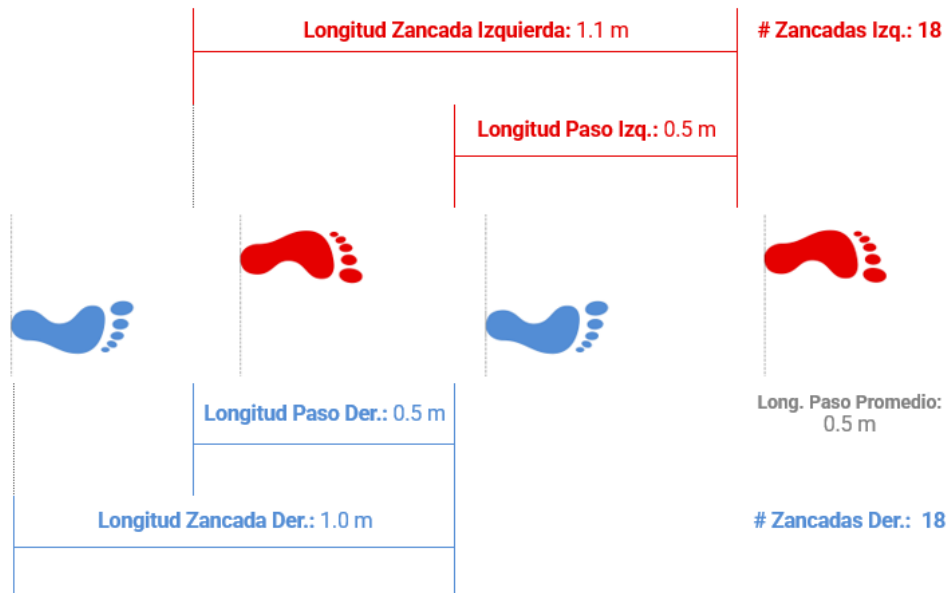
Parámetros de marcha

Se indican los siguientes datos:

Cadencia lateral izquierda	Cadencia lateral derecha	Cadencia	Velocidad	Simetría pélvica
117,1 pasos/min	120,0 pasos/min	118,5 pasos/min	1,0 m/s	45 %




Duración zancada derecha	Duración zancada Promedio: 1,0 seg	Duración zancada izquierda
1,0 seg	Duración ciclo de marcha: 1,0 seg	1,0 seg



Inclinación de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 43. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	14°	1°
	Media de ciclos (°)	10°	5°
	Rango de movimiento (°)	13°	

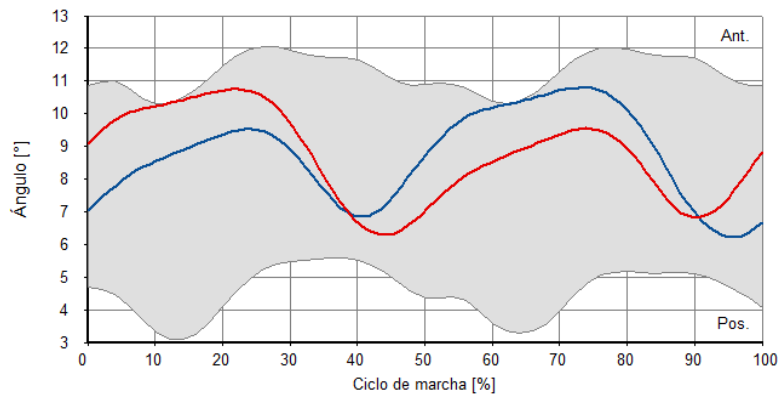


Figura 108. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica [10].

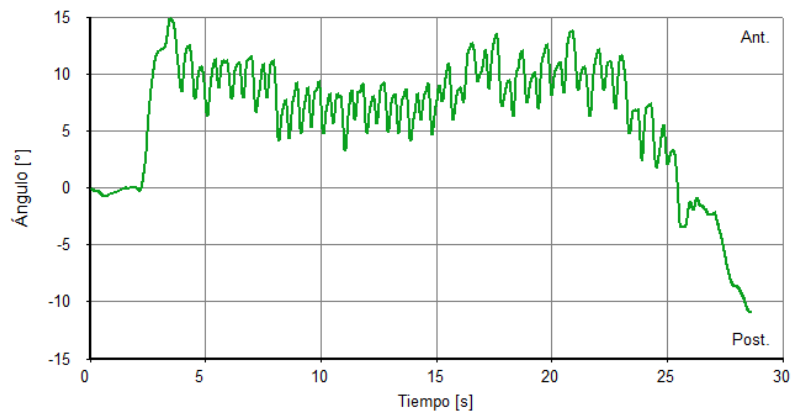



Figura 109. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica [10].

Oblicuidad de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 44. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	11°	0°
	Media de ciclos (°)	4°	4°
	Rango de movimiento (°)	11°	

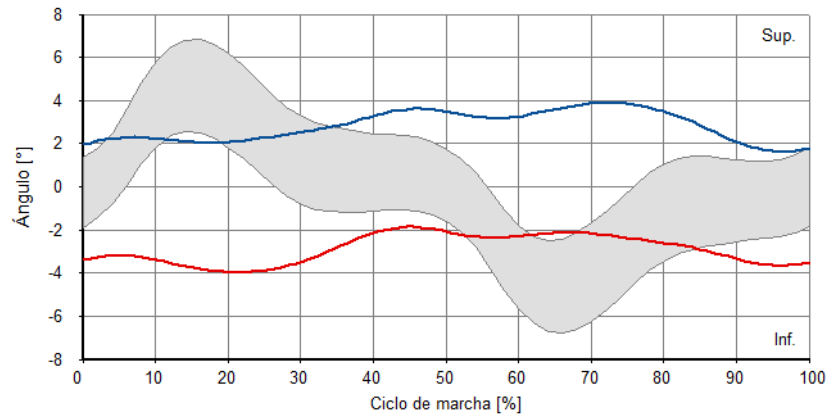


Figura 110. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica [10].

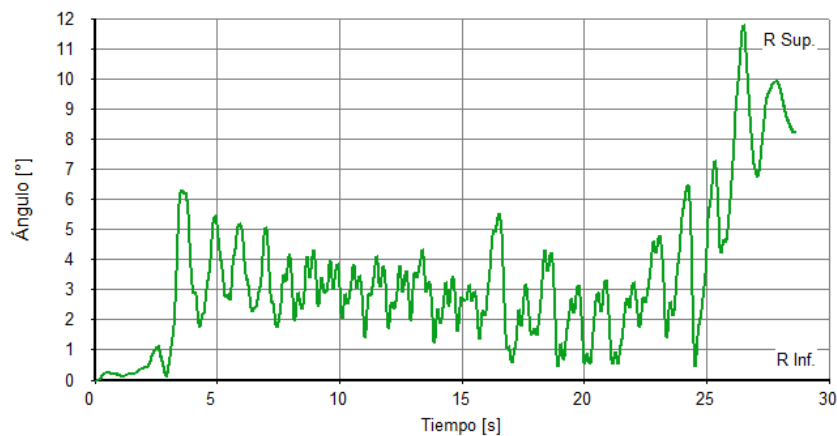



Figura 111. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 2 con carga simétrica [10].

Flexo/extensión de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 45. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga simétrica [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	39°/17°	-15°/-35°
	Media de ciclos (°)	31°/6°	-12°/-33°
	Rango de movimiento (°)	54°/52°	

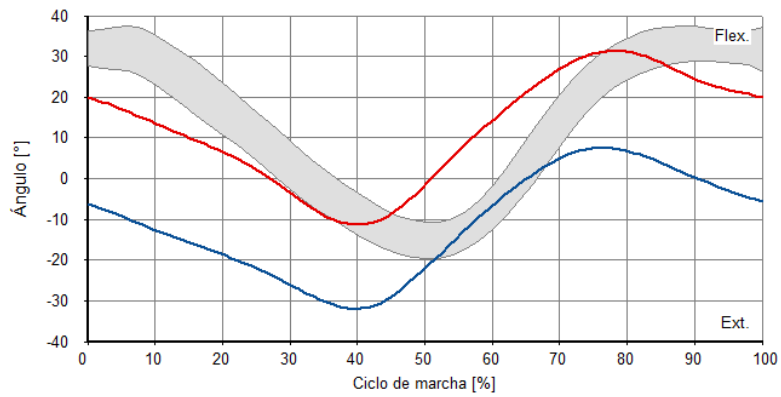


Figura 112. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga simétrica [10].

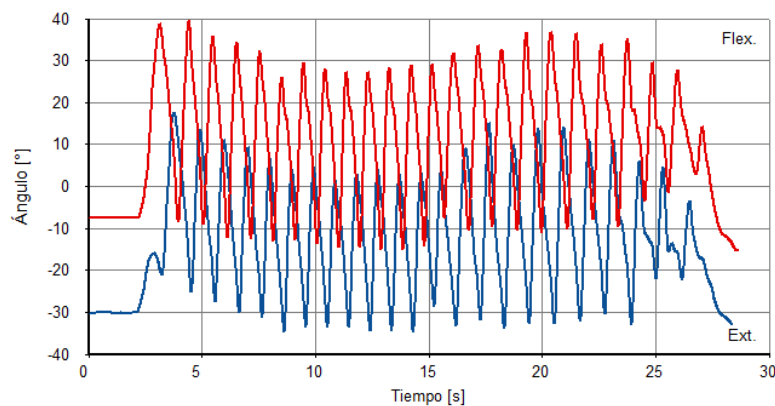
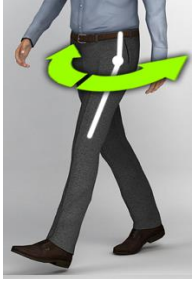


Figura 113. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

Rotación de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 46. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 2 con carga simétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	7°/7°	-9°/-17°
	Media de ciclos (°)	3°/0°	-2°/-11°
	Rango de movimiento (°)	16°/23°	

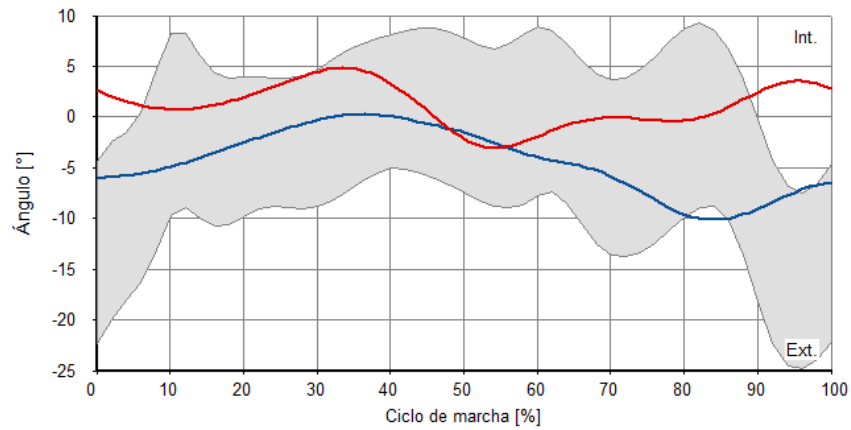


Figura 114. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 2 con carga simétrica [10].

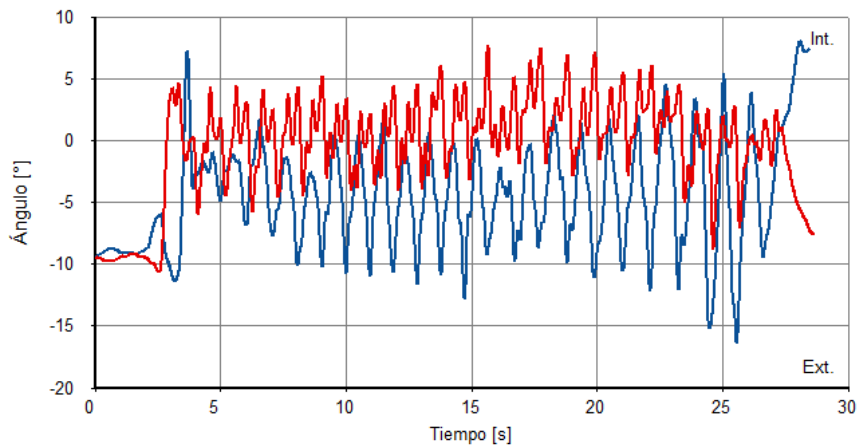



Figura 115. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 2 con carga simétrica [10].

Flexo/extensión de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 47. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica [10].

	Valor	Flexión (Max) Izq/Der	Extensión (Min) Izq/Der
	Límite absoluto (°)	9°/35°	-35°/-18°
	Media de ciclos (°)	1°/27°	-30°/-33°
	Rango de movimiento (°)	43°/52°	

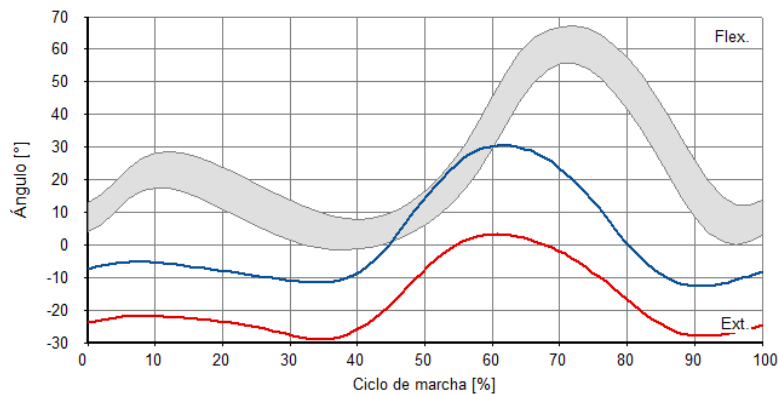


Figura 116. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica [10].

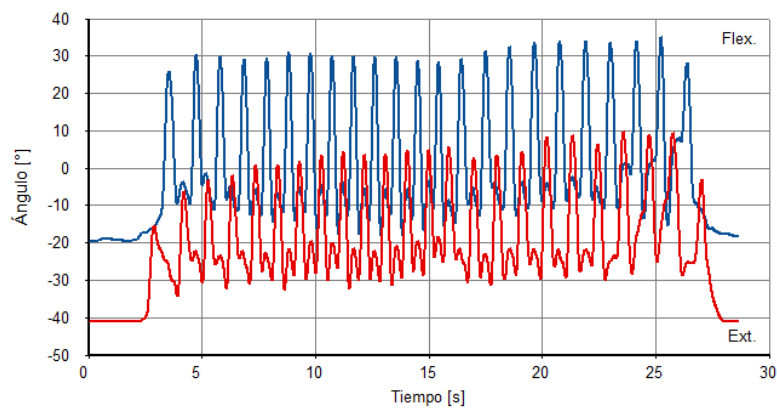



Figura 117. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica [10].

Rotación de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 48. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	12°/2°	1°/-2°
Media de ciclos (°)	8°/1°	3°/0°	
Rango de movimiento (°)	10°/4°		

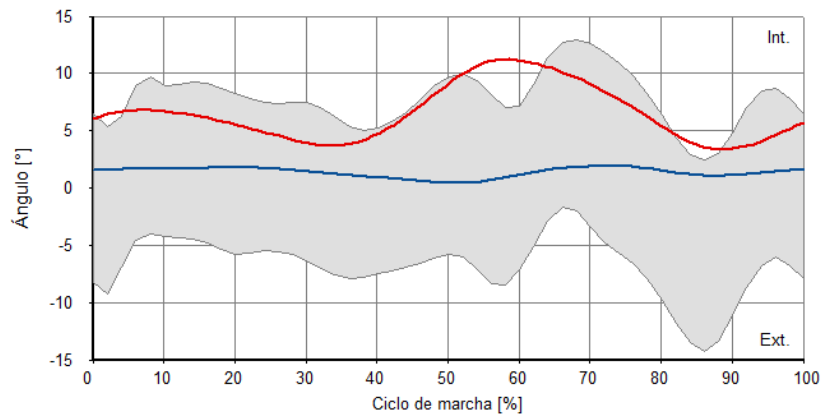


Figura 118. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica [10].

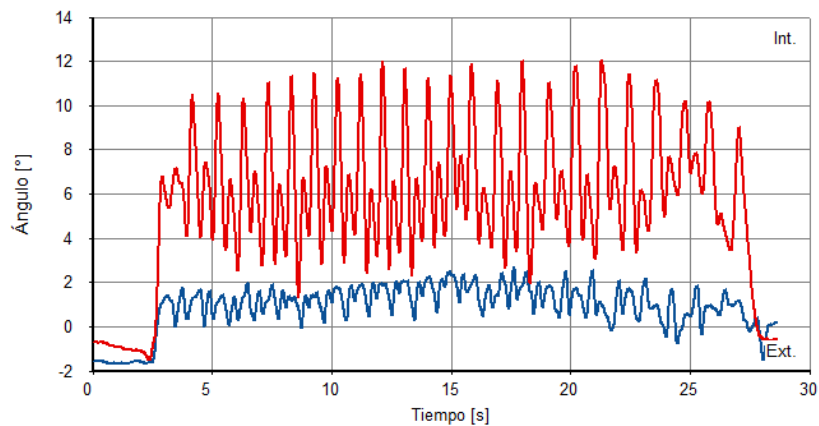


Figura 119. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 2 con carga simétrica [10].

- **Sujeto 3 (Sin carga)**

En base al informe generado por el programa, se indican los siguientes datos:

Tren Inferior (sin pies)

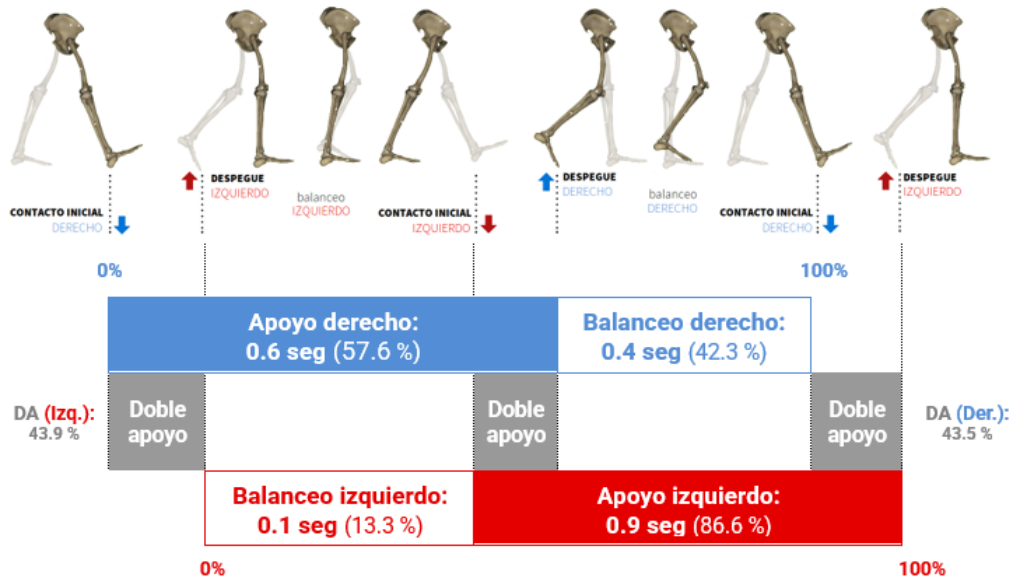
Tabla 49. Datos generales del sujeto de prueba 3 sin carga [10].

Nombre	Frecuencia
Sujeto 3	100 Hz
Fecha del informe	Tiempo del estudio
2023-12-14	26 segundos

Parámetros de marcha

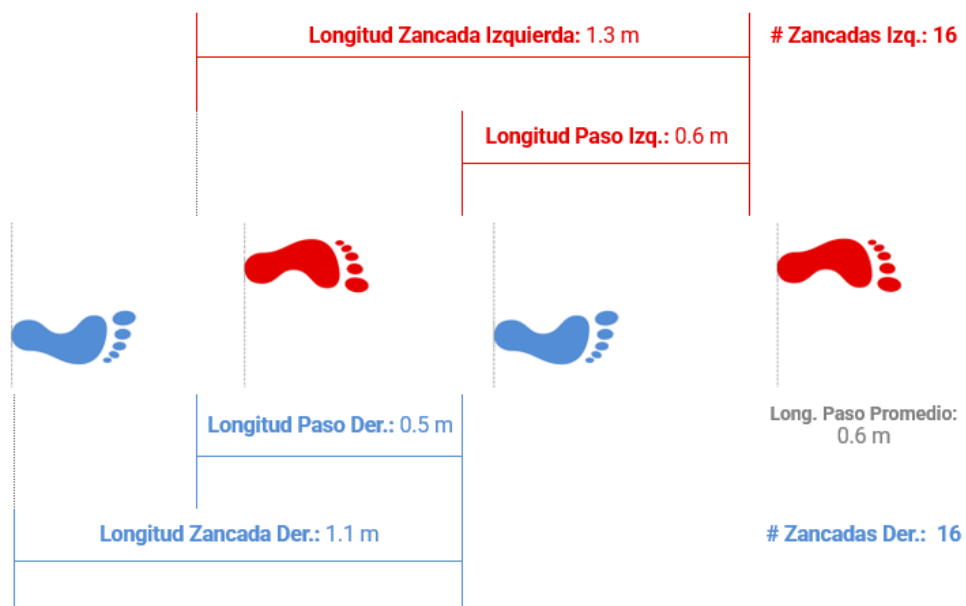
Se indican los siguientes datos:

Cadencia lateral izquierda	Cadencia lateral derecha	Cadencia	Velocidad	Simetría pélvica
112,8 pasos/min	100,3 pasos/min	106,1 pasos/min	1,0 m/s	47 %



Duración zancada derecha	Duración zancada Promedio: 1,1 seg	Duración zancada izquierda
1,1 seg	Duración ciclo de	1,1 seg

	marcha: 1,1 seg	
--	------------------------	--



Inclinación de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 50. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 3 sin carga [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	11°	-4°
	Media de ciclos (°)	7°	3°
	Rango de movimiento (°)	15°	

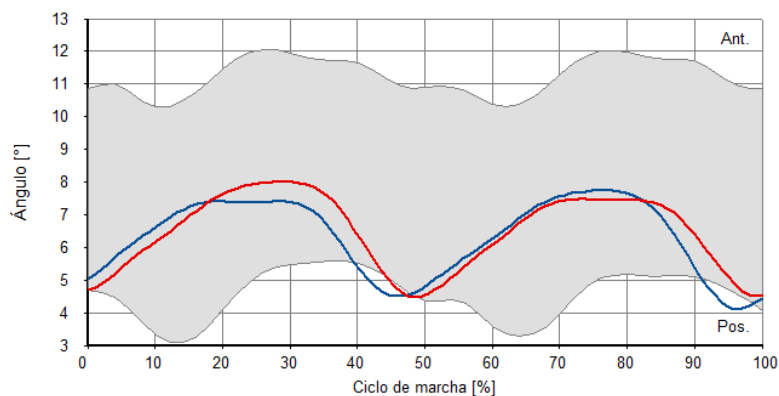


Figura 120. Ángulo en el ciclo de la marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 sin carga [10].

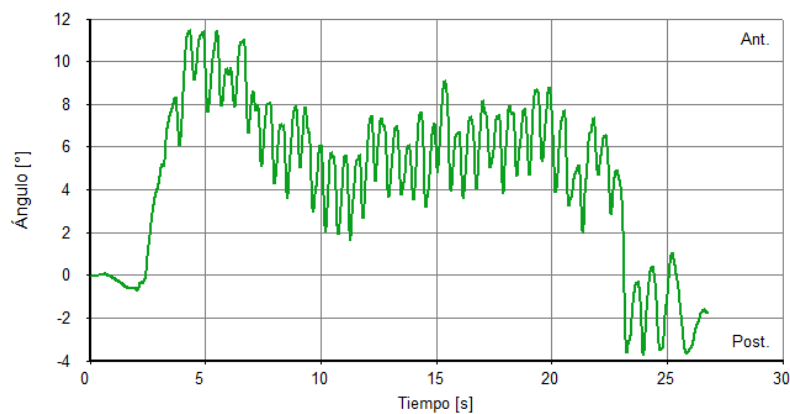


Figura 121. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 sin carga [10].

Oblicuidad de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 51. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 sin carga [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	8°	-6°
	Media de ciclos (°)	-2°	-2°
	Rango de movimiento (°)	14°	

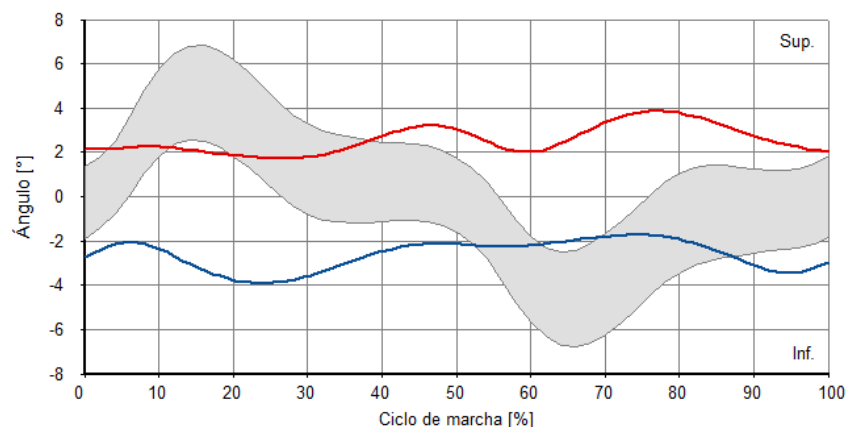


Figura 122. Ángulo en el ciclo de la marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 sin carga [10].

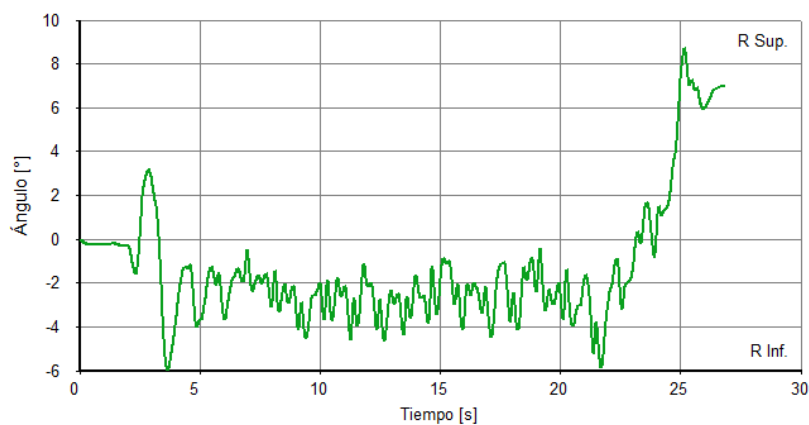
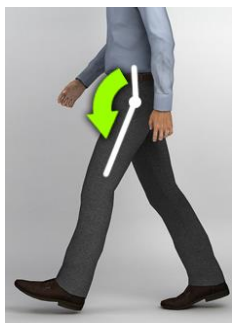


Figura 123. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 sin carga [10].

Flexo/extensión de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 52. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 sin carga [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	35°/17°	-14°/-34°
Media de ciclos (°)	29°/6°	-11°/-30°	
Rango de movimiento (°)	48°/51°		

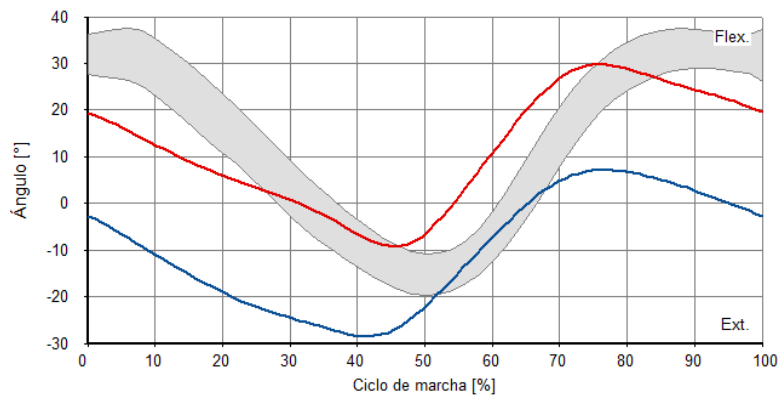


Figura 124. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 sin carga [10].

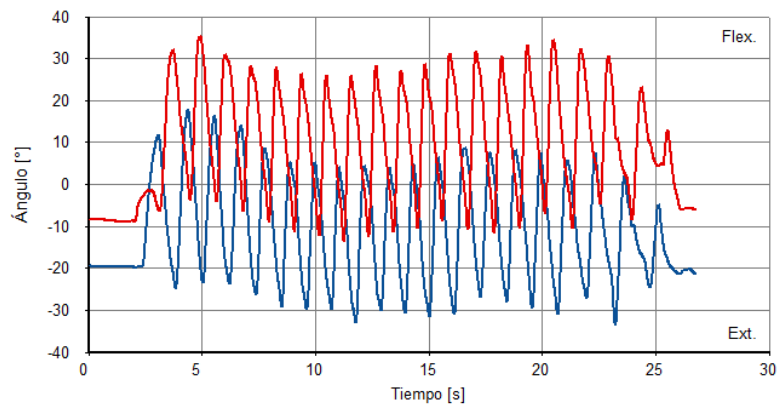



Figura 125. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 sin carga [10].

Rotación de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 53. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 3 sin carga [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	3°/0°	-11°/-18°
	Media de ciclos (°)	-2°/-6°	-8°/-12°
	Rango de movimiento (°)	14°/18°	

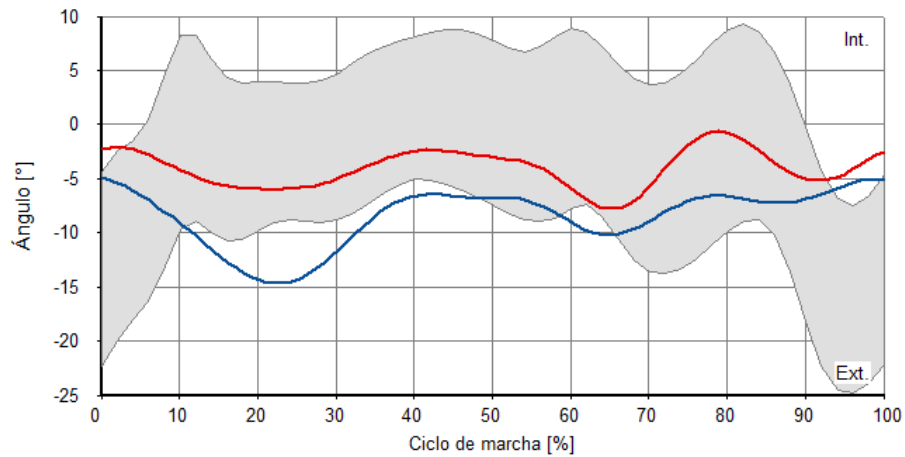


Figura 126. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de cadera del sujeto 3 sin carga [10].

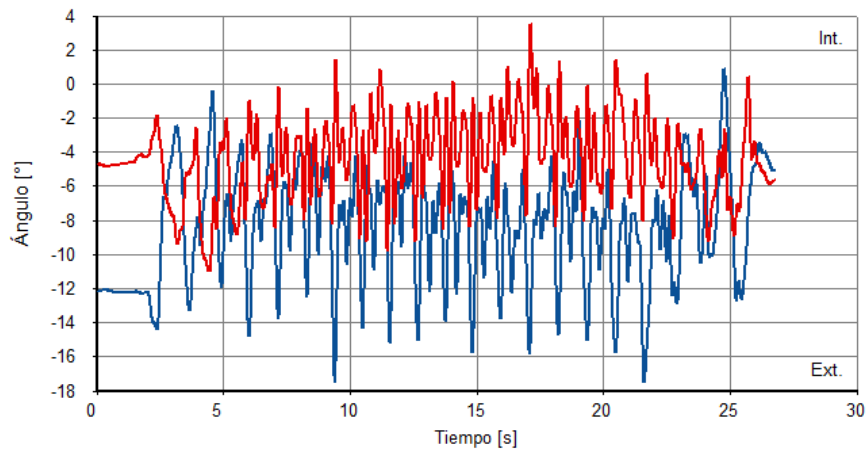



Figura 127. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 3 sin carga [10].

Flexo/extensión de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 54. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 sin carga [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	23°/50°	-50°/-16°
	Media de ciclos (°)	17°/42°	-47°/-30°
	Rango de movimiento (°)	72°/65°	

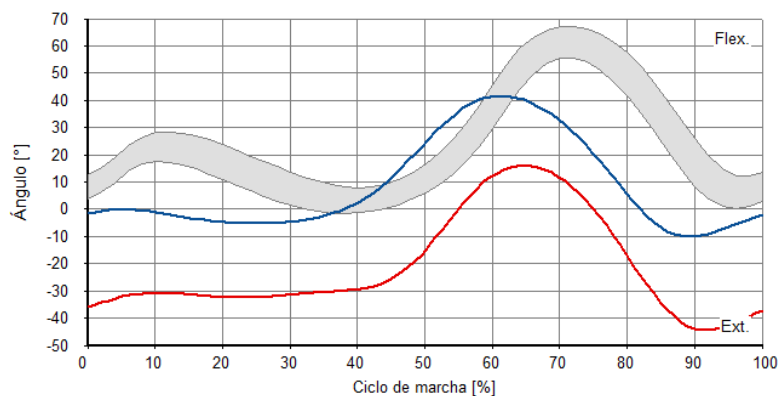


Figura 128. Ángulo en el ciclo de la marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 sin carga [10].

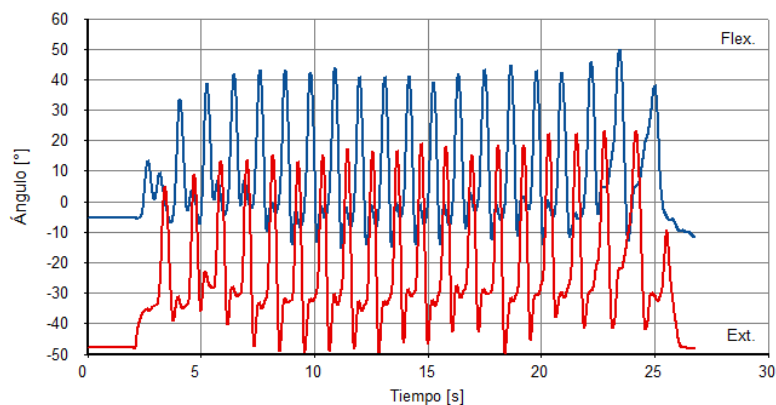



Figura 129. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 sin carga [10].

Rotación de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 55. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 3 sin carga [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	31°/8°	8°/-10°
	Media de ciclos (°)	22°/3°	-12°/-5°
	Rango de movimiento (°)	23°/17°	

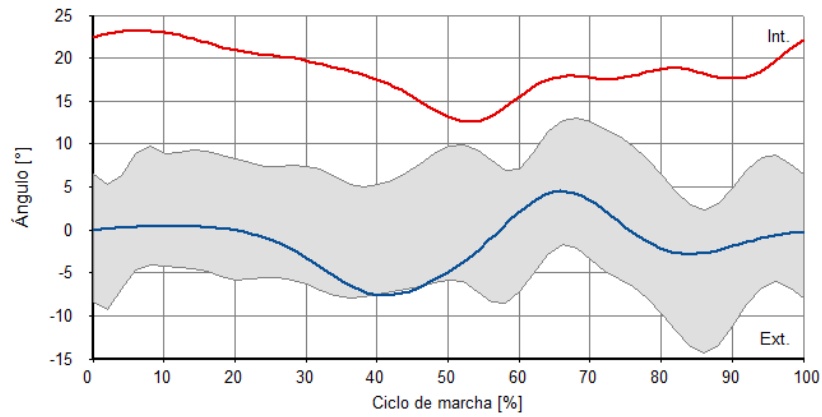


Figura 130. Ángulo en el ciclo de la marcha de la rotación de rodilla del sujeto 3 sin carga [10].

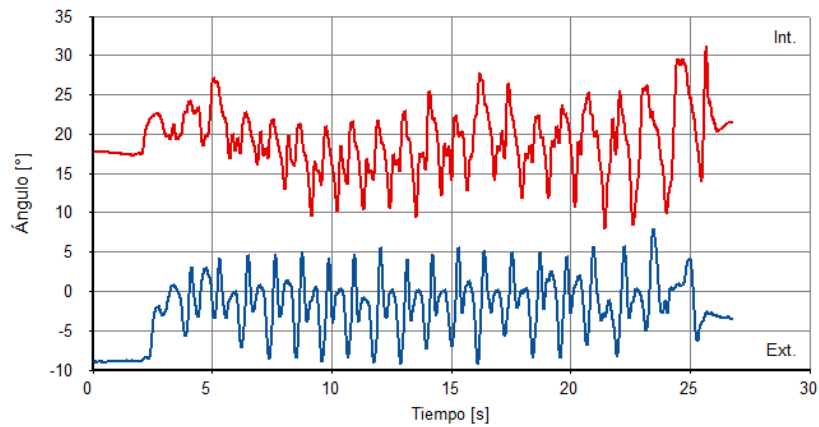


Figura 131. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 3 sin carga [10].

- **Sujeto 3 (Carga asimétrica)**

En base al informe generado por el programa, se indican los siguientes datos:

Tren Inferior (sin pies)

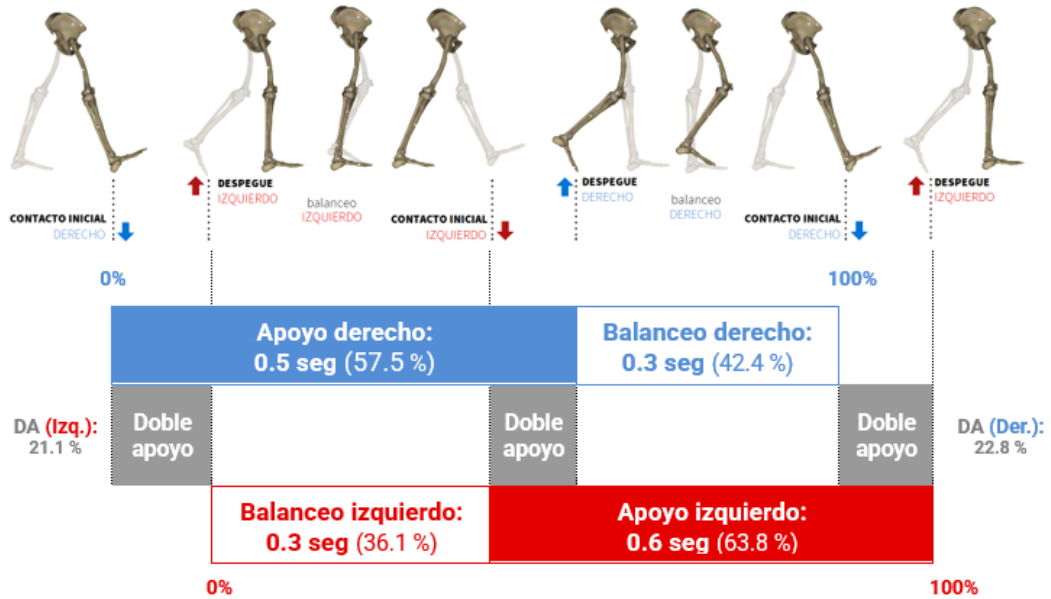
Tabla 56. Datos generales del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

Nombre	Frecuencia
Sujeto 3	100 Hz
Fecha del informe	Tiempo del estudio
2023-12-14	24 segundos

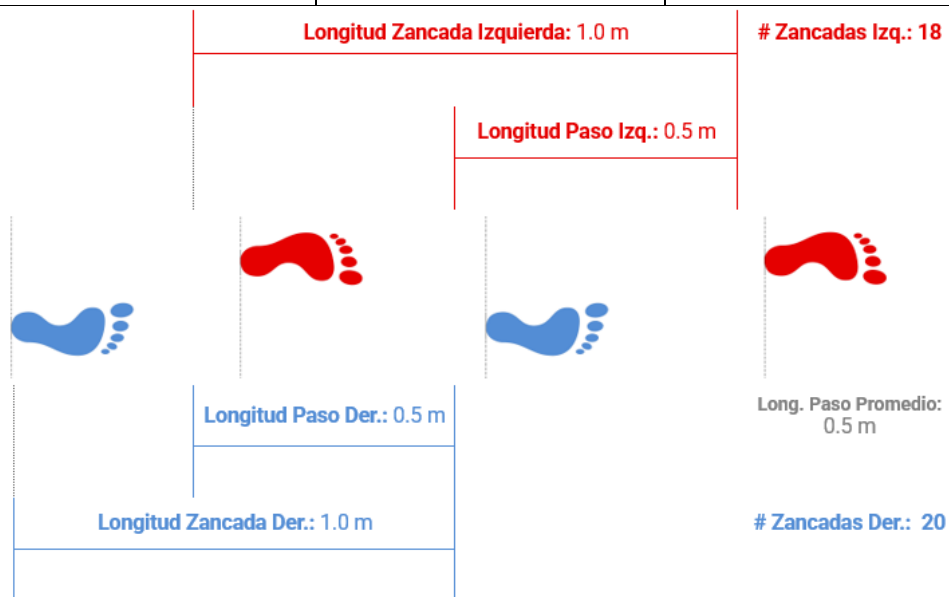
Parámetros de marcha

Se indican los siguientes datos:

Cadencia lateral izquierda	Cadencia lateral derecha	Cadencia	Velocidad	Simetría pélvica
132,0 pasos/min	120,1 pasos/min	125,9 pasos/min	1,0 m/s	39 %




Duración zancada derecha	Duración zancada Promedio: 0,9 seg	Duración zancada izquierda
0,9 seg	Duración ciclo de marcha: 0,9 seg	0,9 seg



Inclinación de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 57. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	6°	-13°
	Media de ciclos (°)	2°	2°
	Rango de movimiento (°)	18°	

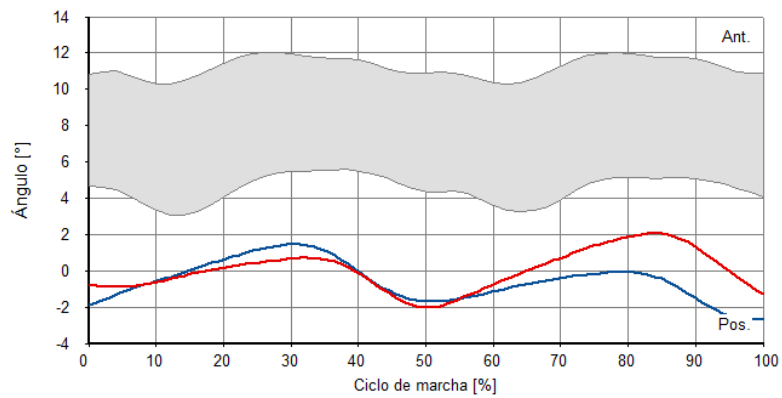


Figura 132. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

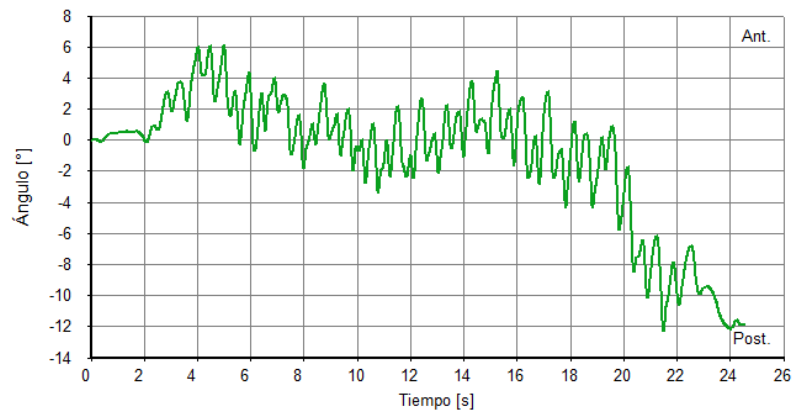



Figura 133. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

Oblicuidad de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 58. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	10°	-4°
	Media de ciclos (°)	8°	8°
	Rango de movimiento (°)	13°	

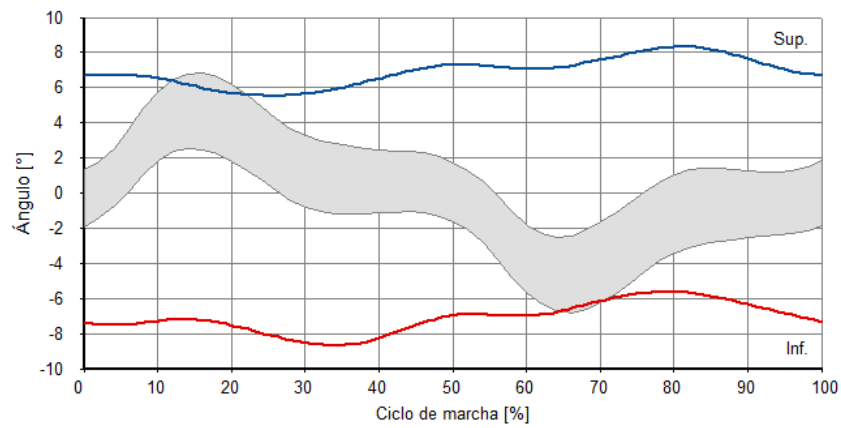


Figura 134. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

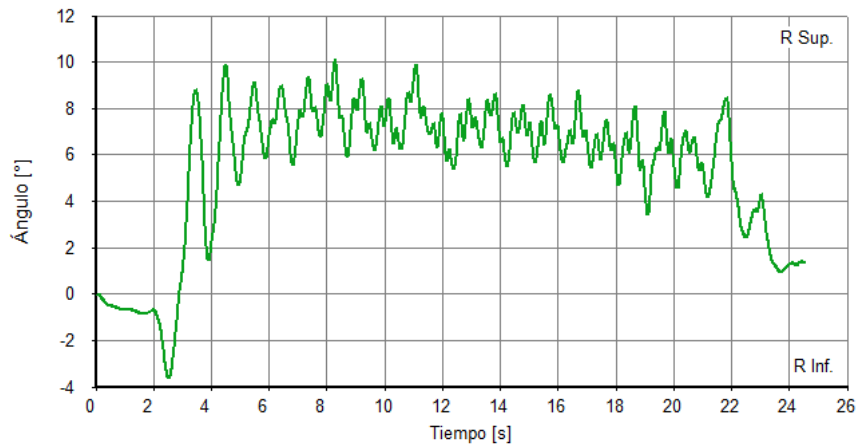
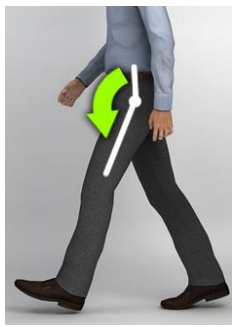


Figura 135. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

Flexo/extensión de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 59. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	35°/21°	-17°/-35°
	Media de ciclos (°)	29°/6°	-13°/-32°
	Rango de movimiento (°)	51°/55°	

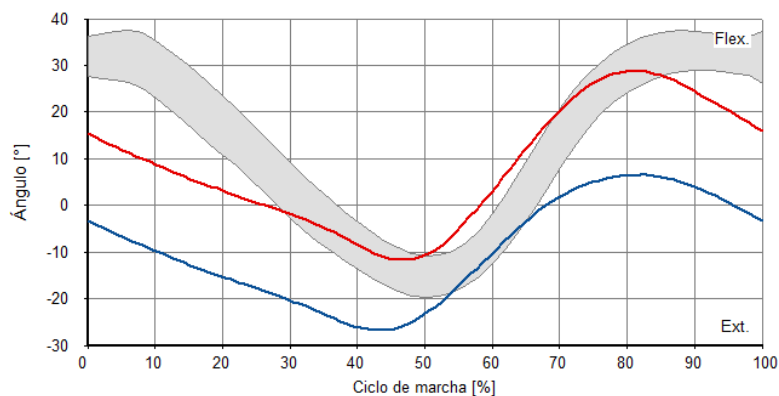


Figura 136. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

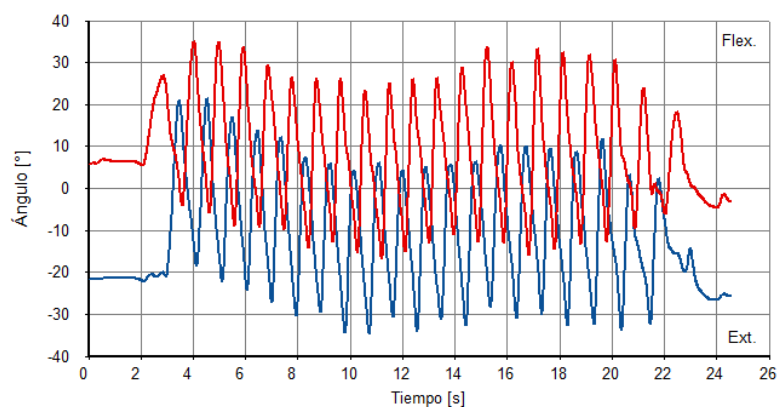



Figura 137. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

Rotación de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 60. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	0°/10°	-17°/-5°
	Media de ciclos (°)	-3°/5°	-9°/-1°
	Rango de movimiento (°)	17°/15°	

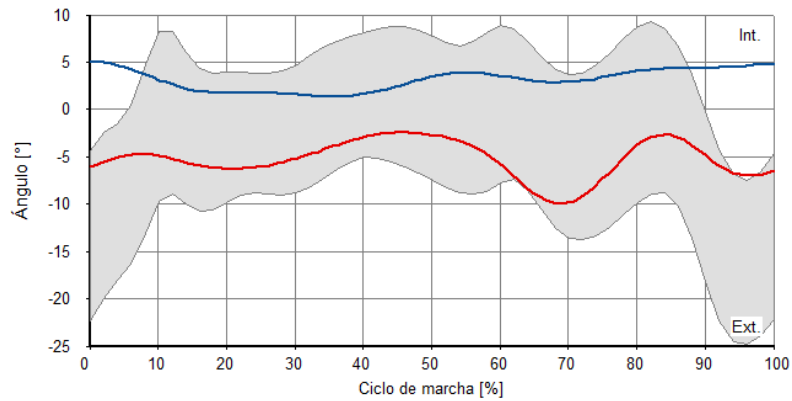


Figura 138. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

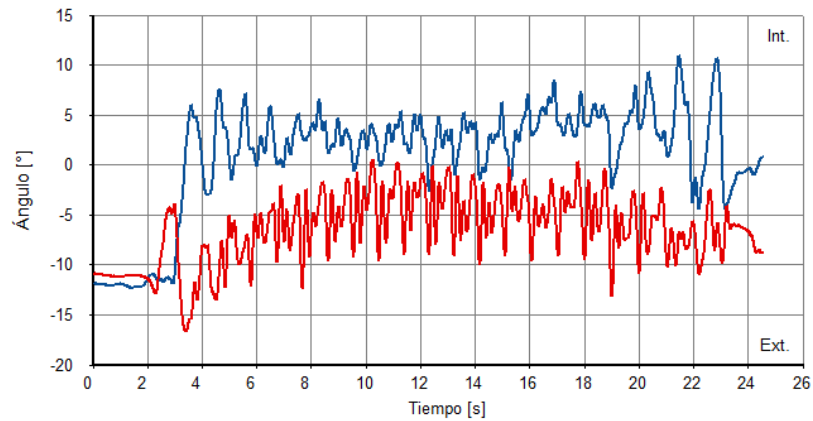



Figura 139. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

Flexo/extensión de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 61. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

	Valor	Flexión (Max)	Extensión (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	33°/48°	-48°/-8°
	Media de ciclos (°)	18°/40°	-35°/-32°
	Rango de movimiento (°)	80°/55°	

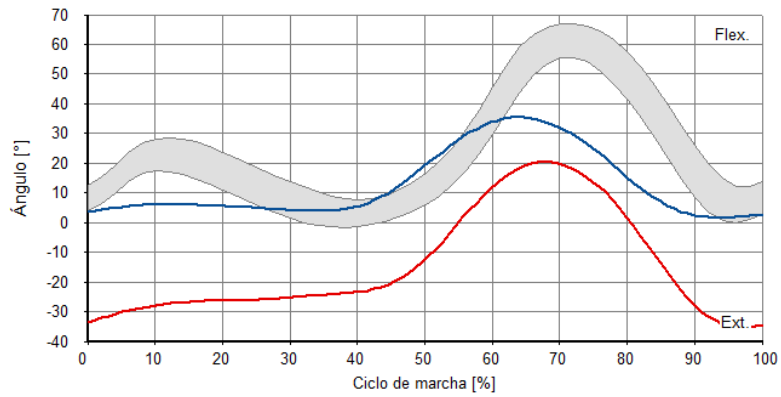


Figura 140. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 2 con carga asimétrica [10].

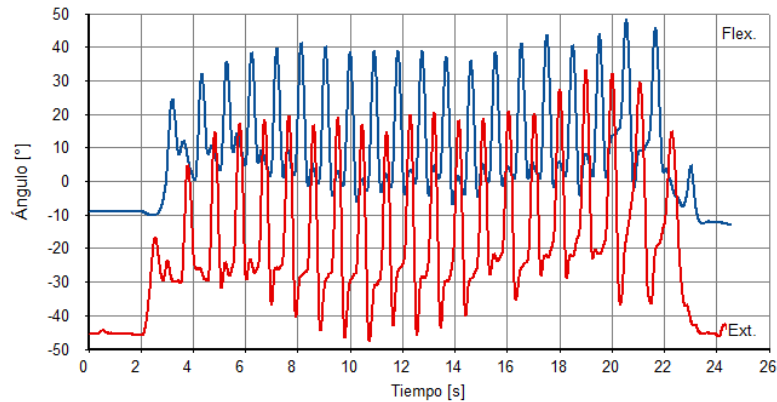



Figura 141. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

Rotación de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 62. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	40°/-11°	7°/-22°
	Media de ciclos (°)	27°/-14°	11°/-19°
	Rango de movimiento (°)	32°/10°	

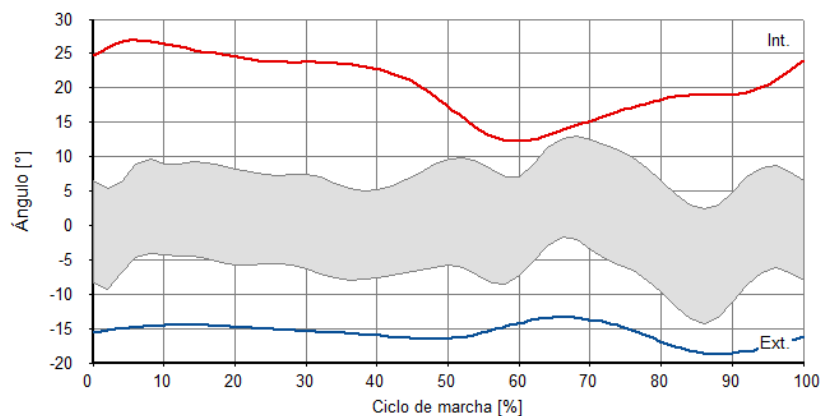


Figura 142. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga asimétrica [10]

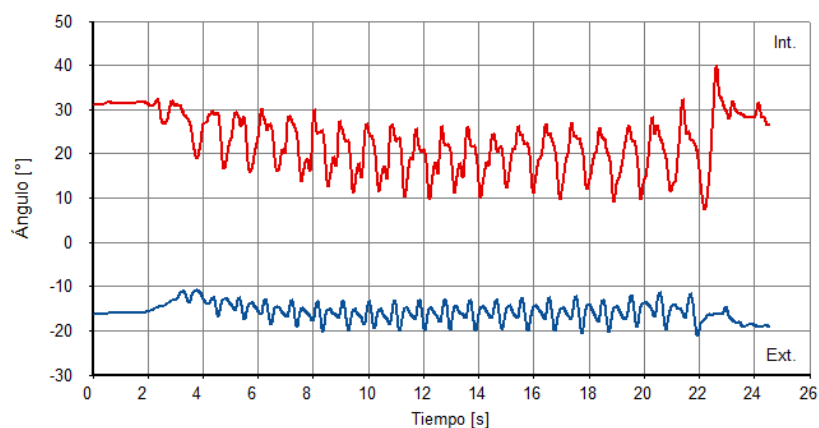


Figura 143. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

- **Sujeto 3 (Carga simétrica)**

En base al informe generado por el programa, se indican los siguientes datos:

Tren Inferior (sin pies)

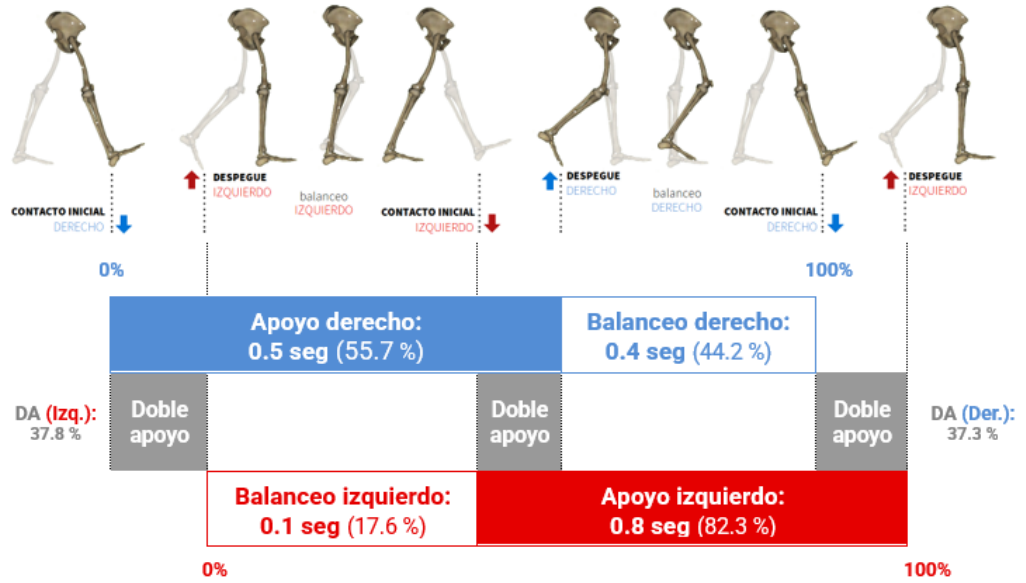
Tabla 63. Datos generales del sujeto 3 con carga simétrica [10].

Nombre	Frecuencia
Sujeto 3	100 Hz
Fecha del informe	Tiempo del estudio
2023-12-14	26 segundos

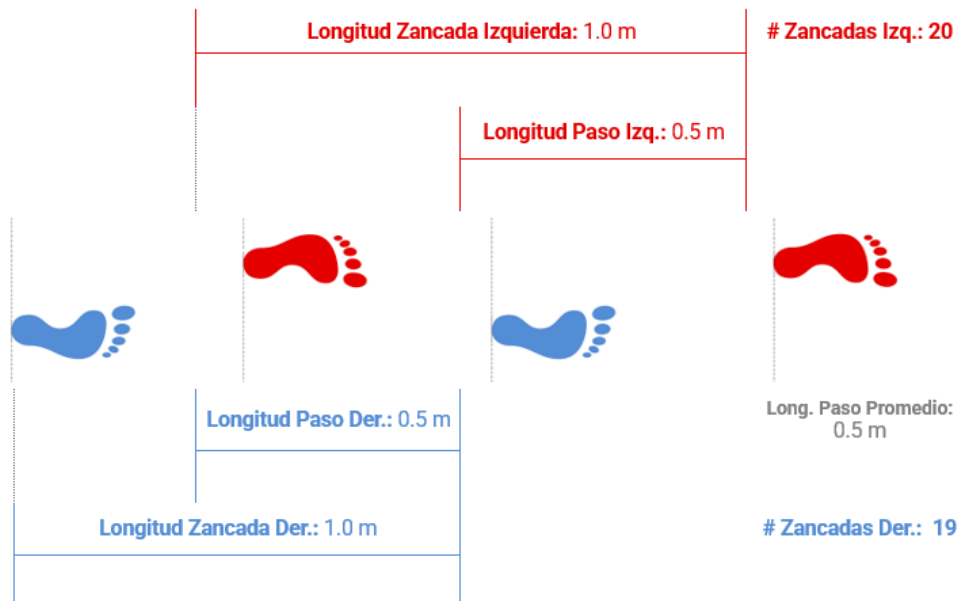
Parámetros de marcha

Se indican los siguientes datos:

Cadencia lateral izquierda	Cadencia lateral derecha	Cadencia	Velocidad	Simetría pélvica
121,2 pasos/min	105,4 pasos/min	112,6 pasos/min	0,9 m/s	45 %




Duración zancada derecha	Duración zancada Promedio:	Duración zancada izquierda
1,0 seg	1,0 seg	1,0 seg
	Duración ciclo de marcha:	
	1,0 seg	



Inclinación de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 64. Datos sobre la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	6°	-9°
	Media de ciclos (°)	3°	0°
Rango de movimiento (°)	15°		

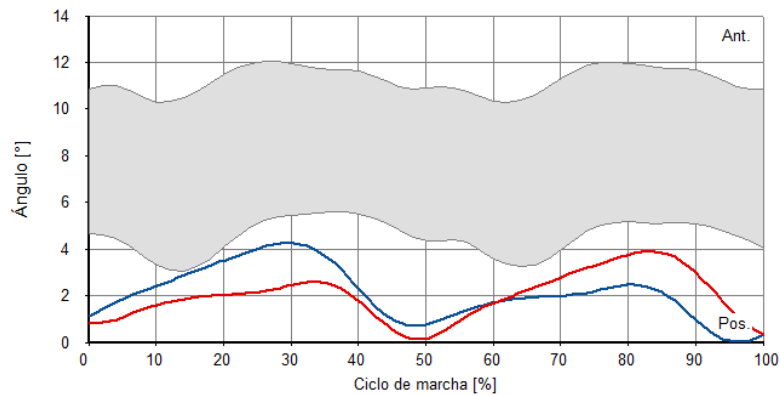


Figura 144. Ángulo en el ciclo de marcha de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica [10].

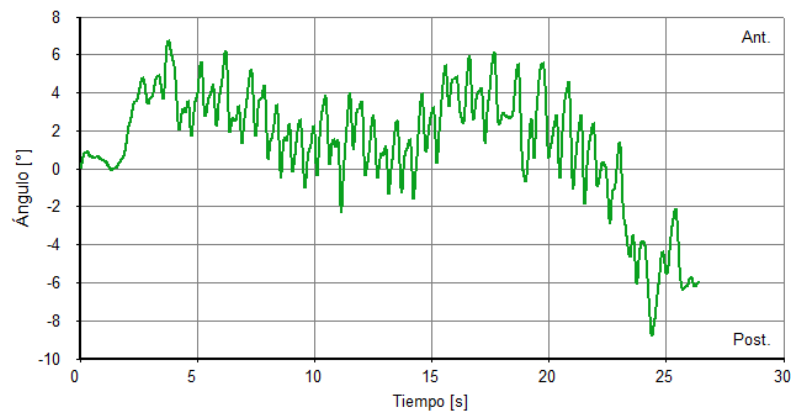



Figura 145. Ángulo vs Tiempo de la inclinación de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica [10].

Oblicuidad de la pelvis

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 65. Datos sobre la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica [10].

	Valor	Posterior	Interior
	Límite absoluto (°)	6°	-5°
	Media de ciclos (°)	1°	1°
	Rango de movimiento (°)	11°	

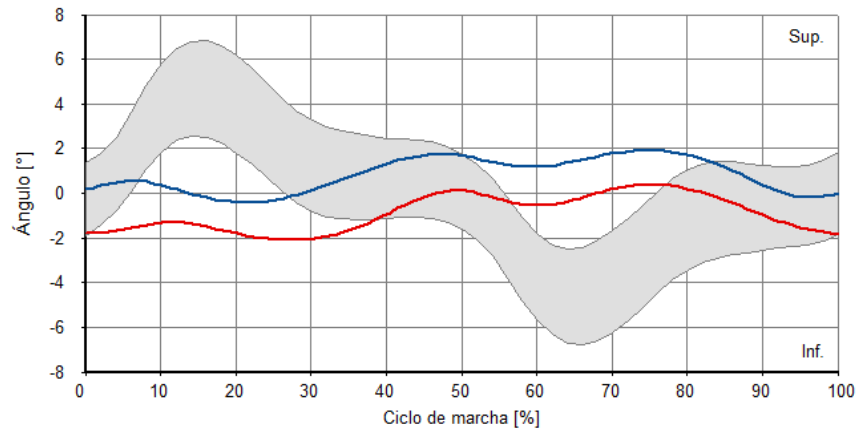


Figura 146. Ángulo en el ciclo de marcha de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica [10].

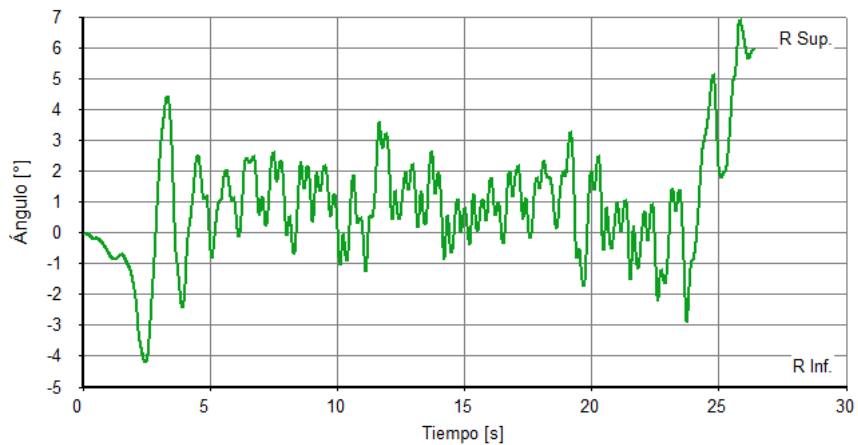



Figura 147. Ángulo vs Tiempo de la oblicuidad de la pelvis del sujeto 3 con carga simétrica [10].

Flexo/extensión de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 66. Datos sobre la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga simétrica [10].

	Valor	Flexión (Max) Izq/Der	Extensión (Min) Izq/Der
	Límite absoluto (°)	38°/17°	-17°/-35°
	Media de ciclos (°)	29°/9°	-12°/-31°
	Rango de movimiento (°)	54°/52°	

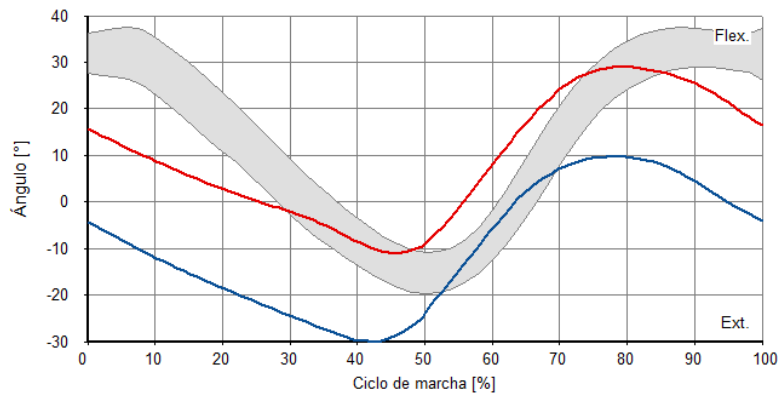


Figura 148. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga simétrica [10].

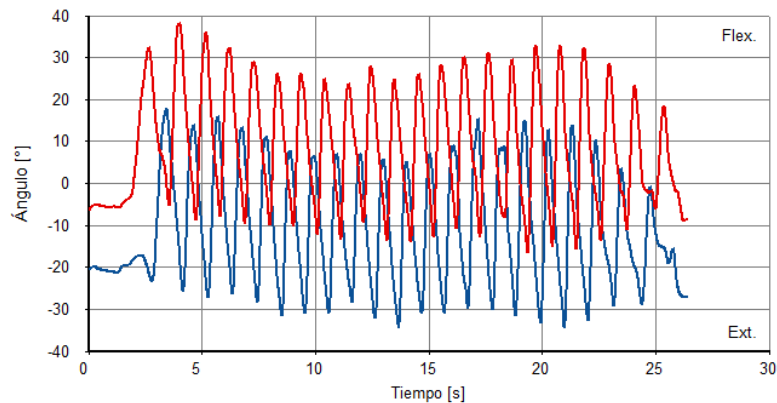
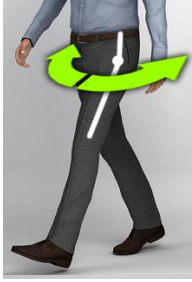


Figura 149. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de cadera del sujeto 3 con carga asimétrica [10].

Rotación de cadera

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 67. Datos sobre la rotación de cadera del sujeto 3 con carga simétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	4°/6°	-12°/-14°
	Media de ciclos (°)	0°/3°	-4°/-4°
	Rango de movimiento (°)	16°/17°	

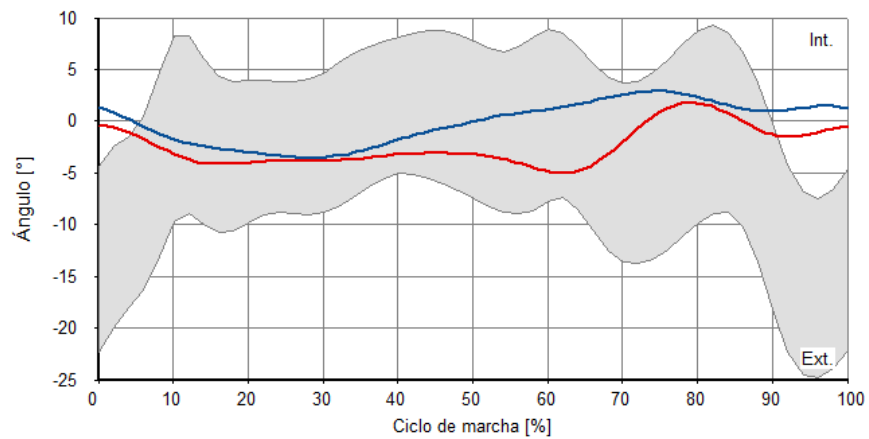


Figura 150. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de cadera del sujeto 3 con carga simétrica [10].

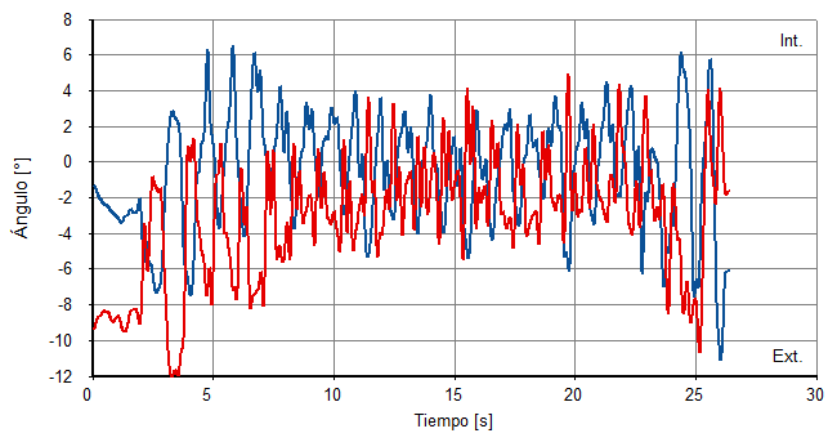



Figura 151. Ángulo vs Tiempo de la rotación de cadera del sujeto 3 con carga simétrica [10].

Flexo/extensión de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 68. Datos sobre la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica [10].

	Valor	Flexión (Max) Izq/Der	Extensión (Min) Izq/Der
	Límite absoluto (°)	26°/48°	-47°/-11°
	Media de ciclos (°)	13°/40°	-42°/-31°
	Rango de movimiento (°)	73°/58°	

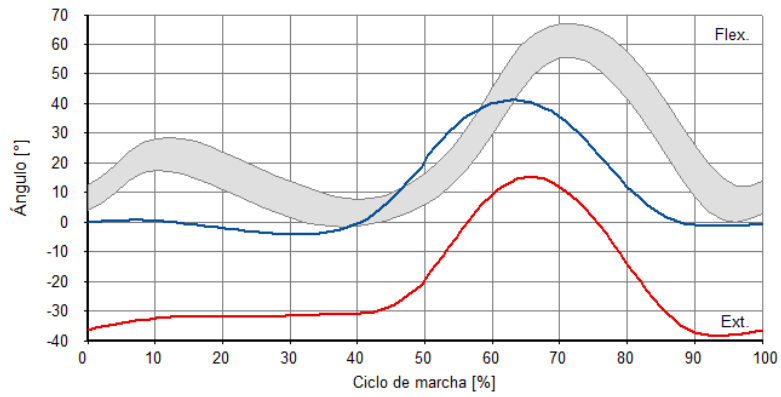


Figura 152. Ángulo en el ciclo de marcha de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica [10].

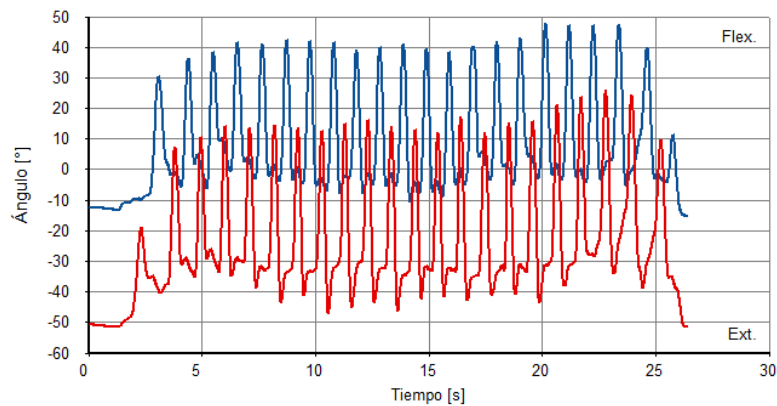



Figura 153. Ángulo vs Tiempo de la flexo/extensión de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica [10].

Rotación de rodilla

Se muestran los valores en la siguiente tabla:

Tabla 69. Datos sobre la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica [10].

	Valor	Externo (Max)	Interno (Min)
		Izq/Der	Izq/Der
	Límite absoluto (°)	17°/-8°	5°/-18°
	Media de ciclos (°)	11°/-12°	7°/-17°
	Rango de movimiento (°)	12°/9°	

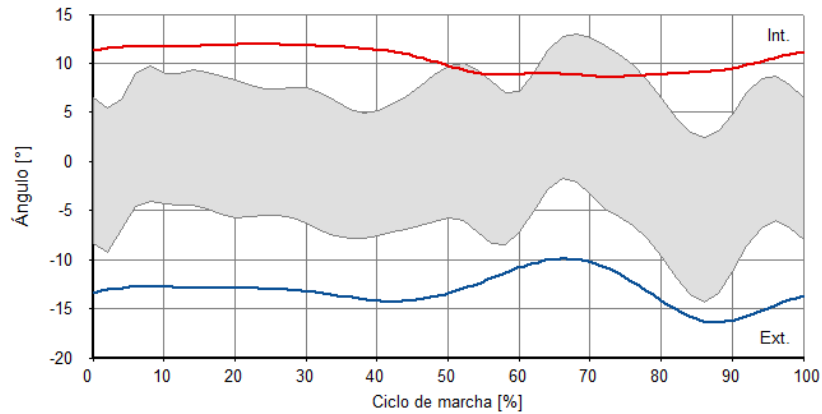


Figura 154. Ángulo en el ciclo de marcha de la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica [10].

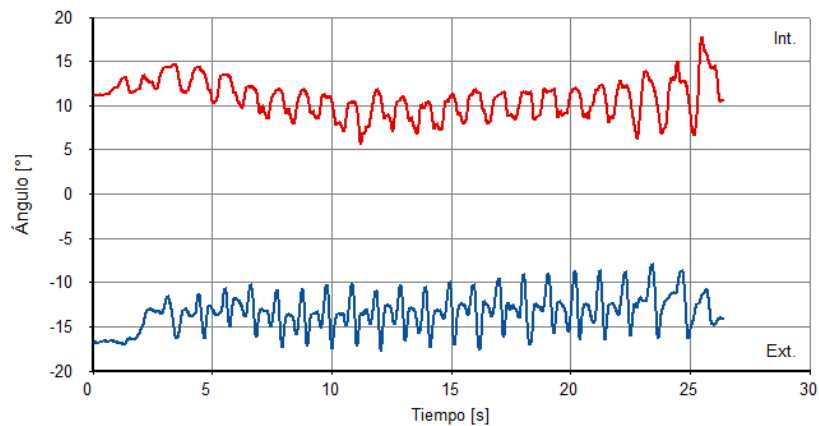


Figura 155. Ángulo vs Tiempo de la rotación de rodilla del sujeto 3 con carga simétrica [10].

3.5 Análisis e interpretación de resultados

De los resultados obtenidos, se realiza una segmentación en la cual se agrupan los datos de cada sujeto de prueba, con las diferentes configuraciones de transporte que se aplicaron con el protocolo desarrollado, los cuales se detallan a continuación:

3.5.1. Inclinación de pelvis

A continuación, se indican los datos de los sujetos de prueba

	Posterior (°)			Interior (°)		
	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica
Sujeto 1	4	6	10	-8	-8	-5
Sujeto 2	19	8	14	-13	-4	1
Sujeto 3	11	6	6	-4	-13	-9

Para la interpretación de los datos, se considera que el movimiento sucede en diferentes planos como el frontal, transversal o sagital, por lo que la pelvis tendrá un movimiento posterior o interior, debido a esto se indica:

- El sujeto 1 sufre una alteración al comparar la marcha que realiza sin carga, con la carga asimétrica y la carga simétrica. Durante la marcha sin carga el sujeto tiende a inclinar su peso hacia adelante por lo que la pelvis debe recorrer más espacio. En la carga asimétrica, al tener peso de un costado se tiende a nivelar el cuerpo aumentando el rango de movimiento, en la última prueba que se realiza con carga simétrica, el participante tiende a inclinar el cuerpo hacia atrás para llevar los baldes hasta el final del recorrido propuesto.
- El sujeto 2 indica una alteración desde el principio dado que el rango de movimiento que tiene al caminar sin carga es muy extenso dado que la cadencia en una persona normal indica que la longitud de la paso es de 40 cm, lo que indica que su zancada es anormal, con la carga asimétrica el participante muestra que tiende e inclinar su cuerpo para atrás para realizar el transporte del balde con una mano, con la carga simétrica al tener el peso nivelado el rango de movimiento menora y la postura tiende a mejorar.

- El sujeto 3 tiene una leve alteración en la marcha sin carga que realiza por lo que tiene un rango de movimiento normal, al transportar la carga asimétrica el sujeto tiende a inclinar el cuerpo hacia adelante para llevar el balde y por último con la carga simétrica, el sujeto reduce el rango de movimiento e inclina levemente el cuerpo hacia adelante.

3.5.2 Oblicuidad de pelvis

A continuación, se indican los datos de los sujetos de prueba

	Izquierda (°)			Derecha (°)		
	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica
Sujeto 1	3	7	-9	-6	-7	-9
Sujeto 2	28	5	11	-6	-4	0
Sujeto 3	8	10	6	-6	-4	-5

Para la interpretación de los datos, se considera que el movimiento sucede en diferentes planos como el frontal, transversal o sagital, por lo que la pelvis tendrá un movimiento posterior o anterior, debido a esto se indica:

- El sujeto 1 durante la marcha normal tiende a inclinar el cuerpo al lado derecho para recorrer la distancia necesaria. Al realizar el transporte con la carga asimétrica el participante recompensa el peso que es puesto en un lado, inclinando el cuerpo hacia el lado izquierdo. Considerando el tiempo de trabajo del sujeto de prueba se muestra que durante el transporte con la carga simétrica el rango de movimiento es nivelado.
- El sujeto 2 indica una alteración dado que su cuerpo se inclina enormemente hacia el lado izquierdo, indicando que allí tiene una anomalía. Con la carga asimétrica el rango de movimiento se reduce notablemente, lo que indica que el peso colocado en el lado derecho nivela el cuerpo para realizar la marcha. Por último, con la carga simétrica el participante muestra la alteración en el lado izquierdo dado que el cuerpo se inclina nuevamente e incrementa el rango de movilidad.

- El sujeto 3 tiende a inclinar el cuerpo hacia el lado izquierdo lo que indica una leve alteración durante la marcha. Al realizar el transporte con la carga asimétrica el sujeto inclina el cuerpo hacia el lado izquierdo para compensar el peso que es ejercido en la mano derecha. Con la carga simétrica el rango de movimiento se reduce nuevamente, sin embargo, existe una pequeña inclinación hacia el lado izquierdo lo que indica que tiene un alteración leve durante la marcha.

3.5.3 Flexo/extensión de cadera

A continuación, se indican los datos de los sujetos de prueba

	Flexión (°)			Extensión (°)		
	Izq/Der			Izq/Der		
	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica
Sujeto 1	33/31	28/29	25/34	-23/-22	-32/-25	-31/-27
Sujeto 2	31/28	43/21	39/17	-24/-27	-13/-31	-15/-35
Sujeto 3	35/17	35/21	38/17	-14/-34	-17/-35	-17/-35

Para la interpretación de los datos, se considera que el movimiento sucede en diferentes planos como el frontal, transversal o sagital, por lo que la cadera tendrá un movimiento de flexión y extensión, debido a esto se indica:

- El sujeto 1 cuando empieza la marcha sin carga o normal tiende a flexionar la cadera del lado izquierda hacia adelante en comparación con la pierna izquierda. Cuando se aplica la carga asimétrica en la mano derecha, el cuerpo del sujeto tiende a inclinarse mucho más a este lado, debido a esto el rango de movimiento tiene una alteración. Con la carga simétrica el participante mantiene un rango de movilidad más corto, pero en este caso existe una ligera inclinación hacia el lado derecho cuando está en flexión y en el lado izquierdo cuando este en extensión.

- El sujeto 2 al iniciar la marcha el rango de movimiento más pronunciado es el de la pierna izquierda cuando realiza la flexión. Cuando se aplica la carga asimétrica, la marcha sufre un alteración bastante clara dado que la persona camina flexionando mucho más la pierna para compensar el equilibrio que le falta por el peso aplicado. Con la carga simétrica se nivela el rango de movimiento en la flexión y extensión
- El sujeto 3 de igual forma que los otros sujetos de prueba, al iniciar la marcha se indica que el movimiento de flexión es mayor en la pierna izquierda. Con la carga asimétrica aplicada en el lado de la mano dominante, las personas tiendes a empezar la marcha con la pierna izquierda lo que significa una alteración grande en el rango de movilidad que tienen los sujetos de prueba. Con una carga simétrica, el rango de movimiento en la flexión y extensión de la cadera se nivela.

3.5.4 Rotación de cadera

A continuación, se indican los datos de los sujetos de prueba

	Externo (Máx.)			Interno (Min)		
	Izq/Der			Izq/Der		
	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica
Sujeto 1	44/8	24/26	27/22	-13/-23	-1/-4	4/3
Sujeto 2	20/8	12/13	7/7	-2/-24	-8/-13	-9/-17
Sujeto 3	3/0	0/10	4/6	-11/-18	-17/-5	-12/-12

Para la interpretación de los datos, se considera que el movimiento sucede en diferentes planos como el frontal, transversal o sagital, por lo que la cadera tendrá un movimiento externo e interno, debido a esto se indica:

- El sujeto 1 durante la marcha sin carga presenta una alteración en la pierna derecha dado que esta no tiene un rango de movilidad adecuado. Cuando se

aplica la carga asimétrica al lado derecho, el sujeto tiende a rotar de forma externa la cadera hacia ambos lados para realizar la marcha. Con la aplicación de la carga simétrica el rango de movilidad externo se amplía considerablemente y se reduce el rango en la parte interna.

- El sujeto 2 con la marcha normal presenta un movimiento regular, considerando la rotación interna de la cadera de lado izquierdo. Cuando se aplica la carga asimétrica, la rotación en la cadera cambia ligeramente en la pierna izquierda. Al aplicar la carga asimétrica se tiene una variación notable cuando la pierna rota hacia la parte interna de la pierna derecha
- El sujeto 3 con la marcha normal tiene una alteración que se nota cuando la cadera tiene un movimiento interno dado que los grados de inclinación ahí son más altos. Cuando se aplica la carga asimétrica existe una rotación hacia la parte interna de la cadera, lo que indica que la pierna que más se extiende es la derecha. Con la carga simétrica la cadera tiene una rotación más clara hacia la parte interna, por lo que para caminar el sujeto inclina el cuerpo para atrás mientras realiza la marcha.

3.5.5 Flexo/extensión de rodilla

A continuación, se indican los datos de los sujetos de prueba

	Flexión (°)			Extensión (°)		
	Izq/Der			Izq/Der		
	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica
Sujeto 1	73/63	58/53	76/69	-5/-11	-6/-11	-19/-18
Sujeto 2	72/72	33/35	9/35	3/2	-38/-15	-35/-18
Sujeto 3	23/50	33/48	26/48	-50/-16	-48/-8	-47/-11

Para la interpretación de los datos, se considera que el movimiento sucede en diferentes planos como el frontal, transversal o sagital, por lo que la cadera tendrá un movimiento externo e interno, debido a esto se indica:

- El sujeto 1 durante la caminata normal muestra una alteración elevada en la flexión de la rodilla izquierda, así como hay un cambio en la extensión de la rodilla derecha. con la aplicación de la carga asimétrica se reduce el rango de movilidad de flexión de la rodilla en ambas piernas. Con la carga simétrica existe una alteración elevada que se da en la flexión de la pierna izquierda y derecha, a diferencia de extensión en ambas piernas.
- El sujeto 2 en la marcha normal muestra que no existe un cambio notable en el rango de movilidad durante el tramo de camino que se recorre. Cuando se aplica la carga asimétrica el rango de movilidad se vuelve parejo. Con la carga simétrica el sujeto tiende a extender las rodillas de forma elevada.
- El sujeto 3 este muestra una extensión elevada durante la marcha sin carga a comparación de los datos de flexión que indica el mismo participante. Cuando se aplica una carga asimétrica el rango de movilidad se mantiene igual. Con la carga simétrica el sujeto muestra un diferencia notable en la flexión y extensión de la pierna izquierda, mientras que en la pierna derecha se mantiene normal el rango de movimiento.

3.5.6 Rotación de rodilla

A continuación, se indican los datos de los sujetos de prueba

	Externo (Máx.)			Interno (Min)		
	Izq/Der			Izq/Der		
	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica	Sin carga	Carga asimétrica	Carga simétrica
Sujeto 1	12/24	20/-15	19/-6	-35/-11	-8/-26	-14/-33
Sujeto 2	0/30	10/1	12/2	-24/10	-10/-3	1/-2
Sujeto 3	31/8	40/-11	17/-8	8/-10	7/-22	5/-18

Para la interpretación de los datos, se considera que el movimiento sucede en diferentes planos como el frontal, transversal o sagital, por lo que la cadera tendrá un movimiento externo e interno, debido a esto se indica:

- El sujeto 1 cuando realiza la marcha normal tiende a realizar una extensión más pronunciada en las dos piernas, a diferencia de la flexión que realiza durante el movimiento. Con la aplicación de una carga asimétrica las rodillas tienden a flexionarse considerablemente, sin embargo, la rodilla izquierda no cuenta con un rango completo de movimiento. Con la carga simétrica el cuerpo tiende a mantener un rango de movimiento normal, aunque la pierna derecha no se flexiona de forma adecuada.
- El sujeto 2 con la aplicación de una marcha sin carga, se observa que su tiene un rango de movimiento más elevado en la extensión, mientras que en la flexión tiene poca movilidad. Con la carga asimétrica aplicada el participante muestra que tiene un rango de movimiento normal dado que la pierna izquierda tiende extenderse más para compensar el peso colocado en la mano dominante. Con el paso simétrico el sujeto tiende a flexionar pronunciadamente la pierna izquierda, mientras la otra pierna mantiene un rango normal.
- El sujeto 3 cuando realiza la marcha sin carga tiene a extender con mayor movimiento a la flexión en las dos piernas, sobre todo en la pierna izquierda. Cuando se aplica la carga asimétrica, el participante tiende a flexionar considerablemente la pierna izquierda para nivelar el peso colocado en la otra mano. Con la aplicación de la carga simétrica la pierna derecha mantiene un rango normal de movimiento, sin embargo, la extensión de la pierna izquierda muestra un rango menor que causa una alteración notable durante el transporte del producto en el balde.

3.6 Ajustes y sugerencias de mejora para evitar las alteraciones de la marcha

Los resultados obtenidos indican diversas alteraciones que están presentes durante la marcha, sobre todo cuando se aplica una carga asimétrica y una carga simétrica, cada sujeto de prueba mostraba una alteración diferente, esto en base al tiempo que tiene realizando esta actividad.

Debido a esto se indican las recomendaciones necesarias para cada participante, con esto se busca que no sufra dolencias en futuro provocadas por malas posturas

- Sujeto 1

Con los datos obtenidos se indica que el sujeto tiende a inclinar el cuerpo cuando realiza el transporte del producto, por lo que, para evitar esta alteración, una recomendación sería bajar el peso del producto durante el transporte en baldes, con el fin de evitar que en años posteriores el sujeto de prueba tienda a cambiar su postura natural por una más inclinada hacia atrás, que puede tener como consecuencia dolores de espalda baja u otras enfermedades.

- Sujeto 2

Con el tiempo que realiza la actividad el participante desarrollo una anomalía en la zona de la pelvis del lado izquierdo, por lo que tiende a colocar todo el peso del cuerpo en dicho sector, una recomendación sería que el individuo realice ejercicios de estiramiento previo al transporte de producto, además que puede realizar el transporte con la mano contraria al lado afectado, para que la compensación pueda nivelar el rango de movimiento para evitar enfermedades crónicas.

- Sujeto 3

Considerando que el sujeto de prueba no se dedica a la actividad, una recomendación sería que, durante el transporte, el peso de los baldes se pueda elevar gradualmente a un punto en donde el individuo pueda realizar la actividad por un lapso prolongado de tiempo sin fatigarse mucho, con el fin de evitar dolores articulares o alteraciones muy pronunciadas que terminen en enfermedades crónicas.

- Sugerencia

Mediante el análisis de los resultados de los 3 sujetos, se recomienda evitar el transporte con carga asimétrica, dado que en esta se muestra el mayor número de alteraciones y esto puede provocar diferentes enfermedades en las articulaciones de los participantes.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El estudio de parámetros necesarios para la compresión de la marcha normal y la marcha patológica ayudan desarrollar un protocolo que tenga la capacidad de detectar cambios que ocurren durante la marcha de las personas cuando necesitan transportar productos agrícolas en baldes; con las pruebas realizadas en el LAM-UTA se crea un protocolo que indique que parámetros pueden ser medidos y cuáles pueden ser aplicados para realizar pruebas de campo. El tipo de modulo que se utiliza se debe seleccionar de acuerdo con el tipo de actividad a la que está sometida el estudio. Con la aplicación del protocolo en campo se puede establecer las diferentes alteraciones que tiene cada uno de los sujetos de prueba.
- En conclusión se tiene que, para el desarrollo de un protocolo que tenga la capacidad de medir alteraciones que suceden durante la marcha en el transporte de productos agrícolas, es necesario establecer diferentes configuraciones de carga, dado que la marcha normal que posee un persona promedio tiende a cambiar cuando se le aplica una carga asimétrica, con esta tiende a inclinar el peso del cuerpo al costado en el que se aplica dicha carga, sin embargo, con otra configuración como la aplicación de una carga simétrica, la postura del cuerpo tiende a inclinarse en el plano frontal hacia la parte posterior, con la finalidad de que el cuerpo sea capaz de cumplir con la actividad de manera eficiente.
- El desarrollo de pruebas en la LAM-UTA, da como resultado un protocolo que puede ser utilizado en campo, con la aplicación de este se obtienen resultados que al interpretarse indican las alteraciones que tiene cada participante que realizó la actividad durante el estudio, con lo que se puede establecer recomendaciones o sugerencias para cada persona, con el objetivo de evitar que estos tiendan a desarrollar anomalías en la postura del cuerpo que pueda terminar en enfermedades crónicas, que afecten el diario vivir.
- La postura que tienen las personas que se dedican esta actividad esta acondicionada para transportar el producto en baldes en el menor tiempo

posible y con un menor impacto en las articulaciones, a comparación de una persona que realiza la actividad por primera vez, considerando este aspecto el análisis de alteraciones obtenido con los informes del programa, indica que el participante que no se dedica a esta actividad tiene un mayor número de alteraciones durante la marcha.

- El estudio utiliza un tipo de muestreo no probabilístico como es el tipo de muestra por conveniencia, este se utiliza de acuerdo con el número de personas disponibles, y tomando en cuenta una serie de características en específico, sin embargo, este puede ser usado solamente cuando está en las fases iniciales o en fases piloto, dado que se crea un protocolo nuevo es factible aplicar este método durante el desarrollo del trabajo de investigación.

4.2 Recomendaciones

- Se sugiere tener el conocimiento actualizado con los manuales del programa que se va a utilizar, para aprovechar el informe que se genere y se pueda tener más facilidad al momento de interpretar los resultados, considerando que los programas están en constante actualización y aumentan más funciones, el aprendizaje de este puede facilitar su uso en futuras investigaciones.
- Se recomienda leer los requisitos mínimos que necesita el equipo de trabajo en el que se va a instalar el programa que se utilizara durante la investigación, además que es recomendable realizar las pruebas de campo con dos portátiles, en caso de que una de estas pueda fallar.
- Es importante brindar información a los participantes sobre el procedimiento que se va a llevar a cabo durante el estudio, así como información del equipo y las medidas de seguridad que son necesarias para que el estudio se desarrolle de la mejor manera.
- Es esencial documentar y registrar con detalle cada uno de los resultados de las pruebas realizadas con las diferentes cargas, incluyendo errores y correcciones propuestas para mejorar el protocolo. Esto con la finalidad de que el protocolo pueda ser utilizado en futuras investigaciones o trabajos de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Villa, CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS DE LA MARCHA HUMANA. TÉCNICAS DE VIDEOGRAMETRÍA, ELECTROMIOGRAFÍA Y DINAMOMETRÍA., Revista Ingeniería Biomédica. Accedido: 12 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-97622008000100004&script=sci_abstract&tlng=en
- [2] J. C. Arellano, Análisis cinemático de la marcha humana en personas sanas bajo diversas condiciones de carga, doi: https://somim.org.mx/memorias/memorias2022/articulos/A3_3.pdf.
- [3] A. Morejón, Ejercicios terapéuticos para compensar deformidades posturales en atletas de balonmano, Podium Rev. Cienc. Tecnol. En Cult. Física, vol. 15, n.º 3, pp. 622-632, dic. 2020.
- [4] C. González, Exposición a carga física en el trabajo por ocupación: una explotación de los datos en matriz empleo-exposición española (MATEMESP), Rev. Esp. Salud Pública, vol. 87, n.º 6, pp. 601-614, dic. 2013, doi: 10.4321/S1135-57272013000600005.
- [5] V. P. Bravo, Factores de Riesgo Ergonómico en Personal de Atención Hospitalaria en Chile, Cienc. Amp Trab., vol. 18, n.º 57, pp. 150-153, dic. 2016, doi: 10.4067/S0718-24492016000300150.
- [6] M. Badillo, Análisis de la marcha y fatiga durante la manipulación de bombas aspersoras agrícolas de tipo mochila, Ing. Investig. Tecnol., vol. 22, n.º 2, pp. 0-0, jun. 2021, doi: 10.22201/fi.25940732e.2021.22.2.012.
- [7] J. H. Osorio y M. H. Valencia, Bases para el entendimiento del proceso de la marcha humana, Arch. Med., 2013.
- [8] A. Lorena Cerda, Manejo del trastorno de marcha del adulto mayor, Rev. Médica Clínica Las Condes, vol. 25, n.º 2, pp. 265-275, mar. 2014, doi: 10.1016/S0716-8640(14)70037-9.
- [9] S. C. Vázquez, Análisis de la marcha humana con plataformas dinamométricas: influencia del transporte de carga, <http://purl.org/dc/dcmitype/Text>, Universidad Complutense de Madrid, 2002. Accedido: 12 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=16140>

- [10] ▷ Motio | Medición de movimiento inercial - STT Systems, Motio - STT Systems. Accedido: 13 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://motio.stt-systems.com/es/isen-analisis-y-captura-de-movimiento-inercial/>
- [11] P. Rojas, Tren Inferior, Educación Física y Salud. [En línea]. Disponible en: https://www.liceomarygraham.cl/wp-content/uploads/2020/07/EF_1EGB_U2_G06_Fuerza_tren_inferior.pdf
- [12] J. Calleja, Definición de parámetros biomecánicos, STT SYSTEMS, España, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.stt-systems.com/es/>
- [13] F. Pifarré, Biomecánica de la cadera, FONTS D'ENERGIA PER LA CONTRACCIÓ MUSCULAR. [En línea]. Disponible en: <http://doctorfernandopifarre.com/apuntes/Tema01.pdf>
- [14] Oblicuidad pélvica o contractura congénita en abducción de la cadera: una entidad poco conocida. Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322016000100012
- [15] R. Sanchis, Evaluación de parámetros biomecánicos durante la marcha en adultos mayores tras dos programas de entrenamiento, Universidad de Valencia, Valencia, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://roderic.uv.es/rest/api/core/bitstreams/4de2095f-6f37-4076-b2e5-e3e4350672fe/content>
- [16] A. V. Moreno, E. G. Gutiérrez, y J. C. P. Moreno, Consideraciones para el análisis de la marcha humana. Técnicas de videogrametría, electromiografía y dinamometría, Rev. Ing. Bioméd..

ANEXOS

APLICACIÓN DEL PROTOCOLO EN CAMPO









ANEXO

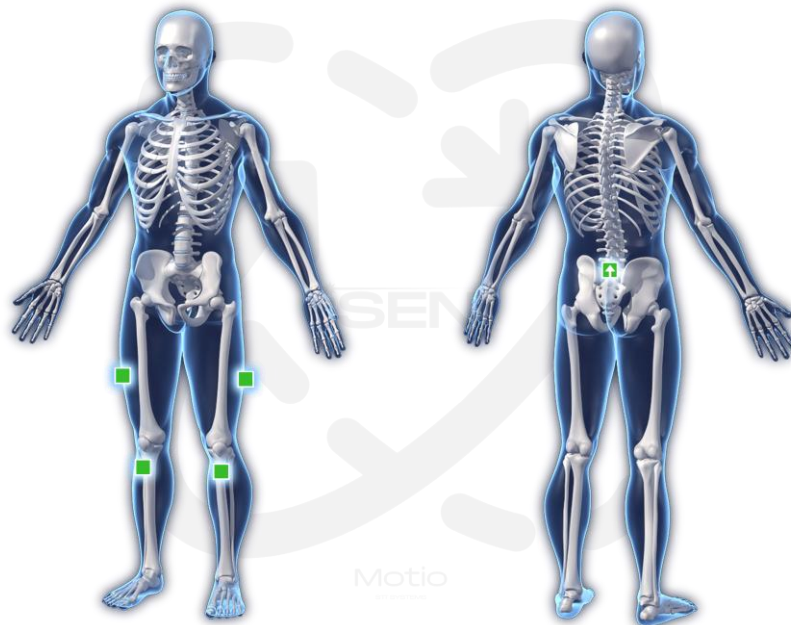
INFORME DEL PROGRAMA

NOMBRE COMPLETO Sujeto de prueba 1			FRECUENCIA 100 Hz
FECHA DEL INFORME 2023-12-14	FECHA DEL ESTUDIO -	TIEMPO TOTAL 30 s	TIEMPO DEL ESTUDIO 30 s



DETALLES DE LA ORGANIZACIÓN

CONFIGURACIÓN DE SENSORES



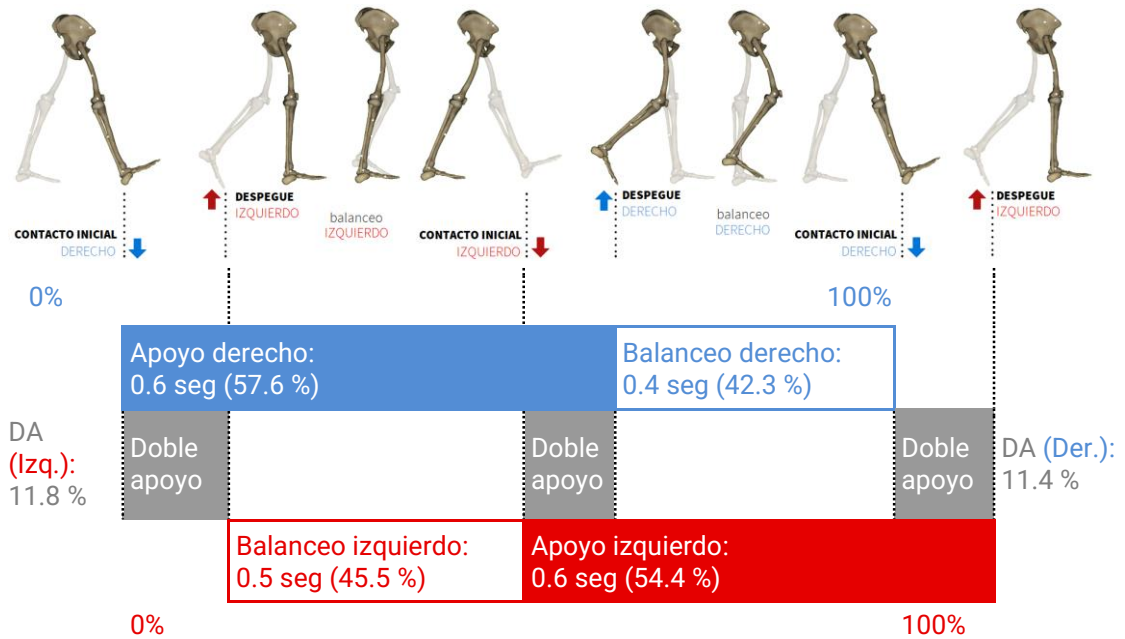
DESCRIPCIÓN

Los sensores deben ser colocados en las siguientes posiciones: Sacro (sensor de referencia: apuntando hacia arriba, paralelo al plano frontal), Muslo izquierdo, Muslo derecho, Pierna izquierda, Pierna derecha.

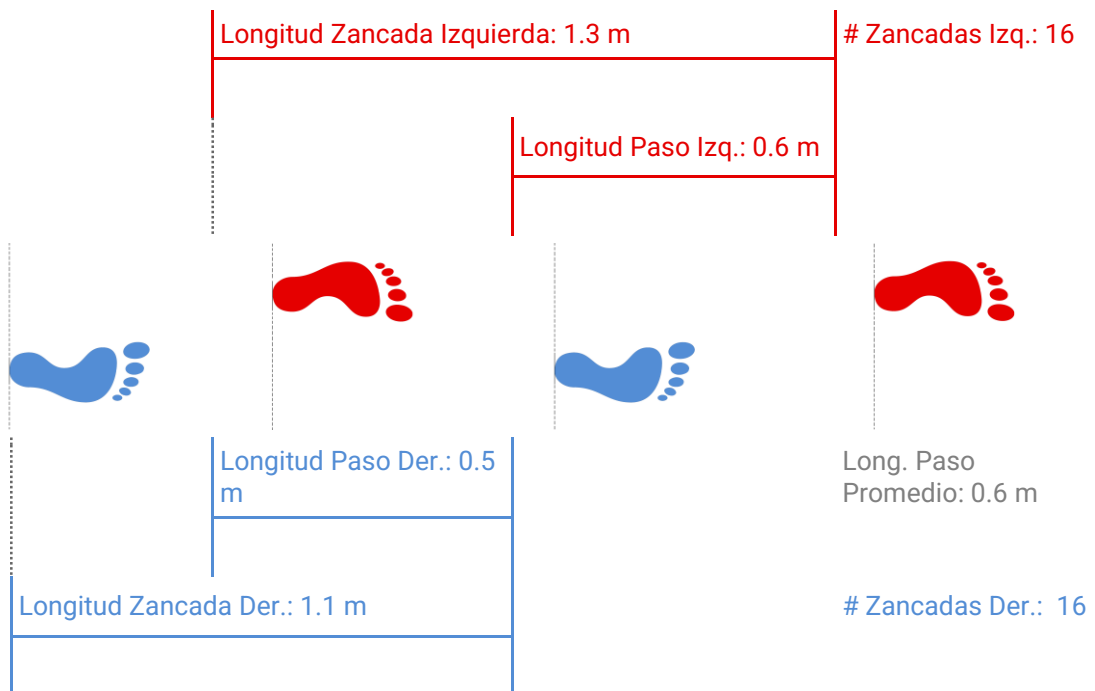
PROPÓSITO DEL ESTUDIO

Parámetros de marcha

Cadencia Lat. Izq.: 101.0 pasos/min	Cadencia Lat. Der.: 112.8 pasos/min	Cadencia: 106.6 pasos/min	Velocidad: 1.0 m/s	Simetría Pélvica: 48 %
---	---	-------------------------------------	------------------------------	----------------------------------



Duración Zancada Der.: 1.1 seg	Duración Zancada Promedio: 1.1 seg	Duración Zancada Izq.: 1.1 seg
	Duración ciclo de marcha: 1.1 seg	

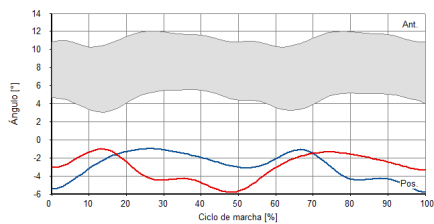


Inclinación de la pelvis

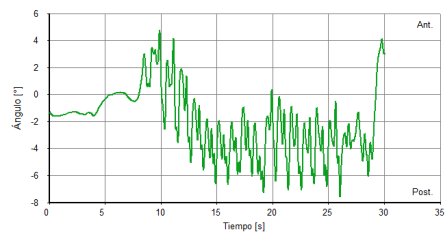


Valor	Posterior	Interior
Límite absoluto (°)	4°	-8°
Media de ciclos (°)	-2°	-6°
Rango de movimiento (°)	12°	

Ángulo en el ciclo de marcha



Ángulo vs. tiempo

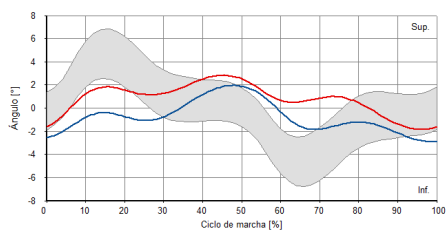


Oblicuidad de la pelvis

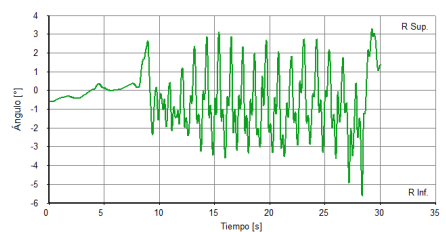


Valor	Izquierda	Derecha
Límite absoluto (°)	3°	-6°
Media de ciclos (°)	1°	1°
Rango de movimiento (°)	8°	

Ángulo en el ciclo de marcha



Ángulo vs. tiempo



Rotación de la pelvis

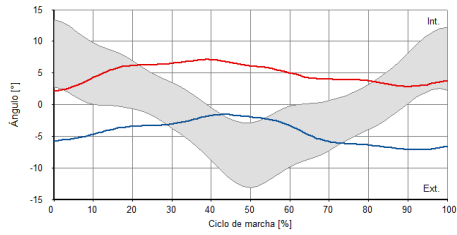


Valor	Izquierda	Derecha
Límite absoluto (°)	1°	-11°
Media de ciclos (°)	1°	-11°

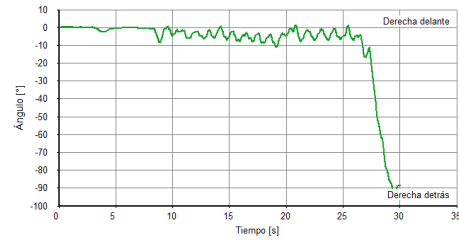
Rango de movimiento
(°)

12°

Ángulo en el ciclo de marcha

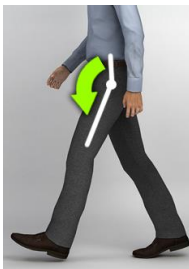


Ángulo vs. tiempo



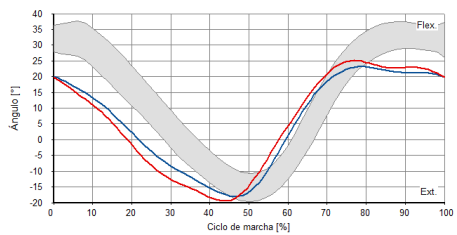
Flexión/extensión de cadera

Izq. ----- Der. -----

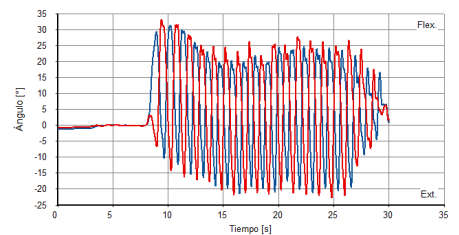


Valor	Flexión (Máx)	Extensión (Mín)
Límite absoluto (°)	33° / 31°	-23° / -22°
Media de ciclos (°)	25° / 22°	-21° / -20°
Rango de movimiento (°)	55° / 52°	

Ángulo en el ciclo de marcha



Ángulo vs. tiempo



Aducción/abducción de cadera

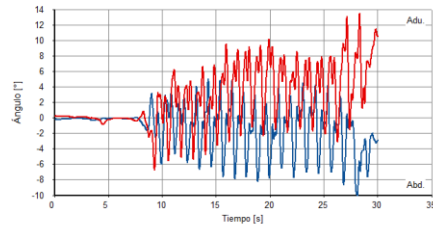
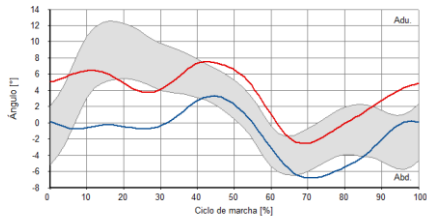
Izq. ----- Der. -----



Valor	Abducción (Máx)	Adducción (Mín)
Límite absoluto (°)	13° / 5°	-7° / -10°
Media de ciclos (°)	8° / 3°	-2° / -7°
Rango de movimiento (°)	20° / 15°	

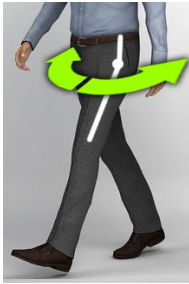
Ángulo en el ciclo de marcha

Ángulo vs. tiempo



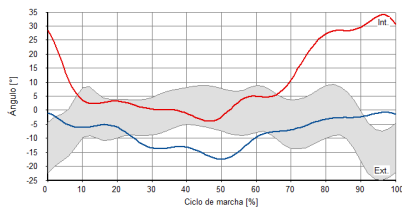
Rotación de cadera

Izq. ----- Der. -----

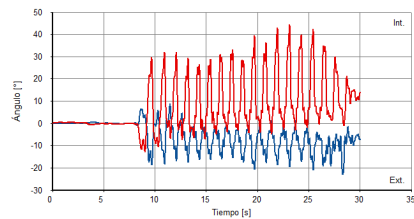


Valor	Externo (Máx)	Interno (Mín)
Límite absoluto (°)	44° / 8°	-13° / -23°
Media de ciclos (°)	31° / -3°	-5° / -18°
Rango de movimiento (°)	57° / 31°	

Ángulo en el ciclo de marcha



Ángulo vs. tiempo



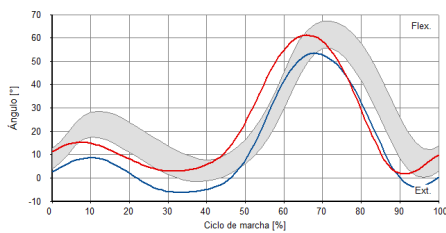
Flexión/extensión de rodilla

Izq. ----- Der. -----

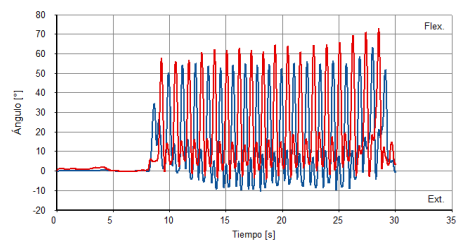


Valor	Flexión (Máx)	Extensión (Mín)
Límite absoluto (°)	73° / 63°	-5° / -11°
Media de ciclos (°)	31° / 43°	1° / -20°
Rango de movimiento (°)	77° / 73°	

Ángulo en el ciclo de marcha



Ángulo vs. tiempo



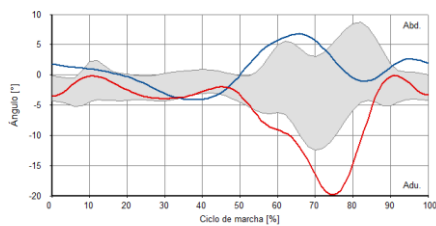
Abducción/aducción de rodilla

Izq. ----- Der. -----

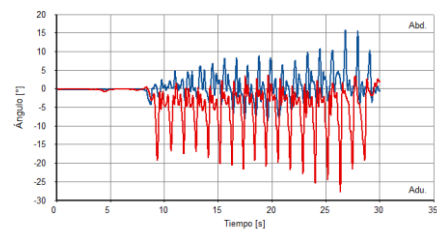


Valor	Abducción (Máx)	Adducción (Mín)
Límite absoluto (°)	3° / 15°	-28° / -9°
Media de ciclos (°)	1° / 4°	-15° / -3°
Rango de movimiento (°)	31° / 24°	

Ángulo en el ciclo de marcha



Ángulo vs. tiempo



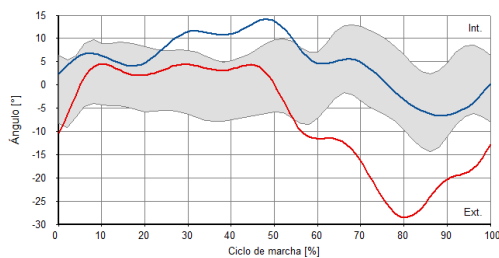
Rotación de rodilla

Izq. ----- Der. -----

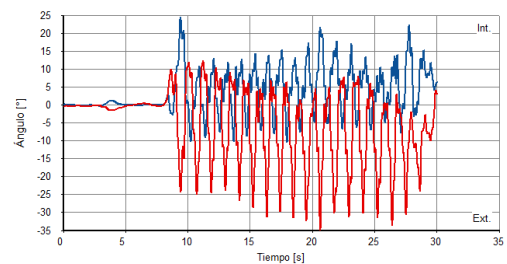


Valor	Externo (Máx)	Interno (Mín)
Límite absoluto (°)	12° / 24°	-35° / -11°
Media de ciclos (°)	7° / 12°	-29° / -6°
Rango de movimiento (°)	47° / 35°	

Ángulo en el ciclo de marcha



Ángulo vs. tiempo



Notas

-

Observaciones