

# Biomecánica aplicada al lanzamiento de tejo<sup>1</sup>

## Biomechanics Applied of the Colombian Tejo Throw

### Biomecánica Aplicada do Lançamento do Tejo Colombiano

[Artículo de investigación]

Jenny Lizeth Bolaños Torres<sup>2</sup>  
Manuel Alberto Riveros Medina<sup>3</sup>  
Karol Bibiana García Solano<sup>4</sup>  
Carlos Alberto Castillo Daza<sup>5</sup>

**Recibido:** 03/ 05/2023

**Aceptado:** 26/10/2023

Citar como:

Bolaños Torres, J. L., Riveros Medina, M. A., García Solano, K. B., & Castillo Daza, C. A. (2024). Biomecánica aplicada al lanzamiento de tejo. *Cuerpo, Cultura Y Movimiento*, 14(1), 39–53. <https://doi.org/10.15332/2422474X.9707>



## Resumen

El tejo es el deporte nacional de Colombia, carente de descripción del gesto de lanzamiento. Objetivo: determinar el comportamiento de variables cinemáticas, cinéticas y electromiográficas del lanzamiento de tejo en practicantes Federados. Metodo: se incluyeron 24 practicantes con una media de edad de 26.75 años. Se realizó la normalización de la señal de electromiografía de superficie (EMGs) a través de la máxima contracción voluntaria (MVC) de 8 músculos implicados en el gesto de lanzamiento. Se utilizó el protocolo Rab de miembros superiores que evaluó la cinemática y cinética. Resultados: respecto al análisis cinemático, se encontraron 4

---

<sup>1</sup> Financiación propia. Grupo de Investigación Cuerpo y Movimiento. Universidad Autónoma de Manizales. Manizales. Colombia.

<sup>2</sup> Magíster en Actividad Física y Deporte. Investigadora principal, fisioterapeuta, Universidad Autónoma de Manizales, Colombia. Correo electrónico: [Jeli0627@gmail.com](mailto:Jeli0627@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3658-4397>

<sup>3</sup> Magíster en Intervención Integral al Deportista, docente. Grupo de Investigación Educación Física y Desarrollo Humano, Universidad Libre, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: [biomecanica.manuelriveros@gmail.com](mailto:biomecanica.manuelriveros@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9682-5677>

<sup>4</sup> Magister en Intervención integral al deportista, Docente, grupo de investigación cuerpo y movimiento. Colombia. Correo electrónico: [karolgarcia@autonoma.edu.co](mailto:karolgarcia@autonoma.edu.co); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9863-3516>

<sup>5</sup> Magíster en Ingeniería Biomédica, Director Laboratorios de salud, grupo de investigación IMED, Fundación Universitaria del Área Andina, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: [ccastillo44@areandina.edu.co](mailto:ccastillo44@areandina.edu.co); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7608-7320>

movimientos predominantes durante toda la ejecución; la cinética, evidenció eficiencia de movimientos rotacionales. La máxima contracción voluntaria arrojó que los músculos se activaron de distal a proximal. Conclusiones: el estudio caracterizó sociodemográfica, antropométrica y deportivamente los practicantes de tejo, analizando biomecánicamente el gesto mediante el uso de la tecnología.

**Palabras clave:** cinemática, cinética, deporte, electromiografía, fenómenos biomecánicos.

## Abstract

The tejo is the national sport of Colombia, devoid of description of the throwing gesture. The objective: to determine the behavior of kinematic, kinetic and electromyographic variables of the yew throw in Federated practitioners. Method: 24 practitioners with a mean age of 26.75 years were included. The normalization of the surface electromyography (EMGs) signal was performed through the maximum voluntary contraction (MVC) of 8 muscles involved in the throwing gesture. The Rab protocol of upper limbs was used, which evaluated the kinematics and kinetics. Results: regarding the kinematic analysis, 4 predominant movements were found throughout the execution; the kinetics, showed efficiency of rotational movements. The maximum voluntary contraction showed that the muscles were activated from distal to proximal. Conclusions: the study characterized the sociodemographic, anthropometric and sportsmanship practitioners of Colombian tejo, biomechanically analyzing the gesture through the use of technology.

**Keywords:** biomechanical phenomena, electromyography, kinematics, kinetics, sport.

## Resumo

O tejo é o esporte nacional da Colômbia, desprovido de descrição do gesto de arremesso. Objetivo: determinar o comportamento das variáveis cinemáticas, cinéticas e eletromiográficas do lançamento do teixo em praticantes federados. Método: foram incluídos 24 praticantes com idade média de 26,75 anos. A normalização do sinal da eletromiografia de superfície (EMGs) foi realizada através da contração voluntária máxima (CVM) de 8 músculos envolvidos no gesto de arremesso. Foi utilizado o protocolo Rab de membros superiores, que avaliou a cinemática e a cinética. Resultados: em relação à análise cinemática, foram encontrados 4 movimentos predominantes ao longo da execução. A cinética mostrou eficiência dos movimentos rotacionais. A contração voluntária máxima mostrou que os músculos foram ativados de distal para proximal. Conclusões: o estudo caracterizou os praticantes sociodemográficos, antropométricos e esportivos do tejo colombiano, analisando biomecánicamente o gesto através do uso da tecnologia.

**Palavras-chave:** fenômenos biomecânicos, eletromiografia, cinemática, cinética, esporte.

## Introducción

El tejo es una práctica originaria de la cultura muisca que tiene más de quinientos años de evolución. Ha sufrido transformación del entorno, el implemento de juego y las distancias. Esta última ha sido determinante para pensar en la práctica de tejo como una actividad deportiva de precisión (Zorro Guio et ál., 2015). Se considera el deporte nacional de los colombianos (Congreso de la República, 2000).

El tejo, visto como deporte, requiere del aporte de la investigación en biomecánica para generar la transformación de su realidad deportiva actual. La evidencia científica desde la biomecánica describe el comportamiento de variables cinemáticas como ángulos de salida y llegada del tejo, la velocidad y aceleración de los miembros superiores en el gesto de lanzamiento de tejo, la longitud de los pasos, así como la velocidad y aceleración del tejo y del comportamiento del centro de gravedad corporal (CGC), además de la altura alcanzada por el tejo y el CGC (Acevedo Ramírez et ál., 2015; Contreras y García, 2012; García et ál., 2009; Rengifo Giraldo, 2012; Ríos Herrera et ál., 2008).

Sin embargo, se desconoce el comportamiento de variables cinéticas como torques, potencia y el patrón de activación muscular de miembro superior (comportamiento electromiográfico) durante el lanzamiento. Estos aspectos son relevantes para esta investigación por su pertinencia al hablar de su aplicabilidad en el deporte y la participación del sistema neuromuscular (SNM) en función de la competencia motriz y un menor impacto sobre los tejidos biológicos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el comportamiento de variables cinemáticas, cinéticas y electromiográficas del lanzamiento de tejo en practicantes federados.

## **Método**

Estudio de enfoque cuantitativo, diseño no experimental, y alcance descriptivo. La muestra estuvo constituida por practicantes federados de tejo pertenecientes a las ligas de Boyacá y Valle asistentes a la concentración de tejo, prejugos nacionales 2023 en la ciudad de Manizales, quienes contaban con aval médico para la práctica deportiva, diligenciaron el consentimiento informado y evitaron la ingesta de alcohol 24 horas antes de la evaluación. El tamaño de la muestra se definió a partir de un muestreo a conveniencia donde 24 deportistas de la categoría mayores, quienes, previo a la toma de datos en el laboratorio de Análisis de Movimiento de la Universidad Autónoma de Manizales (UAM), diligenciaron el instrumento de caracterización sociodemográfica, deportiva y antropométrica.

La evaluación de variables cinemáticas, cinéticas y electromiográficas se realizó en el laboratorio con el sistema SMART DX 400 BTS Bioengineering, compuesto por seis cámaras optoelectrónicas, cuatro plataformas de fuerza P6000, dos cámaras e video de Vixta, electromiógrafo de superficie inalámbrico de ocho canales FreeEMG 1000. Para estas pruebas, se obtuvieron tres registros de cada deportista del lanzamiento propio del gesto deportivo para un total de 72 registros. Dicho proceso se llevó a cabo mediante la implementación del protocolo Rab para miembro superior usado en la captura óptica del movimiento facilitando el análisis cinemático durante tareas funcionales de las extremidades superiores (Tamantini et ál., 2021; Valevicius et ál., 2018).

El modelo planteado por Rab et ál. (2002) organiza el miembro superior en diez segmentos (cabeza, cuello, cintura escapular, parte superior del brazo izquierdo, parte superior del brazo derecho, parte inferior del brazo izquierdo, parte inferior del brazo derecho, mano izquierda, mano derecha, pelvis) y utiliza un sistema de coordenadas locales para calcular el movimiento de las extremidades superiores, teniendo en cuenta los puntos de referencia anatómica establecidos para este modelo.

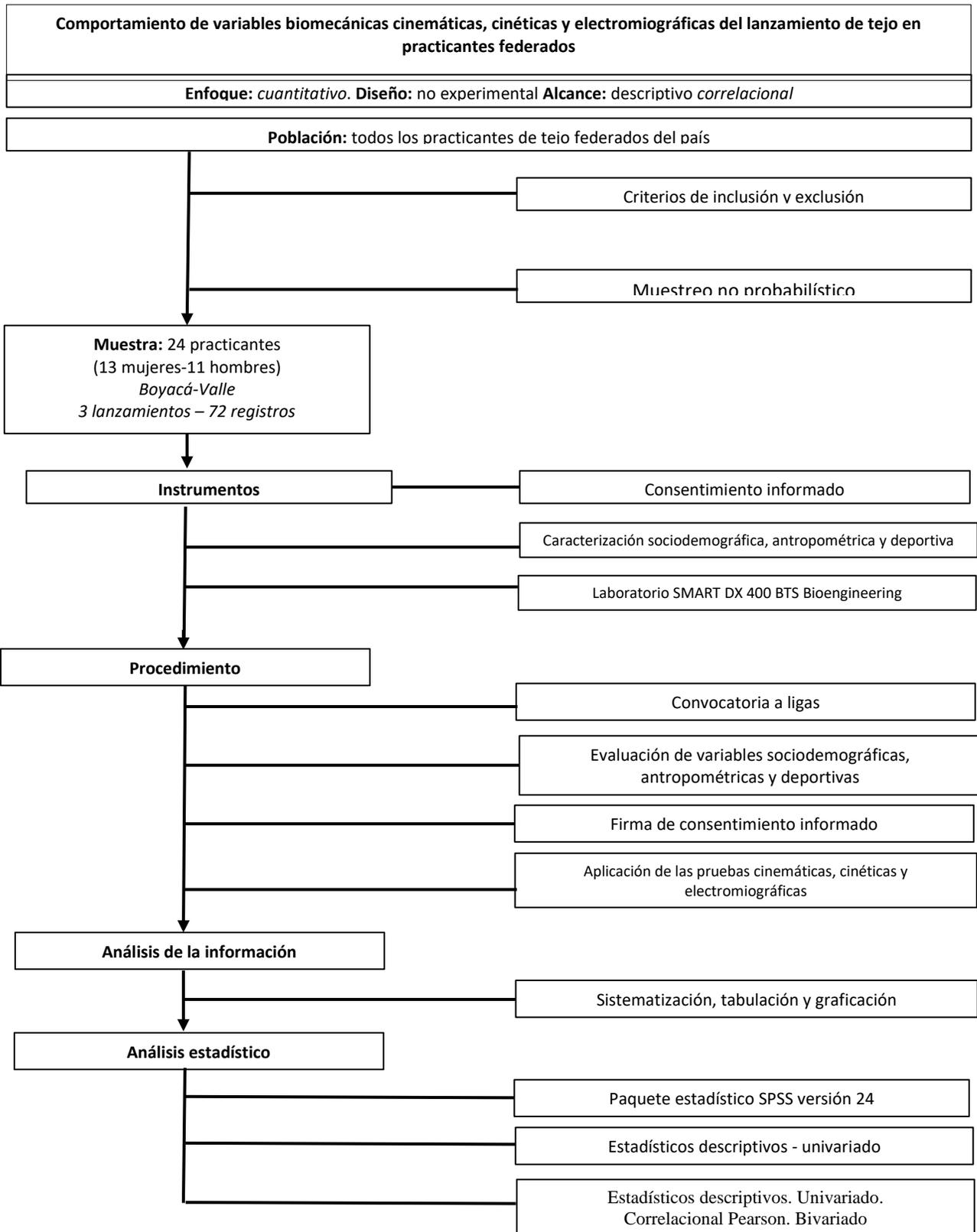
Para las pruebas cinemáticas, se evaluaron los ángulos, la velocidad y la aceleración del hombro, codo, mano y tronco. Para la cinética, se tomó el torque y la potencia de miembro superior y tronco. En la actividad eléctrica muscular, se evaluó la máxima contracción voluntaria (MVC) que buscó normalizar la señal electromiográfica de superficie (EMGs), método de normalización más empleado y sugerido por el SENIAM (Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles) programa de investigación y salud biomédica (Biomed II) de la Unión Europea y las guías de kinesiología de dieciséis grupos de investigación de nueve países europeos que están involucrados en el proyecto SENIAM. Cabe aclarar que esta normalización no es una medida de tensión muscular, sino que es una medida de activación muscular expresada como porcentaje de MVC del sujeto (Al-Qaisi y Aghazadeh, 2015; Sousa y Tavares, 2012).

Con base en el proceso enumerado y la literatura científica reciente se elaboró un protocolo de valoración para ser utilizado a través del sistema FREEMG BTS, el cual consistió en la valoración isométrica máxima de miembro superior como referente de activación muscular de los músculos pectoral mayor, deltoides anterior, bíceps braquial (cabeza larga), pronador redondo, abductor corto del pulgar, infraespinoso, extensor común de los dedos y tríceps. Se empleó una hora en la evaluación de cada sujeto y archivó la información recolectada en la base de datos del sistema.

El análisis de datos inicialmente se realizó a partir de la sistematización del 100 % de los registros obtenidos del movimiento (7.272 datos totales del lanzamiento por variable) dicho registro no evidenció la marcación de los eventos durante el gesto de lanzamiento. Se tuvieron en cuenta un total de 128 variables evaluadas en el laboratorio de las cuales 120 fueron cinemáticas y cinéticas, y 8 electromiográficas. Posteriormente, se realizaron los análisis estadísticos con el programa estadístico SPSS versión 24 (Statistical Package for the Social Science), licenciado por la UAM. Para estos, se llevaron a cabo análisis de normalidad mediante Kolmogorov Smirnov y posteriormente un análisis univariado a través de estadística descriptiva calculando medidas de tendencia central (media) y de variabilidad o dispersión (desviación estandar).

## **Figura 1**

*Flujograma metodológico*



Fuente: elaboración propia.

## Resultados y discusión

### Caracterización sociodemográfica

Se realizó una encuesta de caracterización a 24 deportistas (13 mujeres-11 hombres) de los departamentos de Boyacá y Valle, pertenecientes a la categoría mayores en los que se encontró una media de edad de 26.75 años  $\pm$  5,99 años. Se indagó por aspectos sociodemográficos, lo que arrojó que el 91.7 % de los practicantes hacen parte de los estratos socioeconómicos 1 y 2; el 54.2 % poseen un nivel de escolaridad de básica secundaria; el 62.5 % hacen parte del régimen subsidiado, y el 41.7 % tienen una vinculación a la seguridad social de forma independiente.

### Caracterización antropométrica

Para el análisis antropométrico, se utilizó una báscula digital de bioimpedancia referencia Omron HBF-514C de la cual se tomaron los datos de peso corporal, porcentaje de grasa corporal, grasa visceral, porcentaje muscular e índice de masa corporal (IMC). Adicionalmente se tomaron talla, perímetro abdominal. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1**

#### *Variables antropométricas*

Variable	Media	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
Peso (kg)	72.65	12.11	84.76	60.54
Talla	1.66	0.11	1.77	1.55
IMC	26.29	3.53	29.82	22.75
% grasa	34.53	9.02	43.54	25.51
% magra	29.56	6.13	35.69	23.44
% visceral	7.125	3.44	10.57	3.68
Perímetro abdominal	90.06	9.96	100.02	80.11

Fuente: elaboración propia.

Las variables antropométricas muestran que el peso corporal presentó una media de 72.65 kg  $\pm$  12.11 kg. La media de la talla fue de 1.66 m  $\pm$  0,11 m; el del IMC de 26.29 kg/m<sup>2</sup>  $\pm$  3.53 kg/m<sup>2</sup>, lo que clasifica la población en sobrepeso. Los porcentajes grasa 34.53 %  $\pm$  9.02, magro 29.56 kg  $\pm$  6.13 y visceral 7.12 kg  $\pm$  3.44, y el perímetro abdominal 90.06 cm  $\pm$  9.96 son aspectos que nos hablan de un alto riesgo cardiovascular de los practicantes.

### Caracterización de la práctica deportiva

La tendencia de entrenamiento semanal de los practicantes es de 66.6 % entre tres y cuatro veces por semana; el 83.3 % de los practicantes realiza entre cuatro y cinco horas de práctica por sesión; el 100 % realiza acondicionamiento físico; el 75 % de los practicantes usa tenis deportivos con talón resistente y arco flexible; el 91 % realiza el entrenamiento en superficie de cemento; el 75 % de los practicantes no usa ningún tipo de aditamentos y el 87.5 % son de dominancia derecha.

Adicionalmente, la media de edad deportiva de los 24 practicantes fue de 12.58 años  $\pm$  6.53 años y la media del peso del tejo es de 1.402 gr.

### Comportamiento cinemático del lanzamiento de tejo

Para el análisis cinemático, se evaluó la cinemática angular, la velocidad y la aceleración angular de miembros superiores.

#### Cinemática angular

Los resultados de cinemática angular de las estructuras tenidas en cuenta se presentan en la tabla 2. Como hallazgo principal, se encontraron cuatro movimientos que predominaron durante toda la ejecución: 1) rotación de cuello; 2) aducción de hombro derecho y abducción de hombro izquierdo; 3) rotación externa de hombro bilateral; y 4) desviación radial mano derecha.

**Tabla 2**

*Variables de cinemática angular*

Variable (ángulos)	Media (°)	Desviación estándar	Máximo (°)	Mínimo (°)	Test de normalidad
Flex ext. cuello	-3.17	24.80	21.63	-27.98	0.121
Inclinación cuello	8.78	20.07	28.85	-11.29	0.148
Rotación cuello	-32.93	16.51	-16.41	-49.44	0.096
Flex ext. hombro derecho	3.82	37.98	41.81	-34.16	0.096
Abd Add hombro derecho	-39.15	23.98	-15.17	-63.13	0.192
Rotación hombro derecho	9.82	30.54	40.36	-20.71	0.044
Flex ext. hombro izquierdo	-2.24	27.40	25.16	-29.63	0.086
Abd Add hombro izquierdo	35.26	16.51	51.76	18.75	0.151
Rotación hombro izquierdo	14.14	20.26	34.41	-6.12	0.070
Flex ext. codo derecho	41.92	62.33	104.25	-20.41	0.136
Flex ext. codo izquierdo	58.01	39.84	97.85	18.17	0.086
Flex ext. mano derecho	-1.24	16.95	15.71	-18.19	0.269
Desviación radial-ulnar mano Der	2.08	22.65	24.73	-20.57	0.078
Prono supinación mano derecho	-3.19	19.02	15.82	-22.21	0.086
Flex ext. mano izquierdo	0.43	12.37	12.80	-11.94	0.326
Desviación radial-ulnar mano izquierda	-13.71	19.17	5.46	-32.88	0.081
Prono supinación mano izquierda	6.61	17.76	24.37	-11.14	0.124
Flex ext. tronco	-0.28	34.85	34.57	-35.14	0.229
Inclinación lateral tronco	-0.27	16.73	16.46	-17.00	0.295
Rotación tronco	22.22	12.90	35.12	9.33	0.076

Fuente: elaboración propia.

La rotación de cuello registró un valor negativo sugestivo para la rotación hacia el lado izquierdo, con una desviación estándar baja entre los datos, que evidencia poca dispersión, con una media de 33° de rotación hacia la izquierda.

El comportamiento gráfico generó otro hallazgo relevante en el registro del movimiento, lo cual se apoya de la teoría de las fases propuestas por Ríos (2008). La primera fase o fase inicial ocurre del

0-40 %; la segunda fase o fase media ocurre del 40-80 %; y la tercera fase o fase final del movimiento ocurre del 80-100 %.

**Figura 2**

*Comportamiento angular de cuello*



Fuente: elaboración propia.

**Figura 3**

*Comportamiento angular rotación de hombro*

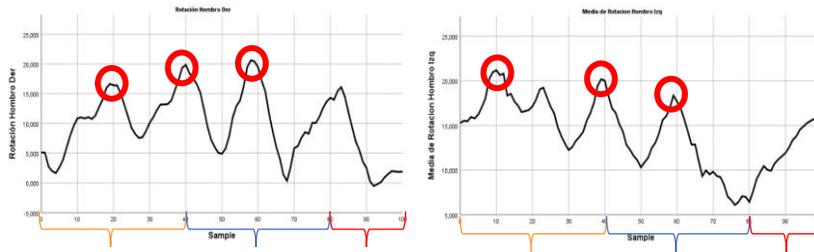


Fuente: elaboración propia.

**Figura 4**

*Comportamiento angular aducción. Abducción de hombro*

## ROTACIÓN DE HOMBRO Derecha - Izquierda



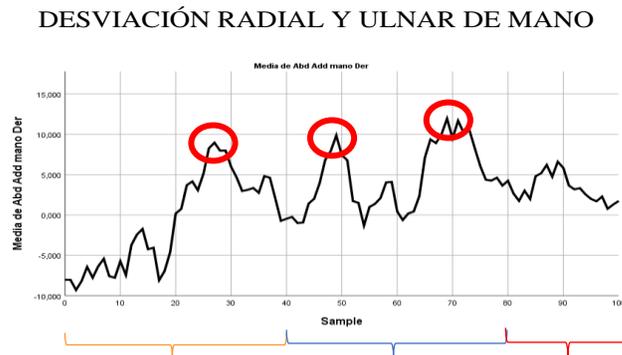
Fuente: elaboración propia.

Relacionado con el movimiento de aducción, el hombro derecho presentó la media más alta, lo que indica el movimiento promedio del gesto de lanzamiento. Gráficamente, se observa una pendiente de aducción máxima en la transición de la fase media a la fase final en la figura 4. En el hombro izquierdo, el movimiento fue tendencia hacia la abducción encontrándose el pico máximo en la transición de la fase media a la fase final.

La desviación radial en muñeca fue un movimiento que predominó en el 100 % del registro; sin embargo, su comportamiento fue oscilatorio. Gráficamente, se evidenciaron picos en las tres fases del movimiento y estadísticamente se presentó una desviación estándar muy alta y la media más baja.

### Figura 5

*Comportamiento angular desviación radial de mano derecha*



Fuente: elaboración propia.

### Velocidad angular

Los datos arrojados de velocidad y aceleración solo fueron diferentes a cero en los movimientos de pronosupinación y todos los del tronco, explicando de esta forma las necesidades de aceleración y velocidad de la fase media a la fase final.

**Tabla 3***Variables cinemáticas de velocidad angular*

Variable (velocidad)	Media (m/s)	Desviación estándar	Máximo (m/s)	Mínimo (m/s)	Test de normalidad
Prono supinación mano izquierda	6.61	17.76	24.37	-11.14	0.12
Flexo extensión tronco	-0.28	34.85	34.57	-35.14	0.23
Inclinación lateral tronco	-0.27	16.73	16.46	-17.00	0.29
Rotación tronco	22.22	12.90	35.12	9.33	0.08

Fuente: elaboración propia.

La información de velocidad y aceleración arrojó relevancia estadística en las medias de las siguientes variables:

- Pronación-supinación: 6.61 m/s (tendencia a la supinación).
- Flexo-extensión de tronco: -0.28 m/s (tendencia a la flexión).
- Inclinación lateral de tronco: -0.27 m/s (tendencia inclinación lateral izquierda).
- Rotación de tronco: 22.22 m/s (tendencia rotación derecha).

Los demás valores encontrados con medias de cero se relacionaron con una condición de equilibrio entre aceleración y desaceleración del movimiento.

**Comportamiento cinético del lanzamiento de tejo**

Para el análisis cinético, se evaluó la cinética de fuerza articular y la cinética de torques momento articular de miembros superiores.

**Resultados cinética fuerza articular**

Relacionado con las variables cinéticas, la fuerza articular no tuvo valores muy altos en la media evidenciando principalmente una exigencia en las fuerzas totales de rotación externa del miembro superior con el que se realiza el lanzamiento.

**Tabla 4***Variable cinética fuerza articular*

Variable (fuerza)	Media N	DE	Máximo N	Mínimo N	Test de normalidad
F rot hombro derecho	0.01	2.61	2.62	-2.61	0.137
F flex ext. codo derecho	-0.01	5.51	5.51	-5.52	0.178
F prono supinación mano derecho	0.01	2.23	2.24	-2.21	0.118
F total flex ext. brazo derecho	-0.01	11.61	11.60	-11.63	0.183
F total abd add brazo derecho	0.01	4.79	4.80	-4.78	0.117
F total rot brazo derecho	0.04	8.83	8.86	-8.79	0.124
F prono supinación izquierdo	0.01	2.23	2.24	-2.21	0.118
F total flex ext. brazo izquierdo	-0.01	6.18	6.17	-6.20	0.179
F total rot brazo izquierdo	-0.01	4.65	4.64	-4.66	0.148

Fuente: elaboración propia.

### Resultados cinética torque o momento articular

Relacionado con los torques, la abducción de hombro derecho presentó el valor promedio más alto relacionado con la exigencia de la pendulación. Estos valores encontrados de torque son eficientes en los movimientos de hombro, codo y mano sugestivo a la toma del implemento, pendulación y movimiento de liberación del lado derecho, en el lado izquierdo relacionado con la estabilización del movimiento principalmente en abducción.

**Tabla 5**

*Variable cinética torques (momentos articulares de miembro superior)*

Variable (torques)	Media	DE	Máximo Nm	Mínimo Nm	Test de normalidad
Torque total flex brazo derecho	-0.04	2.26	2.23	-2.30	0.130
Torque total abd brazo derecho	0.02	4.07	4.08	-4.05	0.131
Torque total rot brazo derecho	-0.02	0.89	0.87	-0.90	0.167
Torque flex hombro derecho	-0.04	0.44	0.40	-0.48	0.122
Torque abd hombro derecho	0.08	0.73	0.80	-0.65	0.118
Torque flex codo derecho	0.04	0.62	0.65	-0.58	0.122
Torque flex mano derecho	0.01	0.06	0.07	-0.06	0.114
Torque desv radial ulnar ma der	-0.02	0.11	0.09	-0.12	0.104
Torque total flex brazo izquierdo	0.06	2.30	2.36	-2.25	0.155
Torque total abd brazo izquierdo	-0.03	1.86	1.83	-1.88	0.122
Torque abd hombro izquierdo	-0.01	0.35	0.35	-0.36	0.166
Torque rot hombro izquierdo	-0.01	0.27	0.26	-0.28	0.148
Torque flex codo izquierdo	0.03	0.63	0.66	-0.60	0.166
Torque prono supinación man izquierdo	-0.01	0.09	0.09	-0.10	0.218

Fuente: elaboración propia.

Referente a los torques, se encontró que los valores de torque de la abducción del hombro derecho 0.08 Nm, torque total de la flexión codo izquierdo 0.06 Nm y el torque de la flexión codo derecho 0.04 Nm reportaron los mayores valores. Esto evidenció que entre más alto sea el número del torque más eficaz es la fuerza para provocar o modificar el movimiento rotacional.

### Comportamiento electromiográfico del lanzamiento de tejo

Para el análisis de las variables electromiograficas, se realizó en los músculos abductor del pulgar, pectoral mayor, deltoides anterior, bíceps braquial, pronador redondo, infraespinoso, extensor común de los dedos y tríceps. En la tabla 6, se describe el comportamiento electromiográfico manifestado durante el lanzamiento de tejo.

**Tabla 6**

*Variables electromiográficas*

Variable (MCV)	Media (%)	DE	Máximo (%)	Mínimo (%)	Test de normalidad
Abductor del pulgar	17.72	10.08	27.81	7.64	0.098
Pectoral mayor	5.21	2.84	8.05	2.37	0.171
Deltoides anterior	6.17	4.22	10.40	1.95	0.165
Bíceps braquial	4.05	3.48	7.53	0.56	0.221
Pronador redondo	11.81	10.87	22.68	0.94	0.203

Infraespinoso	5.69	2.70	8.40	2.99	0.096
Extensor común de los dedos	11.83	3.57	15.40	8.26	0.11
Tríceps	9.36	7.07	16.43	2.29	0.177

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior pone en evidencia el comportamiento de la señal electromiográfica durante el lanzamiento de tejo en el que se aprecia un comportamiento de activación predominante de músculos abductor del pulgar con una media del 18 %, seguido de extensor común de los dedos y pronador redondo en un 12 % cada uno, tríceps con un 9 %, deltoides anterior 6 %, infraespinoso 6 %, pectoral mayor 5 % y, en menor proporción, el bíceps braquial con un 4 %.

Aunque el lanzamiento de tejo se da en un movimiento de cadena cinética abierta, este comportamiento electromiográfico reportado de predominio distal a proximal es coherente con las solicitudes del deporte, ya que al movimiento de lanzamiento deben sumarse variables como el peso del implemento, las dimensiones que facilitan el agarre tipo cilíndrico en el que el pulgar es ubicado en la base superior del tejo y los demás dedos brindan el soporte del implemento. El tejo tiene un peso promedio de 1400 gr en los sujetos evaluados y este peso debe sostenerse durante toda la fase de lanzamiento que exige la pendulación y el desplazamiento para posteriormente pasar a la liberación.

## Discusión

Para realizar un contraste con los estudios realizados en tejo, encontramos que Ríos (2008) y Contreras (2012) reportaron información sobre el IMC de los practicantes evaluados en sus estudios; sin embargo, no mencionan ningún riesgo de salud relacionado con estas variables.

Canda (2017) expuso la relevancia que presenta hoy día la composición corporal más que el IMC en deportistas de rendimiento; sin embargo, toma como referente los criterios establecidos de la Sociedad Española de Obesidad, en los que relaciona el IMC con el riesgo cardiometabólico existente en el que se contemplan valores de sobrepeso como preobesidad, en los que se encontró la población de este estudio.

Relacionado con los ángulos, Quevedo (2014) presentó en su estudio la relevancia de la rotación del cuello en función de la acomodación visual en un deporte de precisión y mencionó la importancia de la dominancia homolateral (ojo derecho-mano derecha) como ayuda visual del objetivo.

En el hombro hubo un predominio de rotación externa en ambas estructuras. Los valores máximos se presentaron en las fases inicial y media del movimiento de la rotación externa. Estudios anteriores describieron la cinemática del lanzamiento de tejo. En el estudio de Ríos (2008), los valores están por encima de los encontrados y en el estudio de Rengifo (2012) los valores son inferiores a los hallados en la investigación.

Crewe (2011) relacionó la amplitud de ángulos y aceleración en miembros superiores y tronco en los deportes de lanzamientos en los que se da una contrarrotación y la importancia con la zona media. Torres (2011) realizó un estudio semejante utilizando la tecnología BTS en bolos involucrando los miembros inferiores y concluyó que existe relación entre los valores de

aceleración de miembros superiores y miembros inferiores. Relacionado con los estudios en tejo García et ál. (2009) describieron cambios en la aceleración de los movimientos del tronco de la fase media a la fase final.

Lintner et ál. (2008) mencionaron en su estudio realizado en beisbolistas la relevancia de los valores de fuerza reportados en piernas y el tronco al representar del 51 al 55 % de la energía cinética entregada a la mano durante un lanzamiento, lo que aumenta las fuerzas en el hombro y el codo, aspecto importante para tener en cuenta en futuras investigaciones.

Relacionado con el comportamiento electromiográfico, a modo de contraste el estudio realizado por Ríos (2008) describió el movimiento de tejo como una cadena cinética abierta y destacó la participación muscular de proximal a distal, lo cual nos permite comprender la relevancia que tiene la toma del implemento en el patrón de participación muscular que se da de distal a proximal.

Tamura y Saito (2023) evidenciaron la relevancia del pronador redondo como un importante estabilizador dinámico de la tensión del codo en valgo durante el lanzamiento de béisbol.

Mencionaron además que a la hora de describir el movimiento la carga externa es más importante que los topes o límites del movimiento (ángulos).

## **Conclusiones**

A partir de esta investigación se permitió ver el tejo con un componente deportivo que se sustenta inicialmente en las bases encontradas y reportadas en los antecedentes de los estudios biomecánicos previos. Al describir el comportamiento de las variables biomecánicas cinemáticas ya estudiadas y las variables cinéticas y electromiográficas apoyados de la tecnología, se alcanzó una gran pertinencia y conveniencia por el aporte a nivel teórico y metodológico, ya que la información obtenida enriquece la literatura disponible y permite seguir aportando al deporte nacional.

El estudio permitió realizar una caracterización sociodemográfica, antropométrica, y de la práctica deportiva de los practicantes federados, los cuales son jóvenes, de estratos socioeconómicos bajo – bajo y bajo, con un nivel de escolaridad de básica secundaria y hacen parte del régimen subsidiado en salud, relacionado con los datos antropométricos, los practicantes de tejo de acuerdo con su composición corporal no presentaron un perfil atlético ni saludable. Relacionado con la práctica deportiva, los practicantes son experimentados, con una tendencia de entrenamiento técnico regular y físicamente activos.

El comportamiento de las variables cinemáticas (ángulos, velocidad y aceleración) manifestadas durante el lanzamiento de tejo evidenciaron un patrón predominante en las gráficas marcando tres momentos representados del 100 % del gesto de lanzamiento registrado, lo que permitió determinar estos momentos como: fase inicial, 0-40 %; fase media, 40-80 %; y fase final 80-100 %.

Relacionado con el comportamiento cinemático los ángulos de miembro superior derecho las principales variaciones con picos máximos angulares se encontraron en la fase media y la transición a la fase final correspondiente del 70-80 % del movimiento registrado. El miembro superior izquierdo presentó un comportamiento estabilizador durante el 100 % del movimiento.

El comportamiento que predomina en el 100 % del movimiento fue en cuello: rotación hacia la izquierda; en hombro derecho: rotación externa, aducción; en hombro izquierdo: rotación externa, abducción; en codo izquierdo: extensión; en mano derecha: desviación radial; en mano izquierda: extensión, desviación ulnar y supinación.

Las variables que evidenciaron cambios estadísticos en aceleración y velocidad fueron pronación y supinación de la mano izquierda de 6.61 m/seg; flexión y extensión del tronco -0.28 m/seg; inclinación del tronco -0.27 m/seg; rotación tronco 22.22 m/seg. El movimiento de lanzamiento de tejo no presentó variación estadística de velocidad y la aceleración en el miembro superior con el cual se ejecuta el lanzamiento, lo cual puede estar relacionado con el perfeccionamiento de la técnica, el tiempo de práctica o la limitante del estudio que fue la no liberación del implemento.

Las variables cinemáticas de tronco (flexión y extensión, inclinación y rotación) evidenciaron un comportamiento muy marcado en la fase final. Estos aspectos son relevantes, ya que son estructuras que requieren mayor enfoque de trabajo preventivo por presentar valores estadísticos importantes.

El comportamiento de las variables cinéticas (fuerza angular y torque) evidenció valores de fuerza en el miembro superior derecho con una tendencia hacia los movimientos en hombro de rotación externa; flexión de codo; supinación y fuerzas totales de: extensión, abducción y rotación externa. En el miembro superior izquierdo se encontró una tendencia de fuerzas hacia los movimientos de supinación y totales de extensión y rotación interna.

Referente a los torques, los valores más eficiente para provocar o modificar el movimiento rotacional fueron la abducción del hombro derecho, el torque total de la flexión brazo izquierdo y el torque de la flexión codo derecho.

El comportamiento de las variables electromiográficas manifestadas durante el lanzamiento de tejo evidenció una participación muscular predominante de distal a proximal en un movimiento de cadena cinética abierta, lo cual está condicionado por la toma del implemento y el peso de este.

Como recomendaciones, se sugiere realizar valoraciones y asesorías nutricionales que orienten a la población sobre su estado actual y la mejora del mismo propendiendo a un estado saludable y con miras atléticas, así como en la práctica deportiva y la preparación física.

Tener de referencia la participación muscular y los movimientos que predominan en el 100 % del lanzamiento de tejo y que este pueda ser utilizado como un modelo de la enseñanza de la técnica de la práctica deportiva, teniendo en cuenta la eficiencia del movimiento.

Realizar futuros estudios que permitan la liberación del implemento de tejo y el uso de la tecnología, que permitan la recolección de la información cinemática, cinética y electromiográfica, además de la valoración de miembro inferior.

## **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no incurren en conflictos de intereses.

## Fuentes de financiación

Los autores declaran que no recibieron un fondo específico para esta investigación.

## Aspectos éticos

Los autores declaran no haber incurrido en aspectos antiéticos, ni haber omitido aspectos legales en la realización de la investigación.

## Referencias

- Boehl, W. R., & Myskiw, M. (2021). Uma breve análise das relações entre intermediários e jogadores de futebol menores de 16 anos. *Caderno de Educação Física e Esporte*, 19(2), 27-33. <https://doi.org/10.36453/cefe.2021.n2.27215>
- Boehl, W. R. (2018). *Intermediários de futebol: as relações com os jogadores de base (menores de 16 anos)* (trabalho de conclusão de curso). Faculdade de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Bourdieu, P. (2002). *A dominação masculina*. Bertrand Brasil.
- Cardoso de Oliveira, R. (1996). O trabalho do antropólogo: olhar, ouvir, escrever. *Revista de Antropologia*, Vol. 39, No. 1, pp. 13-37. <https://www.jstor.org/stable/41616179>
- Couto, H. R. F. (2014). *Esporte do oprimido: utopia e desencanto na formação do atleta de futebol*. Líber Livro.
- Damo, A. S. (2005). *Do dom a profissão: uma etnografia do futebol de espetáculo a partir da formação de jogadores no Brasil e na França* (tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Eckert, C., & Rocha, A. L. C. (2013). *Etnografia da duração: antropologia das memórias coletivas em coleções etnográficas*. Marcavisual.
- Ingold, T. (2012). Trazendo as coisas de volta à vida: emaranhados criativos num mundo de materiais. *Horizontes Antropológicos*, 18(37), 25-44. <https://doi.org/10.1590/S0104-71832012000100002>
- Marcus, G. E. (2001). Etnografía en/del sistema mundo. El surgimiento de La etnografía multilocal. *Alteridades*, 11, 11-127. <https://alteridades.izt.uam.mx/index.php/Alte/article/view/388/387>
- Nogueira, P. A. A. (2014). *Análise ao valor acrescentado de um agente na carreira de um jogador e esclarecimento da actividade de agente de jogadores: o caso português* (tese de doutorado). Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa.
- Spaggiari, E. (2014). *Família joga bola. Constituição de jovens futebolistas na várzea paulistana* (tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social, Universidade de São Paulo.
- Vieira, L. M. (2016). *Futebol: do sonho do jogo ao jogo do mercado* (trabalho de conclusão de curso). Departamento de Serviço Social, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Wagner, R. (2012). *A invenção da cultura*. CosacNaify.