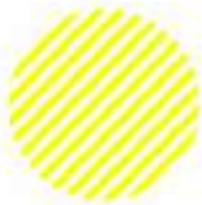


CAPÍTULO 4

Análisis de la aceleración, fuerza y velocidad de la técnica uchi mata con sensores inalámbricos

Nube Cristina Lozado-Campoverde
Wilson Hernando Bravo-Navarro
Helder Aldas-Arcos
Carlos Marcelo Ávila-Mediavilla



ANÁLISIS DE LA ACELERACIÓN, FUERZA Y VELOCIDAD DE LA TÉCNICA UCHI MATA CON SENSORES INALÁMBRICOS

ANALYSIS OF THE ACCELERATION, FORCE AND SPEED OF THE UCHI MATA TECHNIQUE USING WIRELESS SENSORS

Nube Cristina Lozado-Campoverde
nube.lozado.67@est.ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1819-7628>

**Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador
Unidad Académica de Posgrado**

Wilson Hernando Bravo-Navarro
wilson.bravo@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3381-8063>

**Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador
Unidad Académica de Posgrado**

Helder Aldas-Arcos
hgaldasa@ucacue.edu.ec
<http://orcid.org/0000-0002-8389-5473>

**Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador
Unidad Académica de Posgrado**

Carlos Marcelo Ávila-Mediavilla
cavilam@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2649-9634>

**Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador
Unidad Académica de Posgrado**

Cita del capítulo:

Lozado-Campoverde, N., Bravo-Navarro, W., Aldas-Arcos, H., & Ávila-Mediavilla, C. (2024). Análisis de la aceleración, fuerza y velocidad de la técnica uchi mata con sensores inalámbricos. En Erazo-Álvarez, J., & Narváez-Zurita, C. (Eds.). *Transitar desde los estudios de posgrado en la investigación multidisciplinar científica*. Fondo Editorial Perspectivas Globales.

RESUMEN

La biomecánica como ciencia aplicada al deporte ha permitido sentar las bases científicas para un efectivo entrenamiento técnico. El objetivo fue analizar la aceleración, fuerza y velocidad del movimiento en la ejecución de la técnica Uchi Mata, con sensores inalámbricos para comprender las habilidades motoras, la especificidad, efectividad y rendimiento en el judo. El estudio de caso tuvo un enfoque cuantitativo, diseño no experimental, de corte transversal, basado en el método descriptivo, mediante sensores inalámbricos ubicados en un traje, se registró la aceleración en tres ejes de movimiento (X, Y, Z) en la ejecución de la técnica. Los resultados mostraron que durante la ejecución de la variante Uchi Mata (flamingo) existió mayor aceleración, fuerza y velocidad en los ejes X, Y y Z con respecto a la ejecución Uchi Mata convencional. También existió mayor aceleración y fuerza en los sensores del tren inferior, con respecto a los del tren superior en la variante y en el Uchi Mata convencional. Los valores estadísticos r de Pearson fueron cercanos a 1; correlaciones significativas por debajo de 0,01 (bilateral), con un nivel de confianza del 99%, determinando así una correlación positiva muy alta entre las variables aceleración, fuerza y velocidad.

Palabras clave: biomecánica, judo, sensores, Uchi Mata.

ABSTRACT

Biomechanics as a science applied to sport has made it possible to lay the scientific foundations for effective technical training. The objective was to analyze the acceleration, force and velocity of movement in the execution of the Uchi Mata technique, with wireless sensors to understand the motor skills, specificity, effectiveness and performance in judo. The case study had a quantitative approach, non-experimental design, cross-sectional, based on the descriptive method, using wireless sensors located in a suit, acceleration was recorded in three axes of movement (X, Y, Z) in the execution of the technique. The results showed that during the execution of the Uchi Mata (flamingo) variant there was greater acceleration, force and speed in the X, Y and Z axes with respect to the conventional Uchi Mata execution. There was also greater acceleration and force in the sensors of the lower train, with respect to those of the upper train in the variant and in the conventional Uchi Mata. The Pearson's r statistical values were close to 1; significant correlations below 0.01 (bilateral), with a confidence level of 99%, thus determining a very high positive correlation between the acceleration, force and speed variables.

Keywords: biomechanics, judo, sensors, Uchi Mata.

INTRODUCCIÓN

El cuerpo humano está diseñado para moverse, por ello el monitoreo de sus movimientos es importante en diferentes ámbitos, concretamente el deportivo, en donde su análisis y descripción ayudarán al desarrollo de técnicas adaptadas a las condiciones biomecánicas de un atleta y al planteamiento y desarrollo de un plan de entrenamiento efectivo; por cuanto al no contar con estudios biomecánicos de las técnicas ofensivas, los entrenadores no pueden realizar procesos de evaluación y corrección de errores durante la ejecución de la técnica.

Así, a través de la biomecánica, la evaluación de la capacidad y la motricidad que se requieren durante la ejecución de las técnicas deportivas permitirá la adquisición de conocimientos que se requieren para garantizar un mejor enfoque metodológico dirigidos a mantener o mejorar la efectividad y eficacia de un gesto deportivo, obtener datos objetivos de manera rápida, posibilitará descubrir errores o limitaciones para generar especificidad del entrenamiento, encaminado a la optimización de la acción motriz obteniendo beneficios en el rendimiento final (Frassinelli et al. 2015).

En este sentido las acciones ofensivas poseen características que deben ser entrenadas o determinadas por el entrenador durante la preparación técnico-táctica de los deportistas, mediante metodologías individualizadas que desarrollen las capacidades físicas determinantes de los judocas. Según (Espinosa et al. 2019), en la práctica actual, la dimensión técnico-táctica y la dimensión física tienen plena dependencia, pues garantizan la efectividad en las acciones técnico-tácticas de un judoca, ya sean para evitar o escapar de inmovilizaciones del rival, una de las capacidades de primer orden es la fuerza explosiva.

En esta misma línea, para realizar una planificación adecuada dentro de la disciplina del judo es determinante conocer las exigencias del deporte, la capacidad más importante es la fuerza explosiva, por ello se debe dedicar mayor volumen de tiempo al desarrollo de esta (Plazas-Varón & Ramón-Suárez, 2022). Según Romero y Becali citado en Espinosa et al. (2019), sostienen que la preparación física de los judocas se centra en el desarrollo de la fuerza rápida y la ejecución de esfuerzos explosivos como dirección determinante de rendimiento deportivo, destacando su importancia prioritaria.

De esta manera el presente estudio analizó la cinética del Tori mediante el uso de sensores inalámbricos distribuidos de manera estratégica; en la articulación acromioclavicular, epicóndilo del húmero, articulación radio cubital distal, trocánter mayor femoral, cabeza del peroné y maléolo peroneal, bilateral; durante la ejecución de la técnica Uchi Mata, ejecución convencional y una variante (flamingo), se recolectaron los datos en un microprocesador para su posterior descarga y análisis.

Problemática de la investigación

El entrenamiento de un deportista es integral, capacidades físicas básicas como la fuerza, resistencia, velocidad son parte del plan de entrenamiento. Al realizar

un análisis del rendimiento de los deportistas es de importancia, esto con el fin llegar a las competencias con el mejor rendimiento posible; así se han desarrollado estudios y análisis mediante aplicaciones inalámbricas en velocistas, nadadores, ciclistas, marchistas; sin embargo, en judo son pocos los estudios biomecánicos realizados mediante sensores inalámbricos con el fin de evaluar la cinética del *Tori persona que realiza la acción* durante la ejecución de la técnica; por lo que en el presente estudio se midió y analizó la aceleración, fuerza y velocidad de la técnica Uchi Mata convencional y una variante (flamingo), que permitieron comprender las habilidades motoras del Tori durante la ejecución de la técnica y mejorar la capacidad motriz, especificidad, efectividad y rendimiento.

Sin embargo, en la actualidad en el contexto ecuatoriano y específicamente en el deporte judo, la mayoría de estos aspectos técnico-metodológicos acerca del análisis de la aceleración, fuerza y velocidad de la técnica uchi mata con sensores inalámbricos, poco ha sido abordados por los profesionales de la EF y el Deporte.

Por lo anteriormente planteado, el problema científico centra su atención en conocer ¿Cuál es la variación de la aceleración, fuerza y velocidad del movimiento en la ejecución de la técnica Uchi Mata, con sensores inalámbricos para comprender las habilidades motoras, la especificidad, efectividad y rendimiento de los judocas?

Para contribuir a la solución del problema anteriormente planteado, se declara objetivo general: analizar la aceleración, fuerza y velocidad del movimiento en la ejecución de la técnica Uchi Mata, con sensores inalámbricos para comprender las habilidades motoras, la especificidad, efectividad y rendimiento en el judo.

Para dar cumplimiento a este objetivo y desarrollar el presente estudio se declaran los siguientes objetivos específicos:

1. Fundamentar teóricamente la relación existente entre la aceleración, fuerza y velocidad durante la ejecución de la técnica ofensiva de judo mediante una revisión bibliográfica en repositorios digitales especializados para contar con información actualizada y de calidad.
2. Generar un sistema de monitoreo aceleración, fuerza y velocidad de movimiento mediante acelerómetros y sistemas microcontrolados de bajo costo que permitan obtener la información relacionada con los movimientos en los tres ejes corporales durante la ejecución de la técnica Uchi Mata convencional y variante.
3. Determinar la correlación de la aceleración, fuerza y velocidad durante la ejecución de la técnica convencional, así como de su variante a través del análisis de los datos para caracterizar la biomecánica de los movimientos durante su ejecución.

Referencial teórico

El judo es un arte marcial y uno de los deportes de combate olímpico más practicado en el mundo, lo practican alrededor de 200 países, fue creado por Jigoro Kano en Japón año 1882. Además, según Espinosa et al. (2019), la UNESCO ha designado este deporte como altamente educativo para niños y adolescentes, y el Comité Olímpico Internacional (COI) lo reconoce como una disciplina integral, que fomenta valores fundamentales como el respeto, la valentía, la disciplina y la perseverancia.

Durante el combate se observarán acciones ofensivas y defensivas con tácticas planteadas con anterioridad por el entrenador y deportista, con el objetivo de lanzar al oponente y alcanzar la máxima puntuación (ippon), o en su defecto una puntuación que le permita llevar ventaja sobre su adversario (wazari), y ya en el piso inmovilizar, aplicar técnicas de estrangulación o luxación que permitan ganar el combate.

Es así que la ejecución de acciones ofensivas, éstas poseen características que deben ser entrenadas o determinadas por el entrenador durante la preparación técnico-táctica de los deportistas, mediante metodologías individualizadas que desarrollen las capacidades físicas de los judocas, entre ellas se destacarían las capacidades físicas determinantes como la fuerza rápida, fuerza explosiva y resistencia, sin minimizar a las demás capacidades condicionantes y coordinativas necesarias durante la preparación integral del deportista.

Según Espinosa et al. (2019), la ejecución de las técnicas de Judo implica predominantemente acciones ofensivas y defensivas que requieren la combinación de fuerza y velocidad. En estas acciones, estas capacidades se integran para lograr el rendimiento efectivo, en la etapa de preparación deportiva como en la competición. Esto permite enfatizar que la evaluación de las capacidades determinantes y la motricidad es de gran utilidad para que se planteen y programen estrategias o enfoques metodológicos del entrenamiento, para tener ventajas y beneficios en el rendimiento del judoca.

La biomecánica como ciencia aplicada al deporte ha dejado sentar las bases científicas para un eficaz entrenamiento técnico-táctico. Así la información que se adquiere mediante la biomecánica deportiva estará dirigida a conservar o mejorar la efectividad y eficacia de cualquier gesto deportivo, obtener datos de manera rápida y objetiva mismos que posibilitarán el descubrimiento de errores o insuficiencias para una posterior instauración de entrenamientos o ejercicios que estén dirigidos a la optimización de la acción motora. Para lograr entonces una buena ejecución y una dominancia de la técnica hay que tener en cuenta aspectos como la individualidad y particularidad de cada atleta, metodologías de entrenamiento tanto de la preparación física como la técnica y táctica, planificación de una técnica deportiva, entre otros.

El desarrollo tecnológico, el trabajo interdisciplinario y multidisciplinario permite el desarrollo, la fundamentación, generación y determinación de una investigación para obtener información actualizada, comprensión del rendimiento actual y real del judoca y planteamientos de metodologías eficientes para la preparación técnica-táctica y de las capacidades determinantes a fin de que la ejecución de la técnica cumpla su objetivo; esto mediante el uso de sensores inalámbricos distribuidos de manera estratégica y adecuada que lleven a ese cumplir ese objetivo.

Estos sensores inalámbricos permitieron obtener información relacionada con los movimientos en los tres ejes corporales (X, Y y Z) durante la ejecución de la técnica Uchi Mata. El movimiento puede ser estudiado desde el punto de vista de la cinética o desde la cinemática, así mismo el sujeto estudiado partirá de una posición, realizando un desplazamiento y recorriendo una distancia; que sumando la variable tiempo se obtuvo una velocidad y con el análisis de esta última conforme transcurre el tiempo se obtuvo la variable aceleración. Además, con la aplicación de una fuerza se puede observar cambios directamente proporcionales de velocidad de los cuerpos. Así lo plantea (Vejar, 2017), cuando establece que los principios de la dinámica newtoniana, constituyen la base de la mecánica y del análisis del movimiento. Esto posibilita la conexión entre la fuerza y la aceleración, considerando la aceleración como el resultado de aplicar una fuerza a un objeto.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación corresponde a un estudio de caso, de tipo no experimental, con un enfoque cuantitativo y de corte transversal, basado en el método descriptivo, realizado para analizar la aceleración, fuerza y velocidad del movimiento en la ejecución de la técnica Uchi Mata, con sensores inalámbricos para comprender las habilidades motoras, la especificidad, efectividad y rendimiento en el judo, durante el primer trimestre del año 2022. Previo consentimiento informado, el estudio se desarrolló con dos destacados deportistas de la selección de judo de la provincia de Cañar, un atacante principal (Tori), otra persona que recibe la acción (Uke). Tabla 1

Se ubicaron 12 sensores inalámbricos en un traje, mismos que son capaces de captar la aceleración, ángulos y temperatura, siendo de importancia para el estudio únicamente la captación de la aceleración en los ejes X, Y y Z, estos sensores se alimentan con 5 Voltios desde una fuente autónoma; dentro de la central de control se encuentra un microcontrolador arduino SP32 *todos estos independientes*, además cuenta con un multiplexor que sirve para leer los datos de cada uno de los sensores.

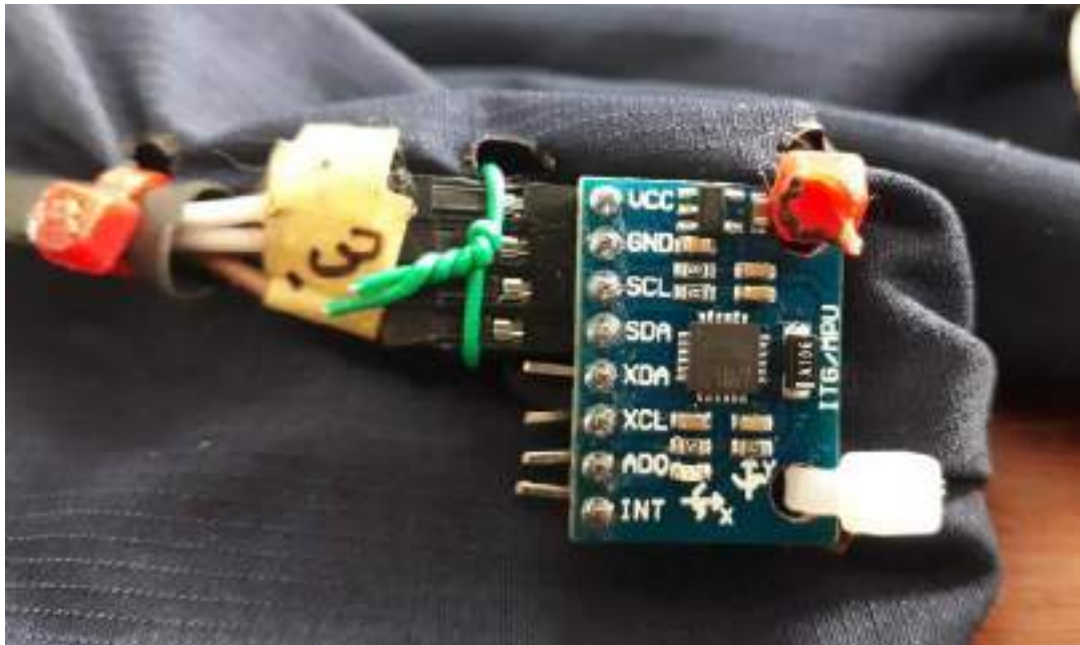


Figura 1. Sensor inalámbrico número tres
(son 12 sensores colocados estratégicamente en el traje).

Nota. Los sensores se ubicaron estratégicamente en el traje; en la articulación acromioclavicular, epicóndilo del húmero, articulación radio cubital distal, trocánter mayor femoral, cabeza del peroné y maléolo peroneal. Además, el traje contó con un botón pulsante, que era presionado para dejar de transmitir la información y se quitaba la presión del mismo para que los datos de los sensores sean transmitidos a la PC.



Figura 2. Traje con los sensores inalámbricos
y la central de control previa la ejecución del gesto deportivo.

Nota. Se captó la aceleración en los ejes X, Y y Z, durante la ejecución de la técnica; para su análisis, se transmitieron los datos a través de una micro SD, misma que estuvo colocada en el traje para posteriormente trasladar la información a una PC y proceder con el análisis; a partir de esto, sumando la variable tiempo se obtuvo la velocidad y con la variable masa se obtuvo la fuerza, para luego representar estos datos en tablas, gráficos.



Figura 3

Central de control, con el microprocesador arduino SP32.

Intervención Metodológica

Con base en la metodología de (Frassinelli et al. 2015) para evaluar la capacidad y la motricidad requerida que garantizaría un mejor enfoque metodológico del entrenamiento, permitiendo mejorar su efectividad. Por ello, mejorando la especificidad del entrenamiento, se tendría un beneficio seguro en el rendimiento final.

Intervención Práctica

La técnica ofensiva del judo seleccionada para analizar las variables en este estudio, se fundamentan en una investigación realizada por Sterkowiicz & Blach (2000) citado en Ramón, (2002) autores que a través de un análisis comparativo de las técnicas más ejecutadas durante los juegos olímpicos de Atlanta 1996 y Sydney 2000, en la revisión de 316 combates, registraron que la técnica de Uchi Mata, fue la técnica más utilizada en las dos olimpiadas.



Figura 4. *Uchi Mata*

Nota. Ejecución de la técnica Uchi Mata. *Fuente:* <https://n9.cl/farhz>

RESULTADOS

La deportista Tori realizó tres repeticiones de la técnica Uchi Mata convencional, de lado derecho, para en la cuarta ejecución ser tomados y registrados los datos de los sensores 0, 1, 2 que corresponden al tren superior izquierdo de Tori, mismo que realizó el tirón de la manga durante su ejecución; y los sensores 9, 10 y 11 que corresponden al tren inferior derecho del Tori, mismo que realizó el péndulo durante el cumplimiento de la técnica.

Así mismo ejecutó tres repeticiones de la variante del Uchi Mata (flamingo), de lado derecho, para en la cuarta ejecución ser tomados y registrados los datos de los sensores 0, 1, 2 que corresponden al tren superior izquierdo de Tori, mismo que realizó el tirón de la manga durante su ejecución; y los sensores 9, 10 y 11 que corresponden al tren inferior derecho del Tori, mismo que realizó el péndulo durante la técnica.

Se captó la aceleración en los ejes X, Y y Z, una vez los datos en la PC, se procedió con la depuración de estos para una vez ingresados en una hoja de Microsoft Excel realizar los cálculos para la obtención de la velocidad y la fuerza; posteriormente se analizaron y se procedió con la elaboración de tablas y gráficos. Además, mediante el software estadístico IBM SPSS Statistics 19 se determinó la correlación de las variables aceleración, fuerza y velocidad mediante el nivel de significancia y la correlación r de Pearson, finalmente se consiguen conclusiones. Se obtuvieron resultados cuantitativos y gráficos de cada sensor (0, 1, 2, 9, 10 y 11).



Figura 5. *Uchi Mata.* *Nota.* Se muestra la ejecución del Uchi Mata.

Tabla 1. *Género, edad, peso corporal, estatura, cinturón de Tori y Uke.*

	Género	Edad	Masa Corporal (kg.)	Estatura (cm.)	Cinturón (color)
Tori	Femenino	29	55 kg	157 cm	Negro, 1° Dan
Uke	Masculino	18	60 kg	161	Marrón

Nota. Se muestran las características y descripción del atacante (Tori) y de la persona que recibe la acción (Uke).

En las figuras que se muestran a continuación se encuentran los resultados de la aceleración, velocidad y fuerza mediante gráficos de cada uno de los sensores (0, 1, 2, 9, 10 y 11) y ejes (X, Y y Z) durante la ejecución del Uchi Mata Convencional y Variante (flamingo).

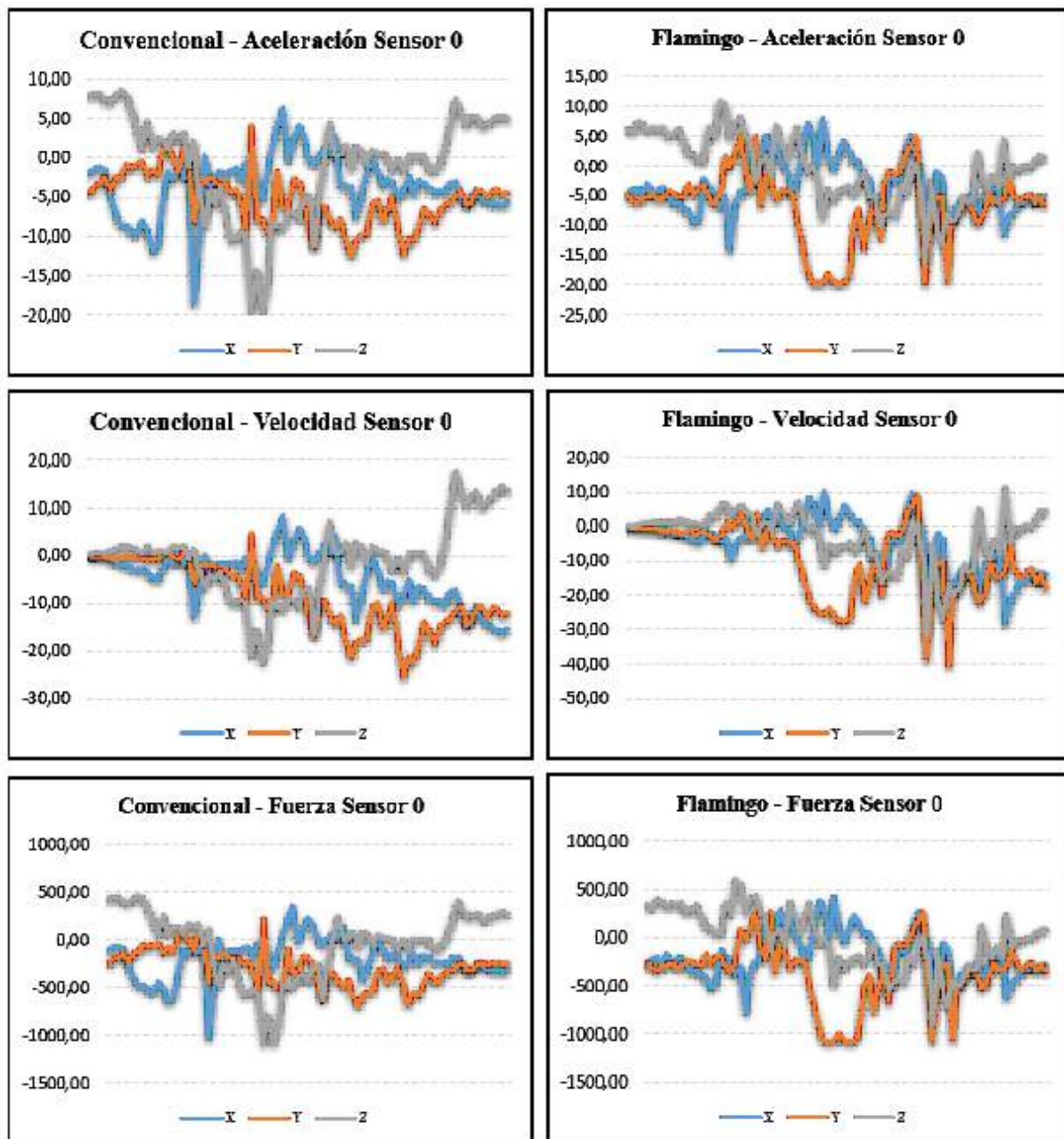


Figura 6. Aceleración, velocidad y fuerza del sensor 0
en el Uchi Mata Convencional y Variante.

En la figura 6 se observa la aceleración, velocidad y fuerza que se ejecuta según el sensor 0 (sensor ubicado en la articulación acromioclavicular izquierda) durante la ejecución del Uchi Mata convencional y variante (flamingo), todas expresadas en los tres ejes (X,Y y Z). Las líneas de tendencia de aceleración, velocidad y fuerza de la ejecución convencional se asemejan en su trazado, al igual que las líneas de tendencia en la ejecución de la variante.

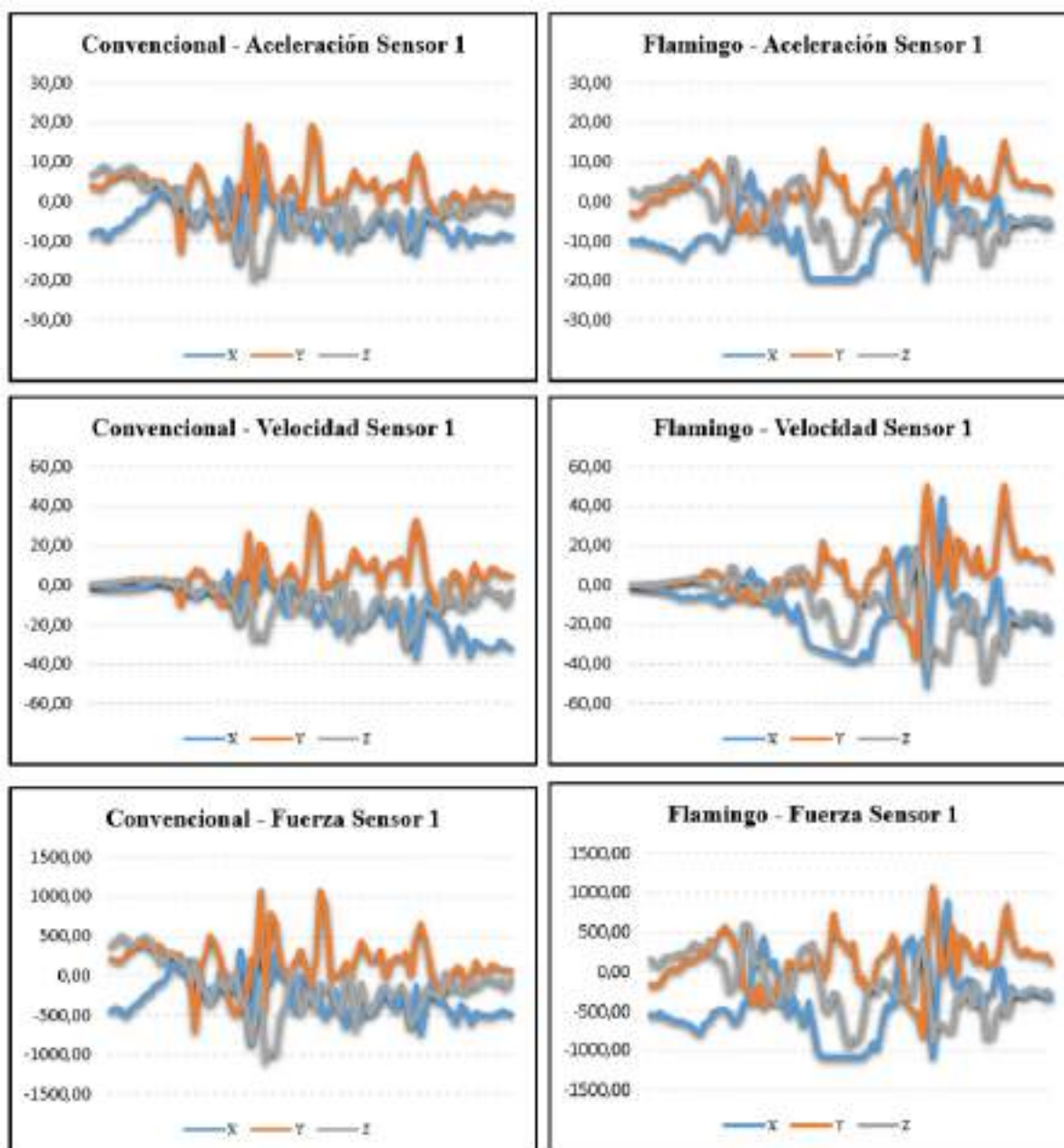


Figura 7. Aceleración, velocidad y fuerza del sensor 1 en el Uchi Mata Convencional y Variante.

En la figura 7 se observa la aceleración, velocidad y fuerza que se ejecuta según el sensor 1 (sensor ubicado en el epicóndilo humeral izquierdo) durante la ejecución del Uchi Mata convencional y variante (flamingo), todas expresadas en los tres ejes (X,Y y Z). Las líneas de tendencia de aceleración, velocidad y fuerza de la ejecución convencional se asemejan en su trazado, al igual que las líneas de tendencia en la ejecución de la variante.

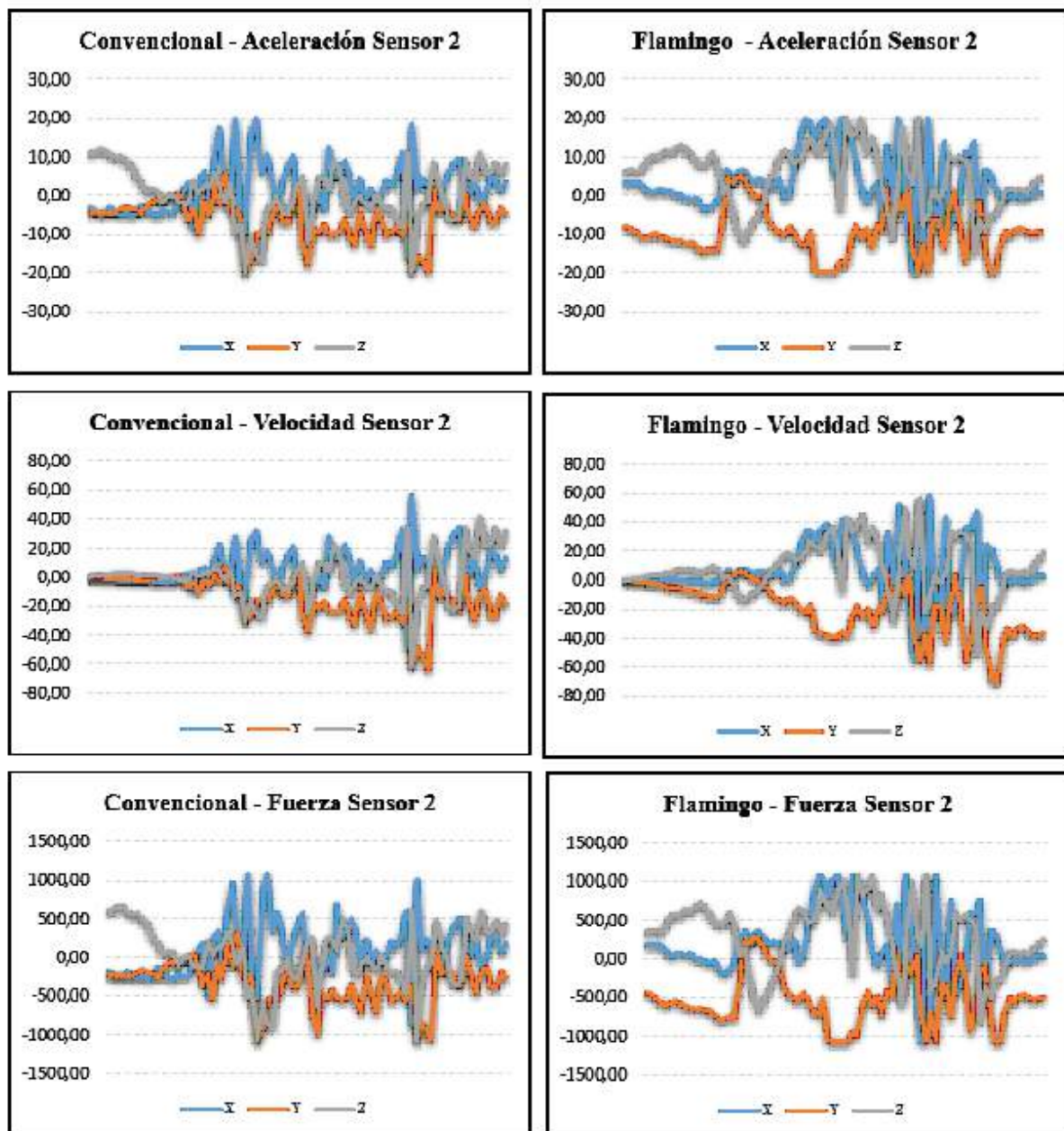


Figura 8. Aceleración, velocidad y fuerza del sensor 2 en el Uchi Mata Convencional y Variante.

En la figura 8 se observa la aceleración, velocidad y fuerza que se ejecuta según el sensor 2 (sensor ubicado en la articulación radio cubital distal izquierda) durante la ejecución del Uchi Mata convencional y variante (flamingo), todas expresadas en los tres ejes (X,Y y Z). Las líneas de tendencia de aceleración, velocidad y fuerza de la ejecución convencional se asemejan en su trazado, al igual que las líneas de tendencia en la ejecución de la variante.

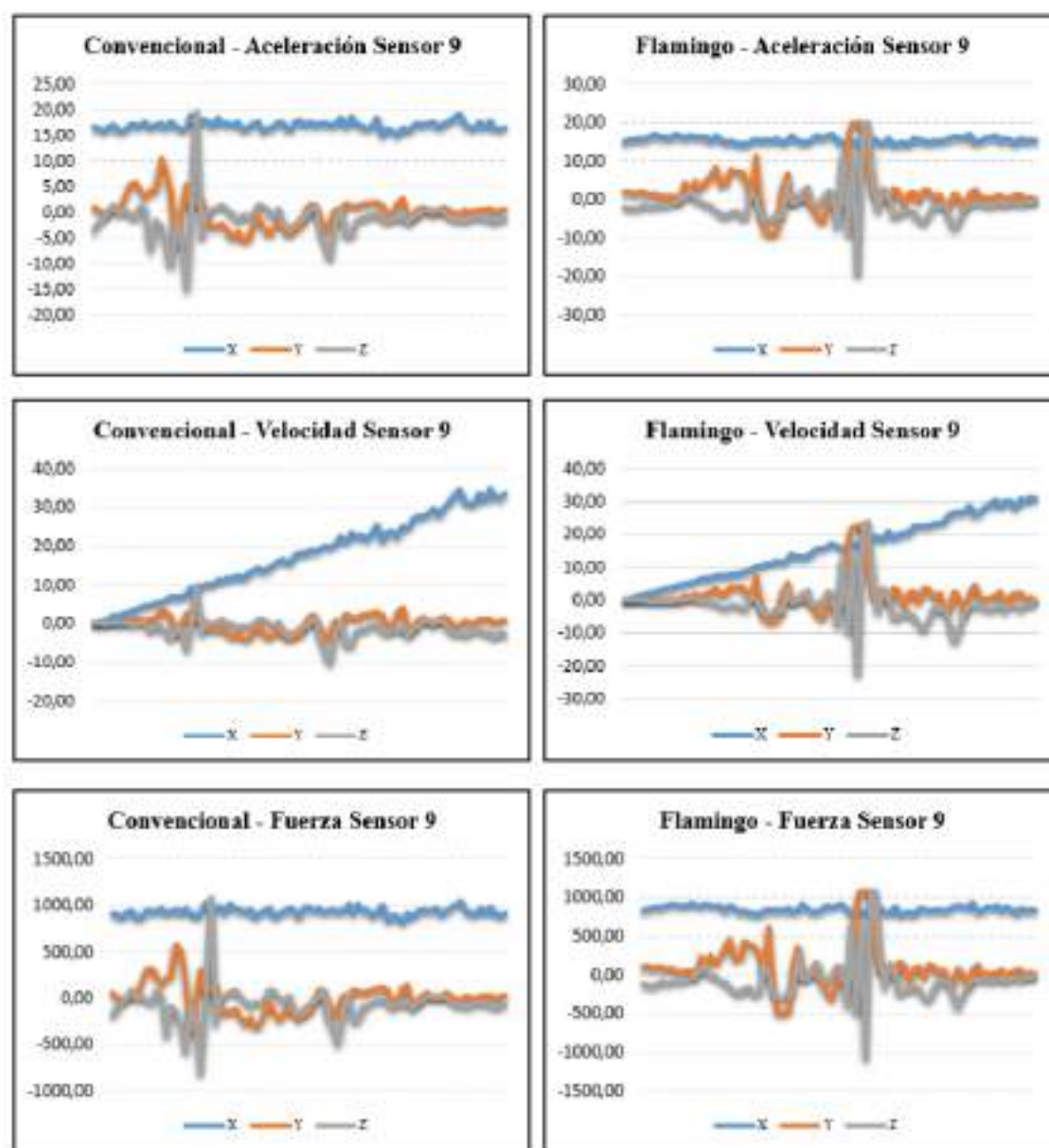


Figura 9. Aceleración, velocidad y fuerza del sensor 9 en el Uchi Mata Convencional y Variante.

En la figura 9 se observa la aceleración, velocidad y fuerza que se ejecuta según el sensor 9 (sensor ubicado en el trocánter mayor femoral derecho) durante la ejecución del Uchi Mata convencional y variante (flamingo), todas expresadas en los tres ejes (X,Y y Z). Las líneas de tendencia de aceleración y fuerza de la ejecución convencional se asemejan en su trazado, así mismo el trazado de las líneas de tendencia en la ejecución de la variante, mientras que la línea de tendencia del eje X en la velocidad en ambos casos es una línea de tendencia alcista.

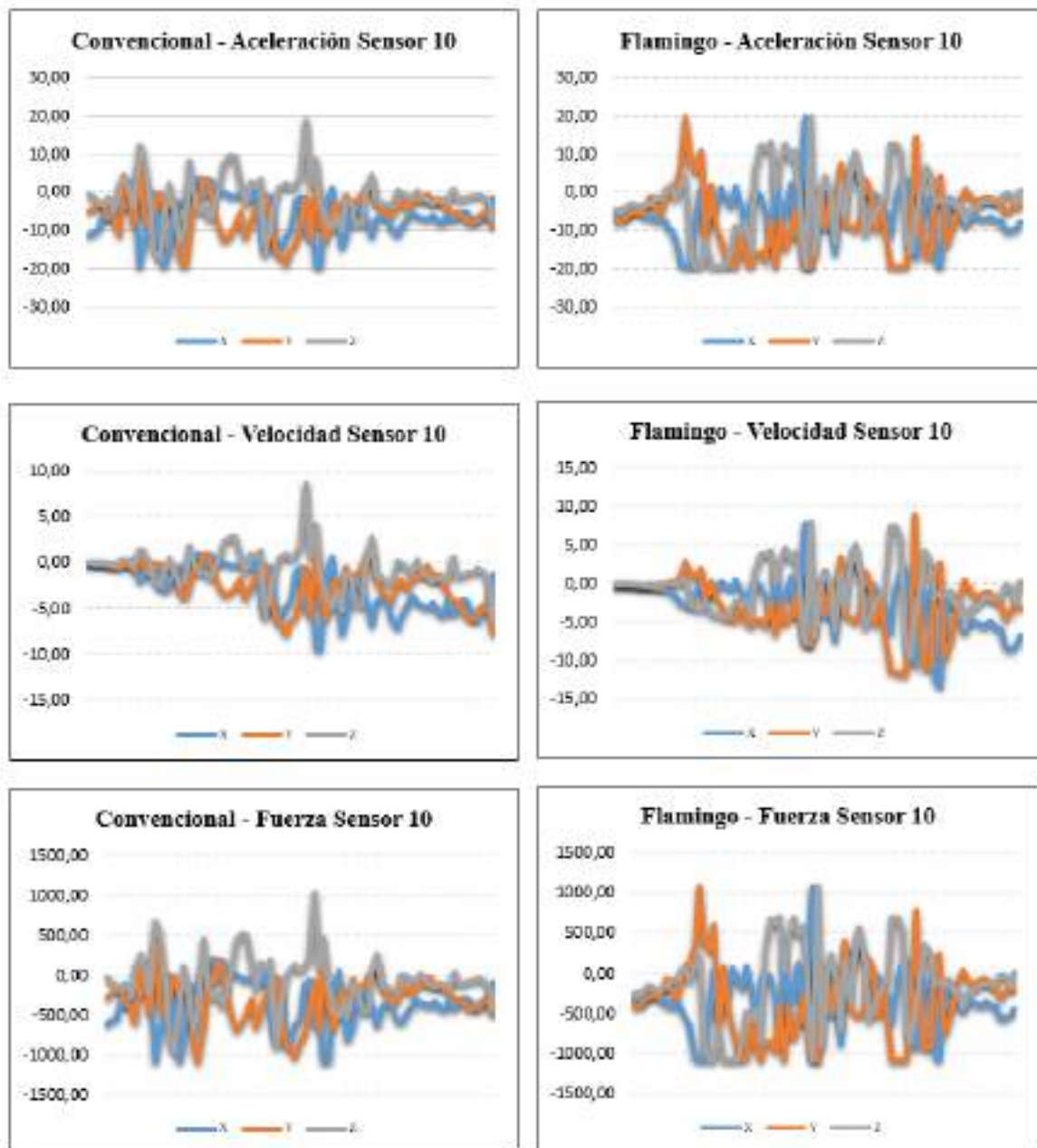


Figura 10. Aceleración, velocidad y fuerza del sensor 10 en el Uchi Mata Convencional y Variante.

En la figura 10 se observa la aceleración, velocidad y fuerza que se ejecuta según el sensor 10 (sensor ubicado en la cabeza peroneal derecha) durante la ejecución del Uchi Mata convencional y variante (flamingo), todas expresadas en los tres ejes (X,Y y Z). Las líneas de tendencia de aceleración, velocidad y fuerza de la ejecución convencional se asemejan en su trazado, al igual que las líneas de tendencia en la ejecución de la variante.

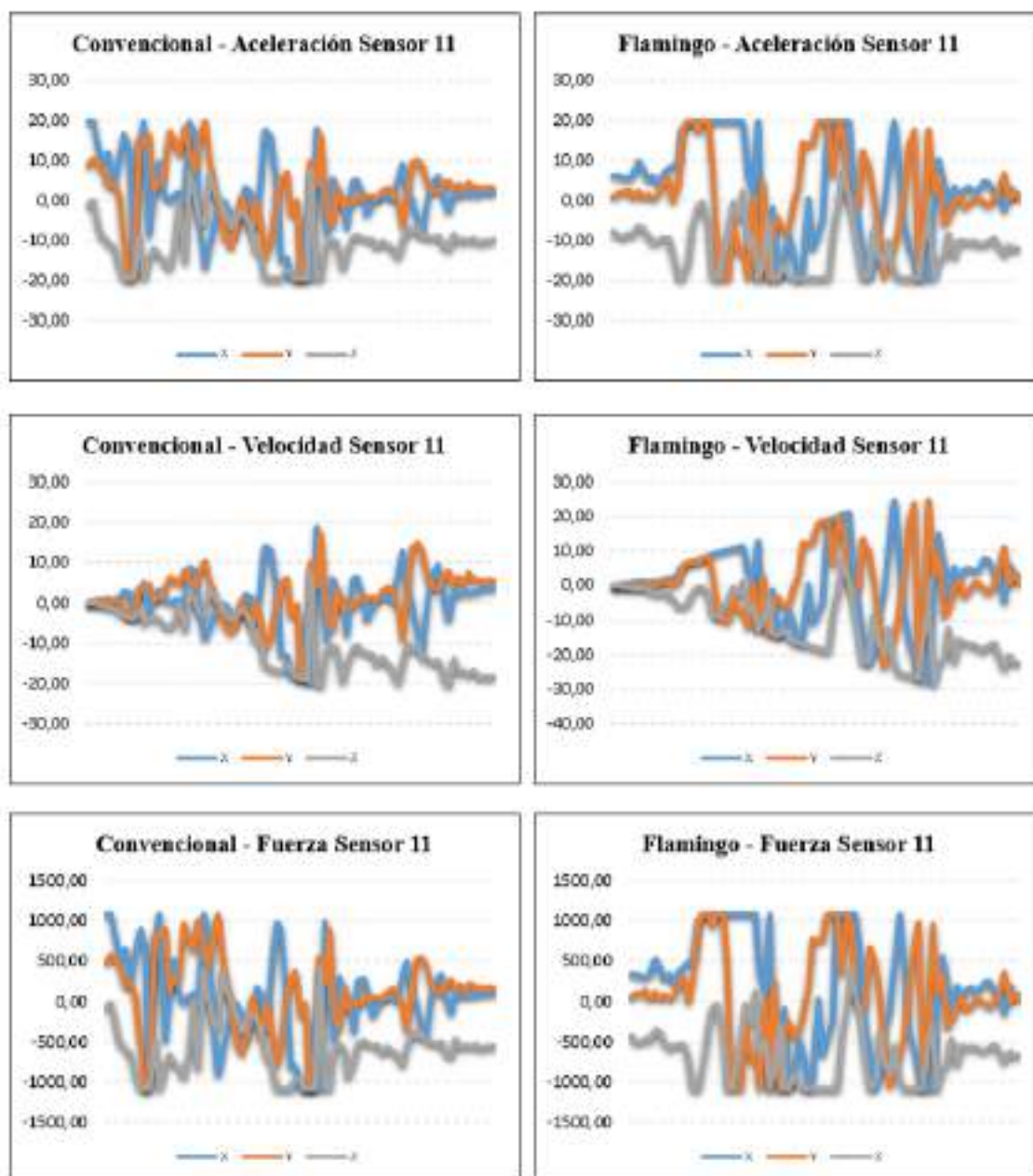


Figura 11. Aceleración, velocidad y fuerza del sensor 11 en el Uchi Mata Convencional y Variante.

En la figura 11 se observa la aceleración, velocidad y fuerza que se ejecuta según el sensor 11 (sensor ubicado en el maleolo peroneal derecho) durante la ejecución del Uchi Mata convencional y variante (flamingo), todas expresadas en los tres ejes (X,Y y Z). Las líneas de tendencia de aceleración, velocidad y fuerza de la ejecución convencional se asemejan en su trazado, al igual que las líneas de tendencia en la ejecución de la variante.

Tabla 2. *Aceleraciones máximas del Uchi Mata convencional y flamingo (variante).*

Convencional							
Sensor	Tren superior			Tren inferior			Media
	0	1	2	9	10	11	
X	6,34	8,07	19,61	19,61	3,54	19,61	12,80
Y	4,05	19,61	5,6	10,43	6,87	19,61	11,03
Z	8,61	9,12	11,82	19,61	18,86	7,42	12,57
Flamingo							
X	7,82	16,34	19,61	16,95	19,61	19,61	16,66
Y	4,98	19,61	5,07	19,61	19,61	19,61	14,75
Z	10,82	11,11	19,61	19,61	19,61	7,35	14,69

En la Tabla 2 se observan las aceleraciones máximas (expresada en m/sg^2) durante la ejecución del Uchi Mata convencional y la variante (flamingo), de los sensores 0, 1, 2 (tren superior), 9, 10 y 11 (tren inferior) en los ejes X, Y y Z. Se evidencia que en el sensor 0, las aceleraciones en los ejes X, Y y Z son mayores en el Uchi Mata flamingo; en el sensor 1 se observa que en los ejes X y Z la aceleración es mayor en el Uchi Mata flamingo, en tanto que en el eje Y la aceleración es la misma tanto en el convencional como en la variante; en el sensor 2 se observa que en los ejes Y y Z la aceleración es mayor en la variante, y es la misma para las dos ejecuciones en el eje X; mientras que en el sensor 9 las aceleraciones en los ejes X y Y son mayores en la variante, en tanto que en el eje Z las aceleraciones son la mismas para ambas ejecuciones; en el sensor 10 se observa que las aceleraciones de los ejes X, Y y Z son mayores en la ejecución de la variante con respecto a la ejecución convencional; y finalmente en el sensor 11 se tiene que en los ejes X y Y las aceleraciones son las mismas para ambas ejecuciones, mientras que en el eje Z la aceleración es mayor en la ejecución convencional.

Tabla 3. *Velocidades máximas del Uchi Mata convencional y flamingo (variante).*

Convencional							
Sensor	Tren superior			Tren inferior			Media
	0	1	2	9	10	11	
X	8,05	10,91	56,74	35,1	0,84	18,64	21,71
Y	4,31	37,11	7,33	3,96	1,21	16,98	11,82
Z	17,74	3,07	41,22	10	8,59	7,5	14,69
Flamingo							
X	10,07	44,72	57,33	31,14	7,8	24,9	29,33
Y	9,45	50,99	5,55	23,2	8,98	24,94	20,52
Z	11,3	16,31	55,58	23,69	8	7,67	20,43

En la Tabla 3 se observa la media de las velocidades máximas (expresada en m/sg) durante la ejecución del Uchi Mata convencional y la variante (flamingo), de los sensores 0, 1, 2 (tren superior), 9, 10 y 11 (tren inferior) en los ejes X, Y y Z. Se evidencia que en el sensor 0, las velocidades en los ejes X y Y son mayores en el Uchi Mata flamingo mientras que en el eje Z la velocidad es mayor en la ejecución convencional; en el sensor 1 se observa que en los ejes X, Y y Z la velocidad es mayor en la ejecución del Uchi Mata flamingo que en la convencional; en el sensor 2 se observa que en los ejes X y Z la velocidad es mayor en la variante, en tanto que en el eje Y la velocidad es mayor en la ejecución convencional; en el sensor 9 la velocidad de los ejes Y y Z es mayor en la variante y en el eje X la velocidad es mayor en la ejecución convencional; en el sensor 10 se observa que la velocidad de los ejes X y Y son mayores en la variante y en el eje Z existe mayor velocidad en la ejecución convencional; y finalmente en el sensor 11 se tiene que la velocidad es mayor en los tres ejes en la ejecución de la variante con respecto a la convencional.

Tabla 4. Valores máximos de la fuerza durante el Uchi Mata convencional y flamingo (variante).

Convencional							
Tren superior				Tren inferior			Media
Sensor	0	1	2	9	10	11	
X	348,7	443,85	1078,55	1051,05	194,7	1078,55	699,23
Y	222,75	1078,55	308	573,65	377,85	1078,55	606,56
Z	473,55	501,6	650,1	1078,55	1037,3	408,1	691,53
Flamingo							
X	430,1	898,7	1078,55	932,25	1078,55	1078,55	916,12
Y	273,9	1078,55	278,85	1078,55	1078,55	1078,55	811,16
Z	595,1	611,05	1078,55	1078,55	1078,55	404,25	807,68

En la Tabla 4 se observan los valores máximos de la fuerza (expresados en Newton) durante la ejecución del Uchi Mata convencional y la variante (flamingo), de los sensores 0, 1, 2 (tren superior), 9, 10 y 11 (tren inferior) en los ejes X, Y y Z. Se evidencia que en el sensor 0, la fuerza es mayor en los tres ejes en el Uchi Mata flamingo; en el sensor 1 se observa que en los ejes X y Z la fuerza es mayor en el Uchi Mata flamingo, en tanto que en el eje Y la fuerza es la misma en ambas ejecuciones; en el sensor 2 se observa que en los ejes Y y Z la fuerza es mayor en la variante, y es la misma para las dos ejecuciones en el eje X; mientras que en el sensor 9 la fuerza del eje X es mayor en la ejecución convencional, la fuerza en el eje Y es mayor en la variante y se tiene la misma fuerza en ambas ejecuciones en el eje Z; en el sensor 10 la fuerza es mayor en los tres ejes durante el Uchi Mata flamingo; y finalmente en el sensor 11 se tiene que en los ejes X y Y la fuerza es la misma para ambas ejecuciones, mientras que en el eje Z el valor es mayor en la ejecución convencional.

Tabla 5. *Correlación de las variables aceleración, fuerza y velocidad.*

		Aceleración	Fuerza	Velocidad
Aceleración	Correlación de Pearson	1	1,000**	0,607**
	Sig. (bilateral)		0,000	0,008
	N	18	18	18
Fuerza	Correlación de Pearson	1,000**	1	0,605**
	Sig. (bilateral)	0,000		0,008
	N	18	18	18
Velocidad	Correlación de Pearson	0,607**	0,605**	1
	Sig. (bilateral)	0,008	0,008	
	N	18	18	18

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 5 se revela el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables aceleración y fuerza es de 1, además esta correlación es muy significativa ya que el valor de Sig es de 0,000, por lo que se puede afirmar con un 99% de confianza que las variables aceleración y fuerza tienen una correlación positiva.

Mientras que el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables aceleración y velocidad y las variables fuerza y velocidad es de 0,607, además esta correlación es muy significativa ya que el valor de Sig es de 0,008 para ambas correlaciones, por lo que se puede afirmar un 99% de confianza que las variables aceleración y velocidad, y las variables fuerza y velocidad tienen una correlación positiva.

DISCUSIÓN

En esta investigación se analizó la aceleración, fuerza y velocidad del movimiento en la ejecución de la técnica Uchi Mata, con sensores inalámbricos para comprender las habilidades motoras, la especificidad, efectividad y rendimiento en el judo. Los resultados mostraron un r de pearson entre las variables aceleración y fuerza es de 1, correlación muy significativa ya que el valor de Sig es de 0,000. Así mismo, entre las variables aceleración y velocidad y las variables fuerza y velocidad fue 0,607, esta correlación es muy significativa con un Sig es de 0,008 para ambas correlaciones, con un 99% de confianza las variables aceleración y velocidad, y las variables fuerza y velocidad tienen una correlación positiva.

El estudio de las referencias, evidencia que tradicionalmente los análisis biomecánicos en la disciplina de Judo son escasos; algunos pretenden mejorar el rendimiento y el evitar lesiones. En esta línea (López-Iturri et al. 2016) con la implementación sensores analiza el desempeño de sistemas de red de sensores inalámbricos en dojos; o estudios que se realizan mediante videos, técnicas fotogramétricas; otro estudio es el de Blais et al. (2006) estos autores mediante ergómetros, cámaras infrarrojas, plataformas con sensores de fuerza analizaron la técnica *Morote Seoi Nage* con el objetivo de mejorar la comprensión del

comportamiento motor, optimizar las capacidades musculares, entre los principales resultados destacaron el gasto energético en los segmentos corporales, aquí el tren inferior predominó sobre el tronco y el tren superior; análisis permitió identificar las acciones de importancia para direccionar el entrenamiento del Morote Seoi Nage, estos estudios difieren con los objetivos y resultados de nuestra investigación.

En otra investigación innovadora realizada por (Poblador, 2016) a través de la electromiografía analizó la acción muscular de manera indirecta en la ejecución de la técnica de judo Seoi Nage, tanto de tren inferior como de tren superior, colocando electrodos en diferentes grupos musculares, evidencia otra alternativa diferente para evaluar esta acción muscular de los deportistas.

El mismo Comité Olímpico Internacional (2024) plantea que el Judo es un deporte que exige alta habilidad mental y destreza física, en consonancia con lo planteado (Poblador, 2016) enfatiza que la biomecánica permite: describir la técnica, buscar técnicas eficaces, desarrollar métodos de medida, registro y crear planificaciones de entrenamiento. Esto concuerda con nuestro estudio, pues es mediante la biomecánica y la tecnología, que se realizó el análisis de variables para mejorar la eficacia durante la ejecución de la técnica; concluyendo que, durante la ejecución del Uchi Mata, el tren inferior es el que imprime una mayor aceleración y fuerza.

En la misma línea, con el apoyo de la tecnología, pero desde la disciplina atletismo en los eventos de pista, el uso de sensores inalámbricos es frecuentemente empleado para la corrección de la técnica, para caracterizar el gesto técnico y el perfeccionamiento de la técnica (Krzyszowski, 2015). Otro estudio realizado por (Miana & Puri, 2015) pero en la disciplina de escalada deportiva, implementó técnicas de inteligencia artificial para el análisis de movimiento de los escaladores usando sensores móviles en Smartphones, en el que analizó la aceleración y los movimientos durante una sesión de entrenamiento.

Referente al estudio, aunque con elementos diferentes se evidencia una investigación realizada en el contexto colombiano donde se analizaron los movimientos técnico-tácticos en el combate de judo mediante el programa Kinovea y una hoja de Excel, dando como resultados que estas dos herramientas son importantes y confiables para que el entrenador pueda evaluar los errores y los aciertos técnicos de los deportistas durante las competencias (Suárez, 2023).

Otro estudio similar se realizó en la ciudad de Buenos Aires el mismo que consistió en describir la posición del hombro en un análisis cinemático de la ejecución de la técnica del ippon seoi nage durante 20 combates, tomándose como muestra a 44 judocas, dando como resultados principales que en la fase intermedia de la ejecución del ippon seoi es donde existe una mayor posibilidad de lesión de la articulación del hombro (Saldaña & López 2023).

La principal limitación del estudio fue la poca bibliografía encontrada que pudiera servir como base teórica y práctica para identificar hallazgos similares al presente estudio, lo cual también restringió el análisis comparativo de los resultados con otros estudios previos. En este sentido, al haberse realizado el estudio en un único deportista, se sugiere ampliar la muestra en futuras investigaciones para fortalecer la validez y generalización de los hallazgos.

CONCLUSIONES

Se expone como conclusión tras el análisis de la aceleración, fuerza y velocidad con sensores inalámbricos en el Uchi Mata convencional y una variante de la misma, que en ésta última tanto las aceleraciones, la fuerza y las velocidades de los ejes X, Y y Z de los sensores analizados (0, 1, 2, 9, 10 y 11) son superiores con respecto a la ejecución del Uchi Mata convencional.

Además, con respecto a los sensores ubicados en tren superior (0, 1 y 2) se observa que éstos imprimen menores aceleraciones por tanto menor fuerza con respecto a las aceleraciones y fuerza de tren inferior (9, 10 y 11), tanto en la ejecución del Uchi Mata convencional como de la variante. Se corrobora entonces la segunda ley de Newton en la que menciona que la aceleración es directamente proporcional a la fuerza.

Se destaca la importancia del tren inferior y el péndulo que éste ejecuta para la mayor eficiencia de la técnica. La mejora en el rendimiento de un deportista requiere de metodologías y técnicas que permitan estudiar, especificar y analizar el movimiento con objetividad, para evitar el empirismo y poder generar conclusiones, explicaciones de su eficiencia.

REFERENCIAS

- Blais, L., Trilles, F., & Lacouture, P. (2006). Three-dimensional joint dynamics and energy expenditure during the execution of a judo throwing technique (Morote Seoi Nage). *Journal of Sports Sciences*, 25(11), 1211-1220.
- Comité Olímpico Internacional (2024). Judo e historia. Página Oficial del Comité Olímpico Internacional. Disponible en <https://olympics.com/es/deportes/judo/>
- Espinosa, M., Santana, J., & González, J. (2019). Exigencias del combate de judo para la etapa de iniciación del judoca. *Revista Conrado*, 15(66), 54-58.
- Frassinelli, S., Niccolai, A., Marzi, T., Mohammadreza A., Mussetta, M., y Zich, R. (2015). Event-based measurement of power in sport activities by means of distributed wireless sensors," *2015 International Conference on Event-based Control, Communication, and Signal Processing (EBCCSP)*, Krakow, Poland, 2015, pp. 1-5, doi: 10.1109/EBCCSP.2015.7300709.
- Frassinelli, S., Niccolai, A., Zich, R. E., Rosso, V., & Gastaldi, L. (2019). Quantification of motor abilities during the execution of judo techniques. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 21(3), 3–12.
- Krzeszowski, T., Przednowek, K., Iskra, J., Wiktorowicz, K. (2015). Monocular Tracking of Human Motion in Evaluation of Hurdle Clearance. In: Cabri, J., Barreiros, J., Pezarat Correia, P. (eds) *Sports Science Research and Technology Support. icSPORTS 2014. Communications in Computer and Information Science*, vol 556. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25249-0_2
- López-Iturri, P., Aguirre, E., Azpilicueta, L., Astrain, J. J., Villadangos, J., & Falcone, F. (2016). Implementation and Analysis of ISM 2.4 GHz Wireless Sensor Network Systems in Judo Training Venues. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 16(8), 1247. <https://doi.org/10.3390/s16081247>
- Miana, S. & Puri, P. (2015). Análisis del movimiento de escaladores usando sensores móviles mediante técnicas de inteligencia artificial (Bachelor's thesis). <http://hdl.handle.net/11086/2809>
- Plazas-Varón, S. R., & Ramón-Suárez, G. (2022). Planificación por modelamiento de entrenamiento de fuerza explosiva en miembros inferiores y superiores de judokas masculinos, categoría mayores. *VIREF Revista De Educación Física*, 11(1), 42–78.
- Poblador, J. (2016). Estudio electromiográfico de la técnica de Judo S2eoi Nage": comprobación de la eficacia de uso de gomas elásticas para sustituir al entrenamiento con un compaero. [Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/48155/files/TESIS-2016-091.pdf>
- Ramon, G. (2002). Análisis de factores biomecánicos y comportamentales relacionados con la efectividad del uchi mata, ejecutado por judokas de alto rendimiento. [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=121844>

- Saldaña, P. & López, P. (2023). Análisis cinemático de la técnica ippon seoi nage de judo en relación con la articulación glenohumeral. Tesis de Grado Licenciatura en kinesiología y Fisiatría. <https://repositorio.uai.edu.ar/handle/123456789/1503>
- Suárez, G. (2023). Propuesta de un método para el análisis técnico-táctico de un combate de Judo. *VIREF Revista de Educación Física*, 12(3), 42-60.
- Vejar, F. (2017). Metodología de bajo costo para el análisis de la Biomecánica en las artes marciales, usando videografía y acelerómetros [Tesis de grado, Universidad de Sonora]. <http://148.225.114.121/handle/unison/1735>