

## Diferencias biomecánicas y efectividad del tiro libre del baloncesto en estado óptimo y en fatiga

### Biomechanical differences and effectiveness of basketball free throw in optimal state and fatigue

Bryan Hipólito Morales Toapanta,<sup>I</sup> Marcos Elpidio Pérez Ruiz,<sup>II</sup> Miguel Andrés Pillajo Peralta,<sup>I</sup> Adrián Rafael Bonilla López,<sup>III</sup> Edgardo Romero Frómeta,<sup>I</sup> Lermay Morán Pedroso<sup>IV</sup>

<sup>I</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Ecuador.

<sup>II</sup> Universidad Metropolitana del Ecuador. Ecuador.

<sup>III</sup> Comité del Pueblo N°1. Ecuador.

<sup>IV</sup> Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el Deporte "Manuel Fajardo". Cuba.

---

#### RESUMEN

**Introducción:** La efectividad en el tiro libre del baloncesto está influenciada por diversos factores, entre ellos la correcta ejecución de la técnica deportiva y el desarrollo integral de las capacidades físicas como es el caso de la coordinación, la fuerza y la resistencia.

**Objetivo:** Analizar biomecánicamente los ángulos del brazo en la fase inicial y final como parte del tiro libre del baloncesto, así como la efectividad final del movimiento técnico, tanto en estado óptimo como en estado de fatiga.

**Métodos:** Se estudió a la población de basquetbolistas del equipo "Comité del Pueblo N°1" (8 sujetos sexo masculino), específicamente la efectividad del tiro libre y el ángulo inicial y final de los brazos en el lanzamiento del balón, tanto en estado óptimo como en estado de fatiga. En el análisis se aplicó el test de Mader (300 m de carrera por intervalos) para disminuir los índices de resistencia del sujeto estudiado (estado de fatiga), y una prueba de efectividad de un solo lanzamiento antes y después de implementar dicho test

**Resultados:** Existieron diferencias significativas en el ángulo inicial del lanzamiento del balón en los tiros libres ( $p=0,050$ ), y no significativas en el ángulo final ( $p=0,195$ ) al comparar los ángulos en el estado óptimo y en el estado de fatiga. Por otra parte, la efectividad fue significativamente negativa ( $p=0,038$ ) al comparar los datos para las dos muestras independientes.

**Conclusiones:** Se demuestra una variación negativamente significativa en la efectividad del tiro libre en el estado de fatiga, afectando la fase inicial del lanzamiento del balón, infiriendo la necesidad de implementar un entrenamiento especializado en el equipo de baloncesto, estabilizando eficientemente la biomecánica de los movimientos que incluya las fases estudiadas en el lanzamiento del balón como parte del tiro libre del baloncesto.

**Palabras clave:** Biomecánica del baloncesto; tiros libres; efectividad; estado óptimo; fatiga.

---

## ABSTRACT

**Introduction:** The free throw effectiveness in basketball is influenced by diverse factors, among them correct execution of sport technique and the integral development of physical capacities as it is the case of coordination, the strength and resistance.

**Objective:** biomechanically analyze the arm angles in initial and final phase as free throw part in basketball, as well as the final effectiveness of technical movement, both in optimal state and fatigue state.

**Methods:** The basketball players population of team "Comité del Pueblo N ° 1" (8 male subjects) is studied, specifically the free throw effectiveness and the arms initial and final angle in the ball throwing, both in state optimal as in fatigue state. In the analysis of Mader test applied (300m of interval race) to decrease the resistance indices of the subject studied (fatigue state), and a effectiveness test of a single release before and after implementing the Mader test.

**Results:** There were significant differences in throwing initial angle in the ball in free throws ( $p = 0.050$ ), and not significant in final angle ( $p = 0.195$ ) when comparing the angles in the optimal state and fatigue state. On the other hand, the effectiveness was significantly negative ( $p = 0.038$ ) when comparing the data for two independent samples.

**Conclusions:** a negatively significant variation in free throw effectiveness in the fatigue state is demonstrated, affecting in ball throwing in the initial phase, inferring to implement need a specialized training in the basketball team, efficiently stabilizing the movements biomechanics that include the phases studied in the ball throwing as part of the basketball free throw.

**Keywords:** basketball biomechanics; free throws, effectiveness; optimal state and fatigue.

---

## INTRODUCCIÓN

La biomecánica deportiva juega un papel importante en el logro de una técnica deportiva eficaz, puesto que puede ayudar a comprenderla, a mejorar su enseñanza y su entrenamiento<sup>1-4</sup> el deportista debe tener los conocimientos necesarios sobre la efectividad de sus movimientos técnicos,<sup>5</sup> cómo se comporta su cuerpo, cómo reacciona ante diferentes estímulos y cómo cambian los modelos técnicos, tanto interiormente como exteriormente. La técnica deportiva se define como un conjunto de modelos biomecánicos y anatómico-funcionales de los movimientos para ser realizados con la máxima eficiencia posible.<sup>6</sup>

---

El baloncesto es un deporte élite a nivel mundial, puesto que el nivel técnico y táctico engloba varios aspectos como el juego individual y grupal, no solo en la situación de juego sino en el entrenamiento. Los deportes como el baloncesto, implican movimientos físicos variados, por lo que alcanza trascendencias a base de exigir máximos rendimientos estrechamente relacionados con los movimientos técnicos efectivos, bien sea en el aspecto físico, técnico y táctico.<sup>7-10</sup> Según un estudio realizado, el tiro libre tiene una gran importancia en un partido de baloncesto, pues con dicha técnica deportiva se obtiene entre un 20 % al 25 % de los puntos del marcador.<sup>11</sup>

Las diferentes posiciones y distancias de posibilidad de tiro al aro no son los mismos para cada jugador; sin embargo, un tiro que en cualquier momento pueden enfrentar es el tiro libre.<sup>12,13</sup> La relación entre varios aspectos o factores como las características físicas y psicológicas producen cambios en todo el partido de baloncesto, esos cambios suelen manifestarse en relación al tiempo necesitado para ejecutar el movimiento técnico, aspecto enfatizado en los tiros libres.<sup>14,15</sup>

Lo anterior se puede verificar en estadísticas del juego, precisamente en el tiro libre medido en términos de porcentajes efectivos de un jugador, el cual puede decaer o mantenerse durante todo el partido. La literatura específica numerosas investigaciones cuyo campo de acción es el tiro libre del baloncesto, comparando diversos indicadores de influencias,<sup>8,9,16-20</sup> aunque existe la necesidad de establecer aún algunos supuestos relacionados con el control biomecánico de la preparación deportiva entre jugadores con años de práctica y principiantes, con vistas a observar un resultado entre eficacia y técnica adecuada entre los jugadores profesionales de supuesto mayor rendimiento motriz comparando con los principiantes.

En dicho sentido, los jugadores profesionales tienen un ángulo muy preciso de lanzamiento y un porcentaje de igualdad de posiciones mucho más estables,<sup>21,22</sup> que los principiantes. Además de lanzar en una posición más estable, existen otros estudios que determinan que los lanzamientos que se trabajan en los entrenamientos son principalmente de tipo estándar con salto y en carrera con bandeja, se practican en fases de ataque posicionales y como tiros libres, desde posiciones predominantemente situadas a la derecha de la pista, dentro de la zona restringida, y a distancias no superiores a 4m, en situaciones de 1x0 ó 1x1, obteniéndose una mayor eficacia a través de los tiros de 2 puntos.<sup>22</sup>

En estudios biomecánicos previos se ha observado que la posición técnicamente adecuada parte de un movimiento articulado del codo, con un movimiento en su ángulo de 90 grados, con los hombros totalmente relajados en la posición inicial, y para la posición final la articulación del codo debe tener unos 180 grados.<sup>23,24</sup>

Sin duda el ángulo de salida, la flexión de codo, el ángulo final y la extensión de codo están relacionados por el propio movimiento técnico característico del lanzamiento en tiros libre del baloncesto, si se alteran alguna fase del movimiento debe modificarse varios aspectos relacionados como la velocidad, la fuerza y la coordinación. Por ejemplo, en un estudio se analizó la relación entre el ángulo y la velocidad de salida con la distancia de lanzamiento, dando como resultado que un incremento de la distancia de lanzamiento determina una disminución del ángulo y una elevación de la velocidad de salida del balón.<sup>25</sup>

Sin embargo, la técnica correcta analizada desde el punto de vista biomecánico puede distorsionarse bajo ciertos factores, como es el caso de la influencia que ejerce la resistencia muscular, dado que atletas de mayor rendimiento competitivo posee un mayor grado de resistencia;<sup>26,27</sup> por lo cual, se infiere que al disminuir los niveles de resistencia se incrementa la descoordinación muscular y por ende los niveles de efectividad deportiva.

Por éste motivo, y dado la carencia de un estudio similar en el baloncesto ecuatoriano, el objetivo del estudio es analizar biomecánicamente los ángulos del brazo en la fase inicial y final como parte del tiro libre del baloncesto, así como la efectividad final del movimiento técnico, tanto en estado óptimo como en estado de fatiga.

## MÉTODOS

Se estudió una población de ocho basquetbolistas que formó parte de la selección profesional masculina de baloncesto del sector del Comité del Pueblo N°1, República del Ecuador.

Se ubicó a los deportistas en la banca y las pruebas se las realizaron individualmente de la siguiente manera:

- El deportista realizó, luego de finalizada la parte inicial de la unidad de entrenamiento (Calentamiento general y especial), un tiro al aro en estado óptimo. Midiendo la efectividad del movimiento técnico y el ángulo inicial y final del movimiento del brazo al instante de lanzar al aro un tiro libre.
- El deportista produjo un tiro al aro sin descanso (luego de recorrer 300m a máxima velocidad; Test de Mader). Prueba para el estado de fatiga, a la vez que se mide la efectividad en el tiro libre al aro (La efectividad es medida con dos valores; 1= Tiro acertado y 0 = tiro fallado).

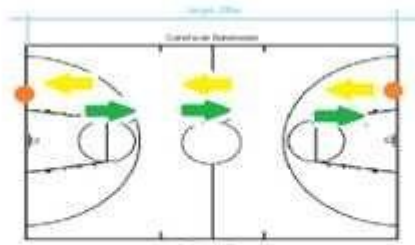
Se utilizó una herramienta de control biomecánico como el Software Kinovea, incluyendo una Cámara Sony con lente F2,8 de 24-200 mm RX10 para filmar la información de los movimientos, el Microsoft Excel 2013 en la tabulación de los datos, y el SPSS v23 para la aplicación de la estadística no paramétrica Prueba U de Mann-Whitney (no existió normalidad), bajo un nivel de significación igual o mayor al 95 por ciento de confiabilidad ( $p \leq 0,05$ ).

Se realizó la técnica del tiro en estado óptimo en baloncesto desde la zona de tiro libre según se indica en la [figura 1](#).



**Fig. 1.** Medidas de la cancha para el tiro libre en estado óptimo.

En la fase de estado de fatiga la posición de partido comenzó en el punto naranja (Fig. 2), empezó a correr los 300 metros a máxima velocidad e inmediatamente al finalizar lanza el tiro libre. El Test de Mader consistió en recorrer en ida y regreso 11 vueltas de inicio a fin sin descanso alguno, máxima velocidad en tramos de 28m, sumando 300m en total. A continuación, se realizó un tiro libre.



**Fig. 2.** Medidas de la cancha y prueba de tiro libre en estado de fatiga.

## RESULTADOS

En la [tabla 1](#) se observa que en el ángulo inicial en estado óptimo la media (M) se estableció en 61,25 grados, mientras que en estado de fatiga la media o promedio del ángulo del brazo se formó en 69,63 grados, siendo en un 8,38 grado mayor el ángulo del lanzamiento del balón en estado de fatiga.

En el caso de la fase en el ángulo final del brazo en estado óptimo se obtuvo un promedio o media de 177 grados, y en estado de fatiga los mismos jugadores estudiados obtuvieron un ángulo de 180,25 grados, siendo este último valor 3,25 grados mayor que el establecido en estado óptimo.

**Tabla 1.** Ángulos inicial y final en los lanzamientos en tiro libre Realizados en estado óptimo y de fatiga

	ESTADO ÓPTIMO		ESTADO EN FATIGA	
	Angulo inicial	Angulo final	Angulo inicial	Angulo final
1	41	190	44	181
2	63	176	73	188
3	72	160	76	159
4	40	178	50	181
5	66	177	76	187
6	74	175	84	181
7	66	175	76	180
8	68	185	78	185
M	61,25	177	69,63	180,25

La tabla 2 evidencia el nivel de efectividad de los sujetos estudiados en estado óptimo y en estado de fatiga, existiendo 6 aciertos y dos tiros libres fallados en estado óptimo, mientras que en estado de fatiga existió 1 solo tiro efectivo, fallando el resto de los tiros libres (7 tiros libres fallados).

**Tabla 2.** Efectividad en el tiro libre en estado óptimo y en estado de fatiga

No	EFECTIVIDAD EN EL TIRO LIBRE	
	Estado óptimo	Estado de Fatiga
1	1	0
2	0	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0
6	1	0
7	0	1
8	1	0

## DISCUSIÓN

Al comparar los distintos ángulos en la fase inicial del lanzamiento en tiro libre de los 8 sujetos estudiados, la Prueba U de Mann-Whitney determinó la existencia de diferencias significativas ( $p= 0,050$ ), indicando que el estado de fatiga al tener un mayor rango promedio (10,88) que el estado óptimo (6,13) genera una variación notable en el tiro libre del basquetbolista que podría influir en la efectividad del tiro libre y por ende del rendimiento individual y colectivo del equipo de baloncesto.

Seguidamente, el estudio de la fase final del lanzamiento del tiro libre también determinó un incremento del ángulo de lanzamiento en el brazo en una media de 3,25 grados, siendo este valor no significativo según la Prueba U de Mann-Whitney ( $p= 0,195$ ); por lo que quizás no influya la fase final del lanzamiento del balón en la efectividad del tiro libre de forma notable.

Por otra parte, el estudio de la efectividad del tiro libre, la cual es determinada por el encestó o no en el tiro libre realizado por cada sujeto estudiado, tanto en la prueba en estado óptimo como en la prueba en estado de fatiga (tabla 2), determinó al comparar dichas efectividades una diferencia significativa ( $p=0,038$ ) según la Prueba U de Mann-Whitney, obteniéndose un mayor rango promedio en el estado óptimo (11,00) que el estado de fatiga (6,00).

La aproximación al ángulo estándar de 90 grados para un lanzamiento de tiro libre es alcanzada a mayor medida en un estado de fatiga, tomando en cuenta que el lanzamiento del tiro libre es una destreza ya automatizada, el cual tiene que ejecutarse siempre de la misma forma en todas las repeticiones; la variación del ángulo de lanzamiento debería ser al mínimo. En tal sentido, se infiere que la fatiga es un condicionante que implica una disminución de la efectividad en los tiros libre del baloncesto; por lo cual, es útil realizar entrenamientos especializados que potencien la capacidad física de resistencia, teniendo presente el principio de especialización y especificidad en cada sujeto estudiado,<sup>28</sup> con vistas a mejorar la coordinación motriz

en miembros superiores, ayudando a estabilizar los ángulos de lanzamiento del balón, entre otros aspectos.

No obstante, se recomienda ampliar la investigación a una muestra mayor de sujetos de la misma categoría, evitando problemas de azar que repercutan en análisis menos acabados y concluyentes, además de estudiar otras variables que aleatoriamente podrían influir en la efectividad del tiro libre independientemente del estado de fatiga, como sería el caso de la fatiga mental específica, la atención, el tiempo del lanzamiento, la ansiedad, la concentración, la influencia de otras variables biomecánicas del movimiento como sería el caso del movimiento sincronizado de las piernas, las variaciones en la efectividad en la aplicación del test de efectividad del tiro libre en estado de entrenamiento o competición,<sup>8,9,16,22,24</sup>

## CONSIDERACIONES FINALES

El trabajo de resistencia para el caso del presente estudio influye de forma negativamente significativa en la fase inicial (estimada en ángulos) del lanzamiento del balón en los tiros libres del baloncesto, y no influye de forma significativa en la fase final del lanzamiento del balón. No obstante, se demuestra una variación negativamente significativa en la efectividad del tiro libre en el estado de fatiga, infiriendo una necesidad de implementar un entrenamiento especializado en el equipo de baloncesto, para estabilizar la biomecánica eficiente que incluya las fases estudiadas en el lanzamiento del balón como parte del tiro libre.

### Conflictos de intereses

Los autores declaran que no poseen ningún tipo de conflicto de intereses.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bartlett RM. Current issues in the mechanics of athletic activities. A position paper. *Journal of Biomechanics*. 1997;30(5):477-86.
2. León S, Calero S, Chávez E. *Morfología funcional y biomecánica deportiva*. 2nd ed. Quito: Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; 2016.
3. González-Catalá SA, Calero-Morales S. *Fundamentos psicológicos, biomecánicos e higiene y profilaxis de la lucha deportiva* Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; 2017.
4. Antonio S, Rodríguez Ruiz AR, Dávila L, Esteban L, Álava Magallanes G, Letamendi Lazo CA, et al. Fundamentos biomecánicos de la lucha deportiva. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 2017;36(3):1-10.

5. Puentes E, Calero S. Fundamentals for a biomechanical analysis of aikido. *Lecturas: educación física y deportes*. 2014 Marzo;18(190):1-13.
6. Schmidt RA. *Motor Learning and Performance from Principles to Practice* Illinois: Human Kinetics Publishers Inc.; 1991.
7. Lindberg F. *Baloncesto: juego y enseñanza* La Habana: Pueblo y Educación; 1983.
8. Flores IE, Morales SC, García MR, Cordova BS, Lavandero GC. Tiempo, ansiedad y concentración: influencia en la efectividad en tiros libres del baloncesto femenino. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 2018;37(1):1-14.
9. Calero S, Carrión NC, Ponce P. Incidence of attention in the effectiveness of free throws in school child basketball. *Revista Internacional de Deportes Colectivos*. 2016;26(2):101-20.
10. Clemente FM, González-Víllora S, Delextrat A, Martins FM, Vicedo JC. Effects of the Sports Level, Format of the Game and Task Condition on Heart Rate Responses, Technical and Tactical Performance of Youth Basketball Players. *Journal of human kinetics*. 2017;58(1):141-55.
11. Kozar B, Vaughn RE, Lord RH, Whitfield KE. Basketball free-throw performance: practice implications. *Journal of Sport Behavior*. 1995;18(2):123.
12. Özkaya N, Leger D, Goldsheyder D, Nordin M. *Fundamentals of biomechanics: equilibrium, motion, and deformation*. 4th ed.: Springer; 2016.
13. Knudson D. *Fundamentals of biomechanics USA*: Springer Science & Business Media; 2007.
14. Beltrán O. *1250 ejercicios y juegos en baloncesto* Barcelona: Paidotribo; 1992.
15. Sánchez FA, Romero E. Algunos índices antropométricos generales para detectar posibles talentos en diferentes deportes en Ecuador. *Lecturas: educación física y deportes*. 2018 Julio; 23(242):108-20.
16. Alarcón F, Ureña N, Cárdenas D. La fatiga mental deteriora el rendimiento en el tiro libre en baloncesto. *Revista de psicología del deporte*. 2017;26(1):33-6.
17. Orbe OA, Olmedo GT, Rodríguez JP, Machado MF, Bustamante MP. Influence of attention on the effectiveness in free throws of pre-juvenile basketball team. *Lecturas: educación física y deportes*. 2018;23(239):39-48.
18. Gutiérrez MC, Castellanos PM. Design and validation of a system for improving the effectiveness of basketball players: a biomechanical analysis of the free throw. In 2018 IX International Seminar of Biomedical Engineering (SIB); Bogota: IEEE. 2018, May:1-8.
19. Ibáñez SJ, Santos JA, García J. Multifactorial analysis of free throw shooting in eliminatory basketball games. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2015;15(3):897-912.



20. Garzón Echevarría B, Lapresa Ajamil D, Anguera Argilaga MT, Arana Idiákez J. Del minibasket al baloncesto: Efectos de la actual configuración reglamentaria en el patrón técnico de lanzamiento de tiro libre. *Revista de Psicología del Deporte*. 2014;23(1):77-85.
21. Hernández-Davó H, Urbán T, Morón H, Reina Vaillo R, Moreno FJ. Efecto de la práctica variable sobre la precisión del tiro libre en baloncesto en jóvenes jugadores. *Kronos*. 2014;13(1):10.
22. Arias JL, Juan LA. Análisis comparativo del lanzamiento a canasta durante el entrenamiento y la competición en un equipo de baloncesto infantil. *Lecturas: educación física y deportes*. 2006 agosto; 11(99):1-14.
23. Tolosa M. *Práctica 4, Biomecánica de las técnicas deportivas* Toledo: Ciencias de la actividad física y el deporte; 2011.
24. Garrido S, Mardones M. Análisis biomecánico de la técnica de tiro libre en básquetbol. *Lecturas: educación física y deportes*. 2016 Mayo;21(216):1-5.
25. Rojas FJ, Sánchez A, Cepero M, Soto VM, Gutiérrez M. Diferencias biomecánicas entre jugadores principiantes y de alto rendimiento en el lanzamiento en salto en baloncesto. *Biomecánica: Órgano de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales*. 2000 Diciembre;8(1):3-14.
26. González Suárez ÁM. Procesamiento cognitivo en la actividad deportiva de resistencia. *Revista de Psicología del Deporte*. 1996;5(2):0007-018.
27. Christou M, Smilios I, Sotiropoulos K, Volaklis K, Pilianidis T, Tokmakidis SP, et al. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2006;20(4):783-91.
28. Calero Morales S. Optimización del proceso de dirección del entrenamiento en deportes de cooperación-oposición. Proyecto de Investigación (Senescyt). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Educación Física, Deportes y Recreación (FEDER); 2014.

Recibido: 10 de junio de 2017.

Aprobado: 11 de julio de 2017.

*Edgardo Romero Frómeta*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Ecuador.  
Correo electrónico: [eeromero4@espe.edu.ec](mailto:eeromero4@espe.edu.ec)