



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**FIABILIDAD DE KINOVEA COMO UN SISTEMA DE BAJO COSTO PARA ANALIZAR  
PARÁMETROS BIOMECÁNICOS EN ATLETAS DE VOLEIBOL**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:**

**INGENIERO EN BIOMÉDICA**

**PRESENTADO POR:**

**22011258 FERNANDO DANIEL PAVÓN ESCOBAR**

**ASESOR: KARLA REYES**

**UNITEC SPS**

**ABRIL, 2024**

## **DEDICATORIA**

Esta dedicatoria va primeramente a Dios, quien en me dio las fuerzas para poder culminar esta etapa. Igualmente, deseo dedicarle este logro a mi mamá, mi papá y hermana quienes fueron mi motor a lo largo de esta etapa, a quienes les debo lo que soy, quienes con todo su aprecio y amor supieron guiarme hacia adelante.

- FERNANDO PAVÓN

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme permitido llegar hasta acá y nunca abandonarme en este camino. De igual manera a mis padres que con mucho esfuerzo y sacrificio nunca me dejaron de apoyar. A mis amigos que siempre me apoyaron y me animaron a nunca rendirme y confiaron en mí a lo largo de este proceso.

-FERNANDO PAVÓN

## RESUMEN EJECUTIVO

La importancia del remate y el bloqueo en el voleibol subraya la necesidad de abordar tanto la optimización del rendimiento como la prevención de lesiones en estos movimientos esenciales. En este contexto, la investigación se centra en explorar cómo herramientas accesibles como Kinovea pueden impulsar los avances en el estudio biomecánico sin verse limitadas por restricciones presupuestarias. Es por ello que el objetivo principal es evaluar la eficacia de Kinovea como una herramienta de análisis biomecánico específicamente en el remate y el bloqueo, buscando mejorar el rendimiento deportivo y reducir el riesgo de lesiones asociadas con estas acciones fundamentales en el voleibol. Se utilizó una muestra no probabilística de trece jugadoras prejuveniles del equipo nacional de Honduras, seleccionadas según criterios específicos y con consentimiento informado. La adquisición de datos se realizó con cámaras iPhone 12 Pro, capturando movimientos a alta resolución para un análisis detallado. Las técnicas de remate y bloqueo se ejecutaron desde posiciones estáticas en un entorno controlado. Los datos se procesaron en Kinovea para analizar parámetros biomecánicos y cinemáticos, como la abducción del hombro y la extensión de cadera, y se realizaron pruebas de normalidad y correlación. Los resultados mostraron la influencia de variables biomecánicas específicas en la altura máxima y la aceleración del remate. Estos hallazgos ofrecen información relevante para la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones en voleibol, beneficiando tanto a entrenadores como a jugadores. En conclusión, este estudio resalta el potencial de Kinovea como una herramienta económica y efectiva para el análisis biomecánico en deportes, proporcionando una alternativa accesible para optimizar el rendimiento y reducir el riesgo de lesiones en atletas de voleibol.

**Palabras clave: Voleibol, Biomecánica, Kinovea, Remate, Bloqueo, Rendimiento Deportivo.**

## **ABSTRACT**

The importance of spiking and blocking in volleyball underscores the need to address both performance optimization and injury prevention in these essential movements. In this context, the research focuses on exploring how accessible tools such as Kinovea can drive advances in biomedical accessible tools such as Kinovea can drive advances in biomechanical study without being without being limited by budgetary constraints. That is why the main objective is to evaluate the effectiveness of Kinovea as a biomechanical analysis tool specifically in spiking and blocking, seeking to improve sport performance and reduce the risk of injuries associated with these fundamental actions in volleyball. A non-probabilistic sample of thirteen pre-juvenile players of the Honduran national team, selected according to specific criteria and with informed consent, was used. Data acquisition was performed with iPhone 12 Pro cameras, capturing movements at high resolution for detailed analysis. Spiking and blocking techniques were executed from static positions in a controlled environment. Data were processed in Kinovea to analyse biomechanical and kinematic parameters, such as shoulder abduction and hip extension, and normality and correlation tests were performed. The results showed the influence of specific biomechanical variables on maximum height and backstroke acceleration. These findings offer relevant information for performance improvement and injury prevention in volleyball, benefiting both coaches and players. In conclusion, this study highlights the potential of Kinovea as an economical and effective tool for biomechanical analysis in sports, providing an accessible alternative to optimize performance and reduce the risk of injury in volleyball athletes.

**Keywords: Volleyball, Biomechanics, Kinovea, Spiking, Blocking, Sports Performance.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ESTADO DEL ARTE.....	3
2.1	ANTECEDENTES.....	3
2.2	PROBLEMÁTICA.....	20
2.3	IMAGEN INTEGRADORA.....	21
2.4	LIMITACIONES.....	23
I.	OBJETIVOS.....	25
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	25
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
II.	MÉTODOS.....	26
2.1	OBJETIVO DEL MÉTODO.....	26
2.2	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	26
2.2.1	VARIABLE DEPENDIENTE.....	26
2.2.2	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	27
2.3	RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO.....	30
2.3.1	TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN.....	31
2.3.1.1	ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	31
2.3.1.1.1	RECOLECCIÓN DE DATOS ANTROPOMÉTRICOS.....	31
2.3.1.1.2	CÁMARA.....	31
2.3.1.1.3	KINOVEA.....	32
2.3.1.1.4	TRÍPODE.....	32

2.3.1.1.5	MARCADORES REFLECTIVOS .....	32
2.4	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	33
2.5	METODOLOGÍA DE ESTUDIO .....	33
2.6	METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN .....	34
2.7	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	35
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	36
3.1	DATOS RECOPIADOS .....	36
3.2	ADQUISICIÓN DE LAS VARIABLES NUMÉRICAS .....	44
3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	56
3.4	DISCUSIÓN.....	96
IV.	CONCLUSIONES .....	100
V.	RECOMENDACIONES.....	101
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	102

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1. Características de los participantes por experiencia.....</b>	<b>4</b>
<b>Tabla 2. Protocolos de adquisición de datos.....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 3. Limitantes de estudios pasados .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 4. Variables independientes .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 5. Cronograma de actividades .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 6. Datos antropométricos recolectados .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 7. Variables analizadas .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 8. Variables biomecánicas: Fase de aproximación.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 9. Variables biomecánicas: Fase de batida .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 10. Variables biomecánicas: Fase de preparación del golpeo.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 11. Variables biomecánicas: Fase de golpeo .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 12. Variables biomecánicas: Fase de caída .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 13. Variables adicionales calidad del gesto técnico del Remate .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 14. Variables biomecánicas: Gesto técnico de bloqueo.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 15. Variables adicionales calidad del gesto técnico del Bloqueo .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 16. Resumen estadística descriptiva variables antropométricas.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 17. Resumen estadística descriptiva variables biomecánicas (Remate) ..</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 18. Resumen estadística descriptiva variables biomecánicas (Bloqueo).60</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 19. Resumen de Prueba de Normalidad para variables del remate .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 20. Resumen de Prueba de Normalidad para variables del bloqueo .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 21. Resumen de Correlación de Pearson para AMR .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 22. . Resumen de Correlación de Pearson para aceleración .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 23. Resumen de Correlación de Pearson para Variables dependientes ...</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 24. Resumen de Correlación de Pearson para Fase de caída con AMR....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 25. Resumen de Correlación de Pearson para Aceleración.....</b>	<b>80</b>

<b>Tabla 26. Resumen de Correlación de Pearson para Altura Máxima del Remate</b>	83
<b>Tabla 27. Resumen de Correlación de Pearson para Fuerza del Brazo</b>	85
<b>Tabla 28. Resumen de Correlación de Pearson para Profundidad de Sentadilla</b>	89
<b>Tabla 29. Resumen de Correlación de Pearson para Distancia de Recorrido</b>	92
<b>Tabla 30. Resumen de Correlación de Pearson para Altura Máxima del Bloqueo</b>	94

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1. Imagen integradora</b>	22
<b>Ilustración 2. Histograma Abducción máxima del Hombro Fase 1</b>	53
<b>Ilustración 3. Histograma Abducción máxima del Hombro Fase 2</b>	53
<b>Ilustración 4. Histograma Abducción máxima del Hombro Fase 3</b>	54
<b>Ilustración 5. Histograma Abducción máxima del Hombro Fase 4</b>	55
<b>Ilustración 6. Histograma extensión máxima de cadera Fase 1</b>	55
<b>Ilustración 7.. Histograma Extensión máxima de cadera Fase 2</b>	56
<b>Ilustración 8. diagramas de caja de variables antropométricas</b>	58
<b>Ilustración 9. Gráfica de dispersión de AMR vs. Extensión máxima de cadera Fase 1</b>	62
<b>Ilustración 10. Gráfica de dispersión de AMR vs. Abducción máxima del hombro Fase 1</b>	63
<b>Ilustración 11. Gráfica de dispersión de AMR vs. Extensión máxima de cadera Fase 2</b>	64
<b>Ilustración 12. Gráfica de dispersión de AMR vs. Abducción máxima del hombro Fase 2</b>	65

<b>Ilustración 13. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Abducción máxima del hombro Fase 1</b> .....	66
<b>Ilustración 14. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Extensión máxima de cadera Fase 1</b> .....	67
<b>Ilustración 15. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Abducción máxima del hombro Fase 2</b> .....	68
<b>Ilustración 16. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Extensión máxima de cadera Fase 2</b> .....	69
<b>Ilustración 17. . Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Abducción máxima del hombro Fase 3</b> .....	70
<b>Ilustración 18. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Flexión del brazo Fase 3</b> .....	71
<b>Ilustración 19. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Abducción máxima del hombro Fase 4</b> .....	72
<b>Ilustración 20. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Flexión del brazo Fase 4</b> .....	73
<b>Ilustración 21. Gráfica de dispersión de Altura máxima del Remate vs. Experiencia</b> .....	74
<b>Ilustración 22. Gráfica de dispersión del Tiempo Total del Remate vs. Experiencia</b> .....	75
<b>Ilustración 23. Gráfica de dispersión de Fuerza del Brazo vs. Experiencia</b> .....	75
<b>Ilustración 24. Gráfica de dispersión de Flexión máxima del tronco vs. Altura máxima del Remate</b> .....	77
<b>Ilustración 25. Gráfica de dispersión de Flexión máxima del tobillo izquierdo vs. Altura máxima del Remate</b> .....	77
<b>Ilustración 26. Gráfica de dispersión de Flexión máxima del tobillo derecho vs. Altura máxima del Remate</b> .....	78

<b>Ilustración 27. Gráfica de dispersión de Flexión máxima de la rodilla vs. Altura máxima del Remate</b> .....	79
<b>Ilustración 28. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Longitud de brazo (plg.)</b> .....	80
<b>Ilustración 29. Gráfica de dispersión de Altura Máxima del Remate vs. Longitud de pierna</b> .....	81
<b>Ilustración 30. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Altura</b> .....	81
<b>Ilustración 31. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Peso</b> .....	82
<b>Ilustración 32. Gráfica de dispersión de Altura Máxima del Remate vs. Longitud de pierna</b> .....	83
<b>Ilustración 33. Gráfica de dispersión de Altura Máxima del Remate vs. Altura</b> .....	84
<b>Ilustración 34. Gráfica de dispersión de Altura Máxima del Remate vs. Peso</b> ..	84
<b>Ilustración 35. Gráfica de dispersión de Fuerza del Brazo vs. Altura</b> .....	86
<b>Ilustración 36. Gráfica de dispersión de Fuerza del Brazo vs. Peso</b> .....	86
<b>Ilustración 37. Gráfica de dispersión de Fuerza del Brazo vs. Longitud de la Pierna</b> .....	87
<b>Ilustración 38. Gráfica de dispersión de Fuerza del Brazo vs. Longitud del Brazo</b> .....	88
<b>Ilustración 39. Gráfica de dispersión de PS vs. FMR</b> .....	89
<b>Ilustración 40. Gráfica de dispersión de PS vs. FMT</b> .....	90
<b>Ilustración 41. Gráfica de dispersión de PS vs. Experiencia</b> .....	90
<b>Ilustración 42. Gráfica de dispersión de Altura Máxima del Salto vs. Profundidad de Sentadilla</b> .....	91
<b>Ilustración 43. Gráfica de dispersión de Distancia Recorrida vs. FMR</b> .....	92
<b>Ilustración 44. Gráfica de dispersión de Distancia Recorrida vs. FMT</b> .....	93
<b>Ilustración 45. Gráfica de dispersión de AMS vs. FMR</b> .....	94

<b>Ilustración 46. Gráfica de dispersión de AMS vs. FMT .....</b>	<b>95</b>
<b><i>Ilustración 47. Gráfica de dispersión de AMS vs. Experiencia .....</i></b>	<b>95</b>

## LISTA DE SIGLAS

**AMR:** Altura máxima del remate

**ANOVA:** Análisis de varianza

**EMG:** Electromiografía

**FMRP - USP:** Facultad de Medicina de Ribeirão Preto de la Universidad de São Paulo

**ICC:** Coeficientes de correlación intraclase

**LARF:** Laboratorio de Recursos Fisioterapéuticos

**LCA:** Ligamento cruzado anterior

**SEM:** Error estándar de medida

**SPM:** Mapeo estadístico paramétrico

**USP:** Universidad de São Paulo

## I. INTRODUCCIÓN

La biomecánica deportiva es una disciplina que se enfoca en el estudio de las fuerzas y los movimientos del cuerpo humano durante la práctica deportiva (Stergiou, 2020). El comprender la biomecánica dentro de una de estas disciplinas da lugar a la mejora continua del rendimiento atlético, la prevención de lesiones y la optimización de la eficiencia en la ejecución de movimientos específicos los cuales llegan a ser esenciales en el desarrollo de estas actividades (Guevara & Berlioz, 2023; McErlain-Naylor et al., 2021; Preatoni et al., 2022).

En el contexto del análisis cinemático en Latinoamérica, la aplicación de técnicas avanzadas para estudiar el movimiento humano ha experimentado un crecimiento significativo en la región a pesar de presentar desafíos principalmente por el costo elevado que corresponde a la adquisición de tecnologías de análisis avanzados (Diaz, 2023).

La adquisición de datos, como el sistema VICON, ha sido tradicionalmente utilizados en la investigación biomecánica (Zeng et al., 2021). Estos sistemas de captura de movimiento brindan una precisión y calidad superior, pero su alto costo limita su accesibilidad para muchos investigadores y organizaciones en América Latina. La búsqueda de alternativas asequibles y que presenten una efectividad similar al de estos sistemas de captura de movimiento se ha convertido en una tarea imprescindible para ampliar el alcance de los estudios biomecánicos en la región.

En este contexto, Kinovea ha surgido como una herramienta de análisis de bajo costo que tiene el potencial de lograr ese acceso a todo público de manera gratuita al análisis biomecánico (Chan et al., 2022; Roggio et al., 2021). Aunque no puede igualar la precisión de sistemas costosos, Kinovea ofrece una alternativa viable para estudios avanzados, especialmente en entornos con restricciones presupuestarias.

Una vez dicho esto, con el propósito de poder realizar el análisis cinemático aplicado a un deporte sin tomar en cuenta el presupuesto, es fundamental explorar cómo las herramientas de bajo costo como Kinovea, pueden contribuir al avance de la investigación biomecánica. Esta investigación busca evaluar la precisión y fiabilidad de Kinovea como una

herramienta accesible, proporcionando una perspectiva valiosa sobre su utilidad y aplicabilidad en los países latinoamericanos.

Aplicando este enfoque de análisis cinemático y así lograr validar el uso del software para futuras aplicaciones, el proyecto de investigación se enfocará en el voleibol y sus movimientos característicos, como el remate y el bloqueo. Estos movimientos en el juego de voleibol llegan a ser de gran importancia dentro del juego, el comprender la biomecánica involucrada en estas ejecuciones llega a ser esencial para mejorar el rendimiento de los jugadores y minimizar el riesgo de lesiones. La investigación se centra en el voleibol como un caso de estudio específico para evaluar la eficacia de Kinovea en el análisis de movimientos complejos y rápidos propios de este deporte.

El documento será compuesto por seis capítulos. En el segundo capítulo, abordará los estudios ya realizados sobre el análisis biomecánico de estas y más ejecuciones en el voleibol hasta la fecha, de igual manera se abordarán las limitaciones que algunos estudios han presentado en el transcurso de la investigación. En el tercer capítulo se mostrará el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto. En el capítulo cuatro, será descrita la metodología empleada para poder llevar a cabo el proyecto. En el quinto capítulo serán presentados los resultados obtenidos, mostrando los datos que han sido recolectados. Por último, en el sexto capítulo se presentarán las conclusiones obtenidas para futuras investigaciones.

## **II. ESTADO DEL ARTE**

En esta sección se llevó a cabo una revisión bibliográfica logrando así consolidar una base teórica para la investigación. para ello se inició un análisis de la situación actual de la biomecánica deportiva y su aplicación en el voleibol, así como sus limitaciones que han presentado diversos estudios a lo largo de los años logrando examinar cómo estas herramientas han sido aplicadas en el contexto deportivo, específicamente en el voleibol, para potenciar la investigación biomecánica en este deporte.

### **2.1 ANTECEDENTES**

El avance tecnológico en el análisis biomecánico y la influencia que este presenta al ser empleada en disciplinas como el voleibol para la mejora en la ejecución de movimientos para un mejor desarrollo en la práctica deportiva ha dado lugar a investigaciones a nivel mundial a lo largo de los años. En el siguiente apartado se describe como el análisis de la biomecánica ha sido empleada en este deporte. De igual manera se proporcionan detalles sobre la aplicación de softwares de análisis biomecánico y cinemático en el estudio del desempeño deportivo de los deportistas.

La integración de softwares para el análisis biomecánico en la medicina deportiva logra revolucionar la manera en la que se pueden evaluar los deportistas gracias a la extracción de datos por medio de ordenadores lo cual ha demostrado la capacidad de generar registros fiables y analizar patrones de movimiento en ejecuciones deportivas. Esto da como objetivo principal el evaluar los movimientos realizados por los deportistas con el fin de prevenir lesiones ya sea en partidos o entrenamientos realizados debido a la mala ejecución.

El estudio realizado por Garcia et al.,(2022) tuvo como objetivo principal la comparación cinemática y cinética de la extremidad inferior entre jugadores expertos y novatos. Este estudio se realizó con un total de 30 participantes, 15 jugadores experimentados y 15 novatos. La media de experiencia de los jugadores experimentados rondaba en 20 años, mientras que los jugadores novatos tenían una media de 2 años de experiencia.

**Tabla 1. Características de los participantes por experiencia**

	<b>Grupo experimentado</b>	<b>Grupo novato</b>	<b>Valor p</b>
Participantes (n)	15	15	-
Edad (años)	28.7	27.6	0.692
Altura (m)	1.8	1.8	0.118
Peso (Kg)	80.5	75.7	0.147
Entrenamiento (h/semana)	6.5	Ninguno	-
Experiencia (años)	14.0	Ninguno	-

Fuente: (Garcia et al., 2022)

Para esto se les indicó a los participantes realizar dos tipos de saltos, un salto de bloqueo y un salto de remate. Los saltos de bloqueo fueron realizados hacia una placa de fuerza de 60×40 cm, mientras que el remate se ejecutó hacia una placa de fuerza de 90×60 cm. Los datos se recopilaron utilizando un sistema de captura de movimiento de tres dimensiones, en el cual se les colocó 55 marcadores reflectivos a los participantes con un diámetro de 14 mm, esto con el fin de facilitar la detección del movimiento por medio de un sistema de análisis compuesto por 16 cámaras y 4 placas de fuerza para poder recoger la información de las trayectorias de los marcadores.

Una vez recolectada la información, la cinemática articular y los momentos fueron calculados utilizando un modelo musculoesquelético de cuerpo entero con 42 grados de libertad y 92 actuadores musculares del software OpenSim v4.0. Se ajustó la dimensión de cada participante y ángulos de las articulaciones de las extremidades inferiores al modelo a partir de los datos de las coordenadas de los marcadores utilizando la herramienta de cinemática inversa de OpenSim, calculando los momentos en plano frontal. Los momentos articulares netos se calcularon con la herramienta inversa de OpenSim combinando los datos cinemáticos y cinéticos.

Con los resultados se observó que los jugadores experimentados presentaban una cinemática y cinética del aterrizaje más eficiente que los jugadores novatos, esto debido a que se presentaron diferencias considerables con respecto a la extensión de la rodilla y cadera a la hora del aterrizaje, ayudando a reducir las fuerzas de impacto sobre las extremidades inferiores. El estudio sugiere que los jugadores con mayor experiencia

presentan una mejor técnica de aterrizaje que los novatos ayudando a reducir el riesgo de lesiones.

En el estudio realizado por Chen et al.,(2022) se buscó comparar la biomecánica de la articulación de la rodilla durante el aterrizaje en tres distintas acciones. Para ello se realizaron simulaciones con el software OpenSim utilizando modelos biomecánicos de 14 jugadoras de voleibol femeninas del Instituto de Deportes de Nanjing. A cada una se les colocó 28 marcadores reflectivos de 14 mm para caracterizar los puntos de referencia anatómicos óseos. La trayectoria de los marcadores durante el proceso de aterrizaje fue procesada por 12 cámaras con sistema de captura de movimiento Vicon y dos plataformas de fuerza tridimensional las cuales capturaron de forma sincrónica la señal de fuerza dinámica de reacción al suelo junto al sistema de captura de movimiento.

Los modelos musculoesqueléticos de las atletas se utilizaron para simular tres tipos de aterrizajes:

- Aterrizando con la rodilla extendida (EL): las atletas aterrizaron con la rodilla extendida al máximo. Se les indicó a las participantes que saltaran hacia delante desde un bloque de 30 cm de altura con los brazos en alto y aterrizaran con los pies en dos plataformas de fuerza separadas.
- Aterrizando con la rodilla ligeramente flexionada (FL): las atletas aterrizaron con la rodilla flexionada ligeramente, aproximadamente a 30 grados. se indicó que realizaran un salto vertical máximo de forma coherente.
- Aterrizando con la rodilla flexionada (LF): las atletas aterrizaron con la rodilla flexionada en un ángulo de 60 grados. El bloque estaba a 70 cm de la plataforma de fuerza. Los participantes debían aterrizar en el centro de la plataforma de fuerza y realizar un salto vertical máximo tras el primer aterrizaje.

El análisis estadístico se lleva a cabo utilizando herramientas como el análisis de varianza (ANOVA), pruebas post hoc y mapeo estadístico paramétrico (SPM) para comparar los resultados biomecánicos de las diferentes acciones de aterrizaje. Los resultados mostraron diferencias significativas en los ángulos articulares, momentos articulares y

fuerzas musculares entre las distintas acciones de aterrizaje, lo que proporciona información relevante sobre el riesgo relativo de lesión del LCA en cada acción. En particular, el estudio reveló que la acción de aterrizaje frontal produce las mayores fuerzas de impacto en la rodilla, mientras que la acción de aterrizaje lateral genera fuerzas de impacto intermedias y la acción de aterrizaje con zancada genera las menores fuerzas de impacto. Estos hallazgos sugieren que la acción de aterrizaje con zancada es la más beneficiosa para la rodilla, ya que contribuye a reducir las fuerzas de impacto y, por ende, podría disminuir el riesgo de lesiones. Además, el estudio tiene implicaciones prácticas para el entrenamiento de voleibol, ya que los entrenadores pueden emplear estos resultados para instruir a las jugadoras sobre la técnica de aterrizaje con zancada.

La investigación realizada por Ceballos-Laita et al., (2023) tuvo como objetivo analizar la validez y fiabilidad de una aplicación móvil en fase beta basada en visión artificial para medir el ángulo de valgo de la rodilla en jugadores de balonmano. Participaron 42 jugadores, con un promedio de 25 años y una altura promedio de 1,75 m. El método de análisis implicaba una aplicación beta basada en visión por computadora. El proceso incluyó tomar una foto frontal durante una sentadilla con una pierna, colocar marcadores en puntos anatómicos específicos (espina ilíaca anterosuperior, punto medio de la rótula y tuberosidad tibial anterior) y luego utilizar la aplicación beta para calcular el ángulo de valgo de la rodilla. Dos examinadores realizaron mediciones en el inicio y una semana después para evaluar la fiabilidad test-retest, y un tercer examinador evaluó el ángulo de valgo de la rodilla utilizando el software 2D Kinovea para determinar la validez concurrente. La aplicación de visión artificial utilizó una cámara infrarroja para rastrear las posiciones de los marcadores colocados en las extremidades de los participantes. El sistema de captura de movimiento utilizó 10 cámaras infrarrojas para rastrear las posiciones de los marcadores colocados en las extremidades de los participantes. Los datos fueron analizados utilizando análisis estadístico por lo que se incluyó una correlación entre los valores de ángulo de valgo de la rodilla medidos por la aplicación de visión artificial y el sistema de captura de movimiento y el error estándar de medida (SEM) del ángulo de valgo de la rodilla medido por la aplicación de visión artificial.

Los resultados indicaron una excelente fiabilidad para ambos examinadores, con coeficientes de correlación intraclase (ICC) que oscilaron entre 0,859 y 0,933. La fiabilidad entre examinadores mostró un ICC moderado de 0,658. La validez concurrente con el software Kinovea fue fuerte ( $r = 0,931$ ). La correlación entre los valores de ángulo de valgo de la rodilla medidos por la aplicación de visión artificial y el sistema de captura de movimiento fue alta ( $r = 0,97$ ). El SEM del ángulo de valgo de la rodilla medido por la aplicación de visión artificial fue de 2,2 grados.

Ueno et al., (2021) en su estudio buscaba investigar el efecto de la contracción de los isquiotibiales en la magnitud y el tiempo de la carga máxima del ligamento cruzado anterior (LCA) durante el salto vertical de caída en atletas femeninas. Para ello se contó con la participación de 13 jugadoras femeninas de voleibol de entre 14-16 años con un promedio de altura de 1.70 m. Cada una de ellas realizó 3 ejecuciones de salto vertical desde una caja de 30 cm de altura. Se colocaron 35 marcadores reflectivos sobre los electrodos de electromiografía (EMG) ubicados en la pierna derecha de las participantes para recolectar los datos junto a un sistema de captura de movimiento y telemetría EMG de superficie.

Posteriormente se utilizaron simulaciones en OpenSim, un software de modelado musculoesquelético, para estimar la cinemática de las articulaciones y las fuerzas musculares durante los aterrizajes. Se realizó un análisis estadístico para comparar las cargas en el ACL bajo diferentes condiciones. Se utilizaron pruebas estadísticas como la prueba de Friedman y la prueba de comparación múltiple de Nemenyi.

Los resultados del estudio mostraron que la contracción de los isquiotibiales redujo significativamente la magnitud de la carga máxima del LCA durante el aterrizaje del salto vertical de caída. Además, la contracción de los isquiotibiales retrasó el tiempo de la carga máxima del LCA. Además, sugieren que la contracción de los isquiotibiales puede ser una estrategia eficaz para reducir el riesgo de lesiones del LCA en atletas femeninas.

De igual manera para otra investigación se estudiaron los efectos de diferentes condiciones de carga en la biomecánica de las extremidades inferiores durante la zancada en cuclillas en hombres novatos. Para lo que se contó con 14 hombres (edad:  $22,7 \pm 1,6$

años, altura:  $1,72 \pm 0,05$  m, peso:  $73,17 \pm 0,02$  kg, IMC:  $24,89 \pm 1,52$  kg/m<sup>2</sup> longitud de las piernas:  $0,86 \pm 0,04$  m, anchura de hombros:  $0,41 \pm 0,03$  m) principiantes en atletismo. Se seleccionó la pierna dominante por preferencia para el desarrollo del estudio. A los participantes seleccionados se buscó que no presentaran lesiones en la pierna dominante 6 meses antes de la prueba, de igual manera se les prohibió la ingesta de cualquier tipo de alcohol y cafeína durante las 24 horas previas al desarrollo de la adquisición de datos. Todos utilizaron el mismo estilo de zapato para evitar alteración en los datos. Para este experimento se colocaron un total de 41 marcadores reflectantes de 14 mm de diámetro los cuales fueron útiles para la captura de movimiento del participante utilizando un sistema de captura de movimiento Vicon de ocho cámaras. Simultáneamente se utilizó una placa de fuerza 3D de Kistler para registrar la fuerza de reacción del suelo a 200 Hz y 1000 Hz (Gao et al., 2022).

Los participantes realizaron sentadillas con zancada al 70% de la longitud de la pierna de cada participante realizando el ejercicio seis veces por condición (sin carga, 25% del peso corporal, 50% del peso corporal) de cada uno dando un total de 18 ejecuciones.

Se midió el ángulo de flexión máxima (PFA) y el rango de movimiento (ROM) en los planos sagitales durante el movimiento de la sentadilla con estocada. Se analizaron los momentos en las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo para comprender las fuerzas y la influencia de los diferentes tipos e intensidades de carga en estas articulaciones. Se examinó cómo varía el centro de presión bajo diferentes condiciones de carga y cómo esto afecta la estabilidad y la distribución del peso durante la sentadilla con estocada.

Los resultados del estudio mostraron que el aumento de la carga de peso durante la zancada en cuclillas provocó un aumento de la profundidad de la zancada, la extensión de la cadera y la rodilla, un aumento de la flexión del tronco y la fuerza de reacción del suelo. Además, el aumento de la carga de peso retrasó el tiempo de contacto con el suelo. Sugieren que el aumento de la carga de peso puede ser una estrategia eficaz para aumentar la fuerza y la potencia de las extremidades inferiores durante la zancada en cuclillas.

Un estudio realizado por el departamento de salud y ciencia de la Universidad de São Paulo (USP) el cual tuvo como objetivo evaluar la precisión y fiabilidad del uso de un

smartphone y el software Kinovea en comparación con una plataforma de fuerza como método de análisis del salto vertical. Para ello, los participantes fueron reclutados a través de las redes sociales y carteles en el campus universitario. La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Recursos Fisioterapéuticos (LARF) de la Facultad de Medicina de Ribeirão Preto de la Universidad de São Paulo (FMRP-USP). El tiempo de evaluación se estableció según la disponibilidad del participante para acudir al lugar de recogida (Caseiro-Filho et al., 2023).

El estudio contó con 46 participantes voluntarios. Los participantes eran hombres sanos con una edad media de  $24,65 \pm 3,80$  años, un peso de  $85 \pm 16,90$  kg, una altura de  $1,76 \pm 0,07$  m, y un índice de masa corporal de  $27,25 \pm 4,61$  kg/m<sup>2</sup>. Los participantes no tenían lesiones musculoesqueléticas ni cardiopulmonares en las extremidades inferiores en los últimos 3 meses. Los participantes también podían realizar pruebas de salto vertical. Los datos fueron recolectados por un evaluador experimentado, junto a dos evaluadores con experiencia previa en análisis de video y manipulación del software Kinovea, Los saltos se realizaron en el siguiente orden: salto bipodal, salto unipodal utilizando la extremidad dominante y salto unipodal con la extremidad no dominante.

Se grabaron vídeos del salto vertical utilizando un teléfono Motorola Moto X4. Estos vídeos fueron analizados utilizando el software Kinovea para medir el tiempo de vuelo, tiempo de impulso y calcular la altura máxima alcanzada durante el salto. El estudio comparó la precisión, confiabilidad y reproducibilidad de estos métodos de medición para evaluar los parámetros biomecánicos mencionados. Los resultados mostraron discrepancias entre evaluadores, pero se observó mayor reproducibilidad intraevaluador, especialmente en la medición del tiempo de vuelo. Además, se concluyó que el análisis del tiempo de vuelo de los saltos bipodales se puede realizar de manera confiable utilizando el sistema Kinovea de un teléfono inteligente, siempre y cuando sea analizado por un solo evaluador.

El estudio también encontró que el sistema de adquisición de bajo coste es preciso y fiable para evaluar la altura del salto vertical. La correlación entre los valores de altura del salto vertical medidos por los dos métodos fue alta ( $r = 0,97$ ). El SEM de la altura del salto vertical medida por el sistema de adquisición de bajo coste fue de 2,5 cm. Sin embargo, el

análisis no respaldó el uso del teléfono inteligente para el análisis del movimiento en saltos unipodales.

Rabin et al., (2018) en su estudio el cual se enfocó en explorar la asociación entre la evaluación visual análisis bidimensional del movimiento de la rodilla en el plano frontal y el movimiento de cadera y rodilla en el plano sagital durante una tarea de salto-aterriaje entre atletas femeninas sanas. Contó con la participación de 39 jugadoras de voleibol femeninas (edad:  $21.0 \pm 5.2$  años, altura:  $172.0 \pm 8.6$  cm, masa:  $64.2 \pm 7.2$  kg) de las cuales 17 atletas jugaban en la División I y 22 en la División II de la Asociación Israelí de Voleibol.

Para el desarrollo de esta prueba, se les indicó a las participantes que saltaran desde una caja de 30 cm de altura y aterrizaran en una superficie de 1 x 3 m enmarcada con cinta. Para ello no se declararon restricciones sobre la posición o movimiento de extremidades superiores o se les realizaron indicaciones sobre técnicas de aterriaje. Posteriormente se realizaron 5 ejecuciones para familiarizarse con la ejecución del ejercicio y 3 repeticiones adicionales para la recolección de datos.

La evaluación se llevó a cabo en base a criterios establecidos a beneficio del estudio, asociados directamente con lesiones de rodilla según la literatura y con alta confiabilidad del inter observador (frontal-plano:  $j = 0.76$ ; sagital-plano:  $j = 0.69$ ). Dos fisioterapeutas realizaron evaluaciones separadas, y para el análisis de datos, se utilizó la evaluación del fisioterapeuta no involucrado en el análisis de movimiento 2D. Los fisioterapeutas evaluaron visualmente el movimiento durante los saltos y aterrizajes, categorizándolo como "bueno", "moderado" o "deficiente" en función de ciertos patrones observados en el movimiento de la rodilla y la cadera. Esta evaluación visual se comparó luego con las mediciones cuantitativas para determinar su correlación y precisión.

La grabación se realizó con dos cámaras a 50 fps, colocadas de manera frontal y lateral de las participantes, esto para poder obtener una vista clara de las rodillas. Luego, se realizó un análisis de movimiento 2D con el software Kinovea versión 0.8.15.0 midiendo las excursiones frontal-plano de la rodilla y sagital-plano de la cadera Para la excursión frontal-

plano de la rodilla, se utilizó la función de medición de distancias del software. La distancia en cm entre la parte lateral de cada rodilla se midió en el fotograma correspondiente al contacto inicial del pie y en el fotograma correspondiente a la distancia mínima entre las rodillas. Para la calibración de la escala, se utilizó la distancia de un paso del salto y aterrizaje (57.5 cm).

La evaluación visual del movimiento de la rodilla en el plano fontal dio como resultado un acuerdo del 82.1% y una índice kappa ponderado de 0.74 (0.57-0.92). De igual manera la evaluación del movimiento de la cadera y la rodilla en el plano sagital mostró un acuerdo del 79.5% y una índice kappa ponderado de 0.68 (0.48-0.88). Esto indica que el acuerdo entre los evaluadores fue bueno para el plano frontal y moderado para el plano sagital. El coeficiente de correlación intraclase (ICC) para la fiabilidad inter observador de la excursión de la rodilla en el plano frontal con el uso de Kinovea fue de 0.93 (0.87-0.96). Además, el ICC para la fiabilidad inter observador de la excursión de la cadera y la rodilla en el plano sagital 2D fue de 0.97 (0.95-0.99) para ambas. Estos resultados indican que el análisis con el uso del software tuvo una excelente fiabilidad inter observador para todas las mediciones.

Con respecto a la relación entre la evaluación visual y el análisis con Kinovea, se vio que las participantes con una buena calificación visual en el plano frontal presentaron menos excursión de la rodilla en el plano frontal 2D que las que obtuvieron calificaciones moderadas o pobres. Por lo tanto, las jugadoras con una buena calificación visual en el plano sagital mostraron mayores excursiones de la cadera y la rodilla en el plano sagital 2D. Estos resultados sugieren que la evaluación visual puede usarse para identificar patrones generales de movimiento, pero el análisis realizado con Kinovea proporciona una evaluación más precisa de la biomecánica.

Un estudio hecho por Bouhedja et al., (2021) buscó estudiar el grado de influencia de la velocidad como parámetro biomecánico principal con respecto a un mejor rendimiento en el remate vertical en jugadores de voleibol durante diferentes fases de ejecución del remate. Para ello nueve jugadores masculinos con una edad media de 16.55 años,  $1.81 \pm 0.097$  m de altura y un peso corporal medio de  $69.7 \pm 10.77$  kg. La prueba experimental se

llevó a cabo en los pabellones deportivos Ain Smara y el CNFPH de Constantina. Se utilizaron dos cámaras CANON para filmar la ejecución del remate por cada jugador, la primera fue colocada a 4m de la línea lateral para grabar los movimientos durante la fase de carrera y la segunda cámara fue situada a 7.5 m de la línea lateral para poder ver mejor los diferentes segmentos del cuerpo de los participantes. Se les colocó un adhesivo reflectante a la altura de la cadera para poder seguir el movimiento del jugador el cual se situó detrás de una línea de 3 metros para realizar el recorrido del remate. Una vez ejecutada la tarea el video de ambas cámaras fue procesado por el software Kinovea. Lograron identificar tres parámetros: la velocidad máxima alcanzada durante la fase de aceleración, fuerza vertical de apoyo y la velocidad de extensión. Los resultados fueron expresados como  $\pm$ DE media. El análisis estadístico fue realizado con el programa SPSS para determinar el nivel de grado de correlación entre la expansión vertical y los demás parámetros estudiados definiendo un umbral de significancia de  $p < 0.05$ .

Los resultados del estudio mostraron que la velocidad de carrera tiene un efecto significativo en la altura del salto vertical durante el remate. Los jugadores que corrieron a una velocidad más alta alcanzaron una altura de salto vertical significativamente mayor que los jugadores que corrieron a una velocidad más baja.

En concreto, los jugadores que corrieron a una velocidad de 4,5 m/s alcanzaron una altura de salto vertical media de 46,2 cm, mientras que los jugadores que corrieron a una velocidad de 3,5 m/s alcanzaron una altura de salto vertical media de 42,7 cm. Esta diferencia de altura es significativa ( $p < 0,05$ ). Estos resultados sugieren que los jugadores de voleibol deben centrarse en desarrollar su velocidad de carrera para mejorar su altura de salto vertical durante el remate.

Griboff, (2020) realizó una revisión sistemática que se enfocó en examinar las lesiones más comunes en el voleibol femenino de alto nivel mediante una revisión bibliográfica de artículos publicados entre 2000 y 2022. Los resultados del estudio mostraron que las lesiones más comunes en el voleibol femenino de alto nivel son las lesiones de los miembros inferiores, seguidas de las lesiones de los miembros superiores. Las lesiones de los miembros inferiores más comunes son las lesiones de rodilla, seguidas de las lesiones de tobillo y de

los músculos isquiotibiales. Las lesiones de los miembros superiores más comunes son las lesiones del hombro, seguidas de las lesiones del codo y de los dedos.

El estudio también encontró que las lesiones más comunes ocurren durante el salto y el aterrizaje, seguidas de las lesiones que ocurren durante el remate y el bloqueo. Las lesiones que ocurren durante el salto y el aterrizaje son causadas por una combinación de factores, como la fuerza de impacto, la técnica incorrecta y la falta de condición física. Las lesiones que ocurren durante el remate y el bloqueo son causadas por una combinación de factores, como la fuerza del golpe, la técnica incorrecta y la falta de flexibilidad.

Los resultados del estudio sugieren que los entrenadores y los fisioterapeutas deben centrarse en la prevención de lesiones en el voleibol femenino de alto nivel. Esto se puede hacer mediante la implementación de programas de entrenamiento que incluyan ejercicios de fuerza, flexibilidad y equilibrio. También es importante educar a los atletas sobre la técnica adecuada para el salto y el aterrizaje, el remate y el bloqueo.

El estudio realizado por Kumar & Kumar, (2020) tuvo como objetivo examinar los aspectos clave de la biomecánica en la posición de despegue en un remate de voleibol, teniendo en cuenta varias variables antropométricas y cinemáticas, como el centro de gravedad, el ángulo de las rodillas, los tobillos y los hombros en el momento del despegue. El estudio se llevó a cabo con una muestra controlada de 36 jugadores de voleibol diestros, de edades comprendidas entre los 16 y los 20 años, todos ellos originarios de la India.

Los participantes del estudio recibieron instrucciones para realizar 5 remates, bajo la supervisión de entrenadores capacitados en voleibol, con el fin de minimizar los errores y desempeñar un papel fundamental en la evaluación de los atletas. Cada remate fue registrado mediante una cámara Go Pro con una capacidad de grabar a 240 fotogramas por segundo, con el objetivo de medir los criterios cinemáticos trazando líneas conducidas que conectan los principales puntos de articulación. Posteriormente, estas imágenes fueron analizadas en secuencias utilizando el sistema de Kinovea v. 0.8.27.

A finalmente, se utilizaron la correlación de Pearson y el ANOVA para determinar el nivel de significancia de cada variable en la calidad del remate. Las conclusiones obtenidas

fueron que el análisis demuestra que el centro de gravedad, el ángulo de la rodilla derecha y el ángulo del hombro derecho son variables de gran importancia para dominar la técnica del remate. Por lo tanto, se puede concluir que la cinemática lineal y angular explican significativamente un 88.2% de la variabilidad total en el momento del despegue del remate en los participantes del estudio.

Kumar & Kumar, (2020a) en la India desarrollaron una investigación en el cual se analizaron variables cinemáticas y antropométricas de la ejecución del remate en voleibol para mejorar el rendimiento de los jugadores. Para ello se utilizaron 36 jugadores indios con edades que oscilaban entre los 16 a 20 años a los que se les indicó realizar un total de cinco ejecuciones del remate para elegir la mejor ejecución de las 5 grabaciones para el análisis. Estos movimientos fueron capturados con una cámara GoPro Hero 5 con el fin de poder grabar los movimientos a 240 fps en plano sagital. Se analizaron imágenes secuenciales para lograr calcular variables biomecánicas de la figura de los participantes en forma de palo creadas con el software Kinovea versión 0.8.27. por último, emplearon un análisis de regresión múltiple para poder evaluar la predictibilidad de las variables en el remate.

Como resultado el valor de significación para las variables cinemáticas seleccionadas fue de 0.883 para la velocidad del balón, ángulos de muñeca, codo y hombro, mientras que para la variable antropométrica reflejó un resultado de 0.119. indicando que las variables cinemáticas presentan mayor capacidad de predicción para la ejecución del remate. Con esto el estudio logra brindar información valiosa para los entrenadores con el fin de poder desarrollar así programas de entrenamiento personalizados de fuerza y flexibilidad en la parte superior del cuerpo mejorando el rango de movimiento de los jugadores, mejorar la precisión y prevenir lesiones en los jugadores.

Idrees et al., (2022) en su estudio tuvieron como objetivo el identificar los valores de algunas variables físicas y biocinéticas durante la ejecución del saque en salto, igualmente buscaba identificar el efecto del programa de entrenamiento propuesto utilizando entrenamiento intermitente para desarrollar algunas variables físicas y biocinéticas y la precisión de la habilidad de saque en salto.

Se utilizaron 10 jugadoras de voleibol femenino de alto nivel del Club del Ejército de Iraq, divididas en un grupo experimental el cual siguió el programa de entrenamiento propuesto y un grupo denominado grupo de control que no siguió ningún tipo de programa de entrenamiento. Dicho entrenamiento propuesto consistía en ocho semanas de entrenamiento intermitente. Dividido en 2 sesiones por semana con duración de 60 minutos. Estos entrenamientos se centraron en el desarrollo de fuerza muscular, evaluando la fuerza de extensión de la rodilla, cadera y flexión del tronco. Potencia, evaluando las mismas variables físicas en dicho contexto. Velocidad de carrera y salto. Por último, igualmente se evaluó la agilidad de carrera, y precisión del punto de impacto del balón tanto como la dirección del mismo.

Los resultados obtenidos para el grupo experimental reflejaron mejoras en las variables físicas y biomecánicas evaluadas predominando en la fuerza, potencia y velocidad, así como también en la precisión del servicio demostrando así la eficacia del entrenamiento en busca del rendimiento deportivo.

El estudio realizado por David García Lasluisa & Michael Vela Rodríguez, (2020) buscaba analizar las características cinemáticas del remate en voleibol en jugadores prejuveniles y juveniles de la concentración deportiva de Pichincha, Ecuador.

Para ello utilizaron 11 jugadoras prejuveniles de 15 a 16 años y 8 jugadoras juveniles con edades de 17 a 25 años. Las participantes realizaron un remate de arte frontal analizando biomecánicamente las diferentes fases del gesto técnico utilizando el ángulo del codo para la fase de preparación del golpe y la fase de golpe al balón, así como del ángulo de la columna para las restantes fases del movimiento técnico. Para las mediciones biomecánicas se utilizó el software Kinovea 8.15. La toma de datos fue realizada en el Coliseo de voleibol de la Concentración Deportiva de Pichincha, un total de tres remates por jugadora con descansos de 6 minutos entre saque. El ejercicio consistía en realizar tres remates a la región 4 del campo rival para así utilizar el mejor remate para el respectivo análisis biomecánico. Los datos fueron recolectados por cámaras Sony, señalando los puntos de interés (no definidos). Los vídeos se grabaron en 2 días: el primer día se grabaron los vídeos de 11 atletas del equipo prejuvenil y el segundo día, los de 8 atletas del equipo juvenil.

Los resultados del análisis realizado determinaron que, en las jugadoras prejuveniles, los ángulos promedio oscilaron entre  $89.18^\circ$  y  $212.91^\circ$  en cada fase, mientras que el tiempo de ejecución total fue de 1.94 s y el ángulo del cuerpo en relación con el centro de gravedad en el momento del impacto con la pelota fue en promedio de  $173.47^\circ$ . Para las jugadoras juveniles, los ángulos promedio variaron de  $86.88^\circ$  a  $183.25^\circ$  en las diferentes fases y presentaron un tiempo de ejecución de 1.65 s y el ángulo del cuerpo al momento del impacto en promedio fue de  $174.84^\circ$ .

En conclusión, se puede asegurar que las jugadoras prejuveniles presentaron una diferencia mayor al rango de movimiento de las jugadoras juveniles. Mientras que en el tiempo de ejecución se resaltó una reducción por parte de las jugadoras juveniles resaltando los aspectos de desarrollo de técnica del remate a medida van adquiriendo mayor experiencia en el deporte. Además, las diferencias reveladas mediante análisis estadístico enfatizan la necesidad de estrategias de entrenamiento específicas para cada edad con el fin de optimizar la biomecánica de la técnica.

Pradhan et al., (2022) presenta un estudio biomecánico sobre la ejecución del servicio de salto en voleibol. Su objetivo era analizar las características cinemáticas en jugadores de voleibol universitario. El estudio se realizó con Dieciséis (N=16, 8 de pregrado, 8 de postgrado) estudiantes varones de educación física activos en voleibol de la Universidad Tribhuvan de Nepal. con las siguientes medidas fueron elegidos para el estudio: (para pregrado Altura;  $176,68 \pm 6,22$ , Peso;  $69,04 \pm 6,28$ , y Edad;  $20,86 \pm 2,32$ ), (para postgrado Altura;  $178,46 \pm 3,28$ , Peso;  $74,04 \pm 7,26$ , y Edad;  $22,42 \pm 2,34$ ).

Los jugadores realizaron 5 ejecuciones del servicio desde la zona del saque para que simultáneamente fueran filmados por una videocámara de alta velocidad Canon Legria HF S10 de alta velocidad a 1/2000 con una frecuencia de 120 fotogramas por segundo. Colocada a 1.35 metros de distancia del sujeto para poder captar los movimientos necesarios para el análisis. Se colocaron marcadores reflectivos en las referencias de las juntas verticales y horizontales para minimizar el error. Las secuencias grabadas fueron editadas y analizadas en el software Kinovea.

En el estudio, no se encontraron diferencias significativas en la velocidad y aceleración lineal del movimiento del brazo durante el saque entre jugadores de voleibol masculino de pregrado y posgrado. Esto podría deberse a habilidades técnicas y niveles de juego similares en ambos grupos. Sin embargo, se identificaron diferencias notables en los ángulos de las articulaciones del codo y la rodilla, sugiriendo que las variaciones en la altura de la pelota, la altura del salto y la velocidad de la pelota y la mano fueron más notables en jugadores de posgrado que en los de pregrado.

En Canadá, Boulanger, (2022) realizó un estudio que buscaba evaluar el impacto de las tobilleras unilaterales y bilaterales en las medidas cinéticas y cinemáticas de los saltos verticales y la agilidad en jugadores de voleibol. Este estudio contó con la participación de 22 jugadores de voleibol competitivos de ambos géneros de la Universidad de Lakehead y la Liga de Voleibol Competitivo de Thuder Bay. Para el estudio, cada participante realizó dos sesiones de pruebas en las que se ejecutaron saltos verticales y un test de agilidad en forma de T. las pruebas se realizaron sin tobilleras, con tobilleras unilaterales y bilaterales y por último con tobilleras T2 UNI y BI. Midiendo los ángulos articulares, fuerzas de reacción del suelo, altura del salto vertical y tiempo de agilidad.

El análisis de estas pruebas dio como resultado una reducción considerable de la altura del salto vertical y un aumento en el tiempo de agilidad de los participantes al momento de utilizar cualquiera de las tobilleras. La flexión de la rodilla fue menor con las tobilleras ASO que con las T2. De igual manera la flexión de la cadera presentó un rango de movimiento menor con las tobilleras T2 BI a comparación de las pruebas realizadas sin tobilleras. Con esto se pudo concluir que el uso de las tobilleras afectaba el rendimiento de salto y agilidad independientemente se quiera utilizar una o dos tobilleras ya que no se presentaban diferencias de rendimiento entre ellas. El uso de las tobilleras reduce el riesgo de lesiones, pero se disminuye el rendimiento del atleta por lo que la decisión de usar tobilleras es individual tomando en cuenta la necesidad de cada jugador.

**Tabla 2. Protocolos de adquisición de datos**

Autores	Objetivo	Participantes (tamaño de la muestra)	Procedimientos	Datos recolectados
García et al., (2022)	Comparación cinemática y cinética de la extremidad inferior entre jugadores expertos y novatos.	30 participantes, 15 jugadores experimentados y 15 novatos.	Los participantes realizaron un salto de remate y uno de bloqueo hacia placas de fuerza. De igual manera se colocaron 55 marcadores reflectivos para la detección de movimiento de un sistema de 16 cámaras para luego generar un modelo musculoesquelético en el software OpenSim v4.0.	Ángulos articulares y rangos de movimiento de las articulaciones de la cadera, la rodilla y el tobillo, fuerzas y momentos de reacción del suelo.
Chen et al., (2022)	Comparar la biomecánica de la articulación de la rodilla durante el aterrizaje en tres distintas acciones.	14 jugadoras de voleibol femeninas del Instituto de Deportes de Nanjing.	Se les indicó a las participantes que saltaran de 3 maneras distintas. Primero desde una base de 30 cm de altura hacia una placa de fuerza. Segundo, aterrizar con la rodilla ligeramente flexionada y que realizaran un salto vertical posteriormente. Tercero, saltar hacia una plataforma a 70cm de distancia de la caja y luego realizar un salto vertical.	Ángulos articulares y rangos de movimiento de las articulaciones de la cadera, la rodilla y el tobillo, fuerzas y momentos de reacción del suelo, fuerzas de torsión en la rodilla.
Caseiro-Filho et al., (2023).	Evaluar la precisión y fiabilidad del uso de un smartphome y el software Kinovea en comparación con una plataforma de fuerza como método de análisis del salto vertical.	46 participantes voluntarios. Los participantes eran hombres sanos con una edad media de 24,65±3,80 años.	Se realizaron tres tipos de salto en el siguiente orden: salto bipodal, salto unipodal utilizando la extremidad dominante y salto unipodal con la extremidad no dominante.	Tiempo de vuelo Tiempo de impulso Altura del salto

**Tabla 2.** (Continuación)

<b>Autores</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Participantes (tamaño de la muestra)</b>	<b>Procedimientos</b>	<b>Datos recolectados</b>
Bouhedja et al., (2021)	Estudiar el grado de influencia de la velocidad como parámetro biomecánico principal con respecto a un mejor rendimiento en el remate vertical en jugadores de voleibol durante diferentes fases de ejecución del remate.	9 jugadores masculinos con una edad media de 16.55 años.	Ejecución del remate	Velocidad máxima alcanzada durante la fase de aceleración, fuerza vertical de apoyo, velocidad de extensión, fuerza inercial promedio de los brazos, altura del salto vertical.
Kumar & Kumar, (2020a)	Analizar variables cinemáticas y antropométricas de la ejecución del remate en voleibol para mejorar el rendimiento de los jugadores.	36 jugadores indios con edades que oscilaban entre los 16 a 20 años	Los participantes del estudio recibieron instrucciones para realizar 5 remates, bajo la supervisión de entrenadores capacitados en voleibol	Velocidad del balón, ángulos de muñeca, codo y hombro.
Kumar & Kumar, (2020)	Examinar los aspectos clave de la biomecánica en la posición de despegue en un remate de voleibol,	36 jugadores indios con edades que oscilaban entre los 16 a 20 años	Los participantes del estudio recibieron instrucciones para realizar 5 remates, bajo la supervisión de entrenadores capacitados en voleibol	El ángulo de las rodillas, los tobillos y los hombros en el momento del despegue.
David García La Luisa & Michael Vela Rodríguez, (2020)	Analizar las características cinemáticas del remate en voleibol en jugadores prejuveniles y juveniles.	11 jugadoras prejuveniles de 15 a 16 años y 8 jugadoras juveniles con edades de 17 a 25 años. Dieciséis (N=16, 8 de pregrado, 8 de postgrado) estudiantes varones de educación física activos en voleibol de la Universidad Tribhuvan de Nepal.	El ejercicio consistía en realizar tres remates a la región 4 del campo rival para así utilizar el mejor remate para el respectivo análisis biomecánico	Ángulo del codo para la fase de preparación del golpe y la fase de golpe al balón, ángulo de la columna.
Pradhan et al., (2022)	Analizar las características cinemáticas en jugadores de voleibol universitario.		Los jugadores realizaron 5 ejecuciones del servicio desde la zona del saque	Velocidad y aceleración lineal del movimiento del brazo, ángulos de las articulaciones del codo y la rodilla, la altura de la pelota, altura del salto, velocidad de la pelota y la mano

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 PROBLEMÁTICA

La exigencia del voleibol como deporte de alto rendimiento conlleva una serie de desafíos tanto físicos como técnicos para los jugadores. La naturaleza dinámica del juego, que implica rápidos cambios de dirección, saltos explosivos y movimientos precisos, genera una exigencia superior sobre los jugadores (Shinde, 2020). La eficiencia en la ejecución de técnicas como el remate y el bloqueo, se convierte en un factor esencial para el éxito en el voleibol de alto nivel.

El gesto técnico del remate y bloqueo no solo define la destreza de un jugador, sino que también influye directamente en su rendimiento y en el riesgo de lesiones que este puede llegar a presentar (Oliveira et al., 2020). Estas técnicas requieren una combinación de fuerza y coordinación para ejecutar movimientos rápidos. Un dominio deficiente de estas habilidades puede resultar en un rendimiento inferior y podrían aumentar la probabilidad de lesiones musculoesqueléticas (White, 2022). Un mal alineamiento de las articulaciones durante el impacto con la pelota o la red, la falta de estabilidad en el aterrizaje después de un salto, o una técnica inapropiada pueden aumentar la carga sobre las estructuras musculoesqueléticas, predisponiendo a los jugadores a lesiones, como esguinces, distensiones musculares o incluso fracturas.

La aplicación de sistemas avanzados de capturas de movimiento en el análisis biomecánico deportivo ha sido utilizada tradicionalmente para comprender el movimiento humano en el deporte (Wade et al., 2022). Estos sistemas a pesar de ofrecer una precisión y calidad superior, estos pueden generar una barrera financiera a la hora que querer ser implementadas por diversos investigadores. Esto como tal limita en la frecuencia de los análisis biomecánicos, afectando a la capacidad de accesibilidad por parte de los entrenadores a información detallada sobre la técnica realizada por sus jugadores influyendo en su rendimiento.

En la actualidad, se logra ver reflejada la necesidad de realizar un análisis del movimiento cinemático mediante herramientas de bajo costo. La falta de opciones accesibles ha generado una limitante en la obtención detallada de información sobre la

biomecánica específica en varios deportes. La accesibilidad a estas herramientas no solo es vital para la obtención de información biomecánica, sino también para proporcionar a los entrenadores una herramienta práctica y efectiva que respalde la toma de decisiones basadas en datos con regularidad. Esto ofrece un punto de partida fundamental para la investigación que, más allá de obviar las restricciones económicas en el deporte latinoamericano, tiene como objetivo activo llenar este vacío existente, ofreciendo una solución que garantice la accesibilidad a la tecnología, independientemente de las limitaciones financieras.

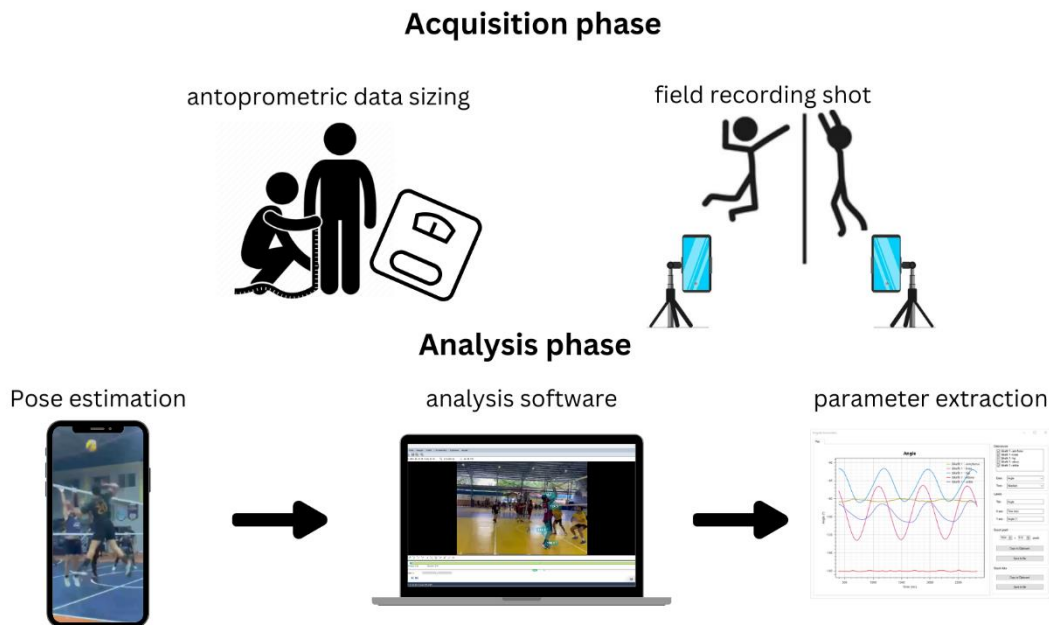
### **2.3 IMAGEN INTEGRADORA**

El proceso metodológico se dividió en dos fases fundamentales, cada una contribuyendo de manera significativa a la integridad y efectividad del estudio. En la primera fase, se realizó una exhaustiva recolección de datos antropométricos esenciales para el análisis, así como la meticulosa captura de videos en entornos controlados. Esta etapa inicial no solo estableció una base sólida de medidas corporales, sino que también garantizó la calidad y consistencia de los registros visuales, aspectos cruciales para el análisis biomecánico subsiguiente.

Posteriormente, en la segunda fase, se llevó a cabo un análisis minucioso de los videos capturados, centrándose en identificar y estimar con precisión los puntos clave presentes en cada fase de las ejecuciones estudiadas. Este análisis detallado fue fundamental para comprender la relación entre los valores antropométricos previamente medidos y las variables biomecánicas de interés. Para este propósito, se empleó un sistema de análisis avanzado, como Kinovea, que permitió extraer de manera rigurosa los parámetros relevantes para el estudio.

La importancia de esta metodología radica en su capacidad para proporcionar una base robusta y confiable de datos, así como en su capacidad para realizar un análisis profundo y significativo de las variables en cuestión. Al establecer una sólida fundamentación con mediciones antropométricas y realizar un estudio exhaustivo de las variables, se logra obtener una cantidad considerable de información valiosa para los

entrenadores. Esto les capacita para tomar decisiones informadas y estratégicas orientadas a mejorar el rendimiento de los deportistas y a reducir el riesgo de lesiones, destacando la relevancia de una metodología integral en la investigación biomecánica aplicada al deporte.



**Ilustración 1. Imagen integradora**

Fuente: Elaboración propia

## 2.4 LIMITACIONES

En los artículos que han sido analizados, se lograron identificar ciertas limitaciones, las cuales serán detalladas a continuación (Tabla 3).

**Tabla 3. Limitantes de estudios pasados**

Autores	País	Enfoque	Tipo de limitación	Explicación
Caseiro-Filho et al., (2023)	Brasil	Evaluar la precisión y fiabilidad del uso de un smartphone y el software Kinovea.	Dificultad para estandarizar momentos clave y ventanas temporales reducidas	El estudio reconoce la dificultad de establecer momentos claves para el análisis biomecánico y gestual debido a la variabilidad natural de la ejecución del salto entre los individuos afectando la consistencia en los resultados. De igual manera indica que un periodo mayor al utilizado en el estudio para el análisis de los videos sería necesario para capturar completamente la complejidad del salto.
Cabarkapa et al., (2023)	Estados Unidos de Norteamérica	Examinar las diferencias cinemáticas entre tiradoras de dos y tres puntos competentes y no competentes	Entorno de prueba	Los tiros fueron realizados en entornos de laboratorio controlados sin ser fatigosos para las participantes y sin presencia de un defensor ni de público por lo que los investigadores especulan que exista una influencia en la precisión del tiro y su aplicabilidad en el entorno de juego. El estudio concluye que Kinovea no es adecuado para evaluar la velocidad, duración y rango de movimiento de la barra en comparación con el sistema validado OBS.
Carzoli et al., (2022)	Estados Unidos de Norteamérica	Examinar la concordancia entre el software de análisis de video Kinovea y el Open Barbell System (OBS).	Enfoque y mediciones de calibración	Recomienda que en futuras investigaciones se pruebe el desplazamiento en lugar de la distancia total para mejorar la concordancia con dispositivos de medición de velocidad validados para las mediciones de ROM.

**Tabla 3.** (Continuación)

<b>Autores</b>	<b>País</b>	<b>Enfoque</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Explicación</b>
Bouhedja et al. (2021)	Francia	Estudiar el grado de influencia de la velocidad como parámetro biomecánico principal con respecto a un mejor rendimiento en el remate vertical	Variables controladas y entorno de pruebas	El estudio no controló otras variables que podrían afectar la altura del salto vertical, como la fuerza muscular, la flexibilidad, o el entrenamiento. También se especifica que la adquisición de datos se realizó en un entorno controlado por lo que podría no reflejar condiciones reales de juego.
Ishac & Eager, (2021)	Australia	Desarrollar un sistema de medición basado en sensores sencillo para la evaluación de técnicas de artes marciales.	Material utilizado para el desarrollo de las pruebas	Este estudio indica que el tipo de material utilizado para rellenar las bolsas de boxeo, así como las dimensiones de estas influyen en la deflexión de la bolsa al ser golpeadas, así como en la absorción del impacto alterando la lectura de los acelerómetros utilizados. De igual manera propone el uso de cámaras de alta velocidad para mejorar la calidad de grabación y permitir un análisis más detallado del movimiento.
García et al., (2022)	Francia	Comparar la cinemática y cinética de la extremidad inferior entre jugadores expertos y novatos.	Indicaciones de la ejecución del salto	En ambas tareas realizadas, el salto se fijó a un 85% de la altura máxima para cada participante con el fin de evitar fatigas a pesar de inducir diferencias potenciales en los ángulos en los ángulos y momentos de abducción de la rodilla.
Ceballos-Laita et al., (2023)	España	Investigar la fiabilidad y la validez concurrente de una aplicación beta basada en visión por ordenador para mediciones del valgo de rodilla.	Enfoque, tamaño de la muestra.	El estudio no midió los ángulos de valgo en cadera y tobillo, limitando la comprensión completa de los factores biomecánicos relacionados con las lesiones de rodilla en el balonmano. La exclusión de participantes no experimentados sugiere la necesidad de futuras investigaciones más inclusivas.

Fuente: Elaboración propia.

## **I. OBJETIVOS**

La sección de objetivos de una investigación es esencial para definir de manera precisa el propósito y la orientación del estudio. En este apartado, se establecen los logros previstos y se delinear las metas específicas que se buscarán alcanzar durante la investigación.

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Validar el uso del software Kinovea para lograr identificar patrones cinemáticos asociados a la mejora en el rendimiento deportivo y reducción a un riesgo de lesiones, mediante un análisis biomecánico del movimiento durante la ejecución del remate y bloqueo en jugadores de voleibol.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Evaluar los ángulos de las articulaciones del hombro, codo, muñeca, cadera, rodilla y tobillo durante el contacto inicial y el rango de movimiento en dorsiflexión, flexión de rodilla y cadera en la fase de aterrizaje.
- 2) Analizar las variaciones en la altura de los saltos y los patrones de aterrizaje entre jugadores de voleibol durante la ejecución del remate, observando las diferencias biomecánicas de las participantes y contribuyendo así a la identificación de factores para la prevención de lesiones.
- 3) Observar la relación entre las variables biomecánicas y su influencia en la ejecución del gesto técnico del remate y bloqueo.
- 4) Relacionar las demandas biomecánicas en el fundamento del remate con la aceleración y fuerza durante la fase de golpeo del gesto técnico en los deportistas

## **II. MÉTODOS**

En este capítulo se presentará el diseño de la investigación, resaltando su enfoque metodológico, las técnicas utilizadas y los instrumentos seleccionados para abordar con precisión el tema propuesto. También se definirán las variables clave objeto de estudio, así como la población objetivo y la técnica de muestreo adoptada para respaldar el desarrollo de la investigación.

### **2.1 OBJETIVO DEL MÉTODO**

La metodología de esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo para la recopilación de datos, ya que se centró en obtener información numérica con el propósito de llevar a cabo un análisis cuantitativo. El diseño del estudio se definió como experimental y transversal, ya que implicó una intervención directa por parte del investigador para manipular las variables independientes. Aunque se clasificó como un diseño experimental, es importante destacar que el objetivo principal no fue realizar un análisis exhaustivo y explicativo de cada variable individual, sino más bien enfocarse en la validación de una herramienta de software específica utilizada para el análisis biomecánico en el contexto deportivo.

El alcance de la investigación se delimitó a la validación de la herramienta de software en cuestión, buscando determinar su precisión y confiabilidad en la adquisición de datos biomecánicos relevantes para el deporte estudiado. Aunque se empleó un diseño experimental, el énfasis no estuvo en establecer relaciones causales profundas, sino en evaluar la efectividad y utilidad práctica de la herramienta en el contexto deportivo.

### **2.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

Para el proyecto de investigación se definió como variable dependiente la calidad del gesto técnico del remate y bloqueo que el jugador emplea a la hora de la ejecución. Este

gesto se logra evaluar mediante criterios de precisión, control, dirección y fluidez del movimiento tomando en cuenta los aspectos involucrados en la ejecución del mismo.

### 2.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Estas variables presentaron un efecto sobre la variable dependiente en la investigación. a continuación, se brinda una visión sistemática de la contribución que estas presentaron en el estudio (tabla 4).

**Tabla 4. Variables independientes**

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Indicador de calificación</b>
<b>Variables biomecánicas</b>	Flexión de rodilla pierna dominante durante la ejecución	Ángulo que forma la rodilla durante la ejecución	Cuantitativa	Numérica	Kinovea	Entre 0-180 grados
	Flexión de la cintura	Ángulo de inclinación del tronco en la fase de golpe	Cuantitativa	Numérica	Kinovea	Entre 90-180 grados
	Dorsiflexión	Ángulo que forma el tobillo derecho en la fase de aterrizaje	Cuantitativa	Numérica	Kinovea	Entre 0-90 grados
	Dorsiflexión	Ángulo que forma el tobillo izquierdo en la fase de aterrizaje	Cuantitativa	Numérica	Kinovea	Entre 0-90 grados
	Flexión de codo brazo dominante	Ángulo que forman el codo en la fase de preparación	Cuantitativa	Numérica	Kinovea	Entre 10-180 grados

**Tabla 4.** (Continuación)

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Indicador de calificación</b>
<b>Variables biomecánicas</b>	Flexión de hombro de brazo dominante	Ángulo que forman el hombro en la fase de golpe	Cuantitativa	Numérica	Kinovea	Entre 0-220 grados
	Zancada	Ángulo de apretura que genera la zancada en la fase de preparación	Cuantitativa	Numérica	Kinovea	Entre 0-180 grados
	Tiempo de ejecución	Tiempo que se toma en ejecutar la maniobra; se toma desde el inicio de la carrera hasta culminar la fase de aterrizaje	Cuantitativa	Numérica	Kinovea	Numérico en segundos
	Aceleración lineal (media aritmética)	Variación de la velocidad de los participantes al momento de la ejecución.	Cuantitativa	Numérica	Kinovea	Numérico en m/s <sup>2</sup>

**Tabla 4.** (Continuación)

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Indicador de calificación</b>
<b>Variables Antropométricas</b>	Peso	Masa corporal del atleta	Cuantitativa	Numérica	Balanza	Numérico en libras
	Edad	Edad del participante	Cuantitativa	Numérica	Encuesta	Años
	Talla	Altura del participante medido desde la planta del pie hasta la cabeza	Cuantitativa	Numérica	Cinta métrica	Numéricos en m
	Largo de brazo	Largo del brazo dominante del participante; medido desde el inicio del hombro hasta la punta del dedo medio	Cuantitativa	Numérica	Cinta métrica	Numérico en cm
	Masa del brazo	Masa del brazo dominante del participante para calcular la fuerza con la que impacta el balón	Cuantitativa	Numérica	Cálculo	Numérico en Newton
	Largo de piernas	Largo de la pierna del participante; medido desde el inicio del fémur hasta la planta de los pies	Cuantitativa	Numérica	Cinta métrica	Numérico en cm

**Tabla 4.** (Continuación)

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Indicador de calificación</b>
<b>Otras Variables</b>	Experiencia	Cantidad en años que llevan practicando el deporte	Cuantitativa	Numérica	Encuesta	Años
	Posición de juego	Posición de cada participante	Cualitativo	Nominal	Encuesta	Posición de juego
	Entrenamiento semanal	Cantidad de horas entrenadas por semana	Cuantitativa	Numérica	Encuesta	Horas
	Ejecución de otros deportes	Deporte que el participante realiza además del voleibol en caso lo haga	Cualitativo	Nominal Binaria	Encuesta	No / Si (¿Cuál?)

Fuente: Elaboración propia.

### **2.3 RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO**

En la siguiente etapa se define todo el procedimiento empleado para poder desarrollar la investigación, describiendo puntos necesarios como ser las técnicas y materiales utilizados, así como el tipo de muestra como la población utilizada. En la investigación al pretender validar el uso de softwares de bajo costo para el análisis biomecánico en el ámbito deportivo. Para ello, se realizaron varias etapas con el propósito de lograr aplicar un estudio lo más integral posible con el uso de estos instrumentos.

La metodología aplicada a la investigación se centró en validar la herramienta de software utilizada para el análisis biomecánico en deporte, apuntando a proporcionar una evaluación detallada de su precisión y confiabilidad. Este enfoque específico permitió abordar las necesidades particulares de la investigación, centrándose en la utilidad práctica de la herramienta para los profesionales y especialistas involucrados en el análisis biomecánico en el ámbito deportivo.

### 2.3.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN

En este apartado, se detallaron las técnicas e instrumentos utilizados para el desarrollo de la investigación. Dentro de ellos se incluyen los instrumentos necesarios, así como las plataformas utilizadas para la adquisición y exportación de datos recolectados. El uso de cada uno de los instrumentos brindó un apoyo necesario para poder llevar a cabo las pruebas y la adquisición de datos biomecánicos y cinemáticos contribuyendo al logro de los objetivos establecidos en el estudio.

#### 2.3.1.1 ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Esta etapa del desarrollo de la investigación constaba en realizar la toma de las muestras a procesar en el software de análisis deportivo Kinovea por medio de videos captados de manera síncrona con la etapa anterior para lograr un análisis integral de los parámetros implicados en una sola ejecución de los gestos técnicos estudiados. Para ellos a continuación se detalla cada una de las técnicas e instrumentos utilizados en esta etapa.

##### 2.3.1.1.1 RECOLECCIÓN DE DATOS ANTROPOMÉTRICOS

La recolección de estos datos, como ser la talla y peso de los atletas se realizó mediante una balanza y una cinta métrica. Para poder adquirir estas mediciones, las participantes fueron colocadas sobre la balanza sin zapatos adoptando una postura rígida, asegurando la estabilidad durante las mediciones minimizando los errores. Posteriormente para la medición de la talla de las jugadoras se utilizó de una cinta métrica para medir la altura y largo del brazo dominante de las atletas.

##### 2.3.1.1.2 CÁMARA

Para el proceso de adquisición de datos, el uso de una cámara fue primordial en el transcurso de la investigación. es por ello, que se decidió implementar el uso de las cámaras de dos iPhone 12 Pro para poder grabar las ejecuciones de los jugadores. Estos teléfonos cuentan con una cámara de alta calidad, logrando grabar a una resolución 4K a 60 cuadros por segundo, lo que permitió adquirir los videos con una resolución y nitidez necesaria para

facilitar el uso del software en el procesamiento de los videos enfocados al análisis del movimiento.

#### 2.3.1.1.3 KINOVEA

Este software de análisis de movimiento deportivo utiliza la captura de video para poder realizar anotaciones como líneas de movimiento, ángulos y rangos de movimiento o giros realizados por los deportistas. Este es un programa de uso gratuito, haciéndolo accesible para cualquier usuario apoyando al análisis biomecánico de los atletas sin necesidad de utilizar programas de captura de movimiento costosos. Es por ello que se busca validar el uso de este programa para así poder ser aplicado en dentro de un ámbito deportivo a nivel nacional. Se utilizó la versión 0.9.5 para llevar a cabo este estudio.

#### 2.3.1.1.4 TRÍPODE

Dispositivo el cuál fue utilizado para mantener la estabilidad y soporte de las cámaras y equipos electrónicos fotográficos utilizados. Este fue utilizado para estabilizar 2 teléfonos inteligentes los cuales simultáneamente iban grabando la ejecución de las maniobras realizadas, estas fueron colocados de manera horizontal y vertical a 4 metros de la malla y a 4.41 metros del atleta a los lados del participantes para poder obtener una imagen clara y completa de las participantes mientras ejecutaban las tareas asignadas. La estabilidad y ángulos de visión que brindaban los trípodes permitieron que la captura sea detallada facilitando el análisis de las grabaciones en Kinovea.

#### 2.3.1.1.5 MARCADORES REFLECTIVOS

Estos marcadores fueron colocados sobre los participantes implicados en la investigación a beneficio del mismo, con el objetivo de resaltar los puntos necesarios para la recolección de los parámetros biomecánicos con el fin de facilitar la vista de la flexión de las articulaciones y poder facilitar el seguimiento de los movimientos. Los marcadores constaban de etiquetas reflectivas de color verde mate colocados estratégicamente en las articulaciones de los participantes con el fin de tener un análisis preciso al momento de trasladar las grabaciones.

## **2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La muestra definida para esta investigación fue la no probabilística, esto se debió a su compatibilidad funcional para los propósitos principales del estudio considerando las limitantes de obtención de participantes disponibles para el desarrollo de las pruebas y el tiempo establecido para el desarrollo del mismo. El muestreo discrecional dio acceso a la adquisición de participantes relativamente rápida que correspondían al desarrollo y evaluación del análisis, minimizando así la complejidad logística y mejorando la eficacia en la adquisición de datos.

Una vez establecida la muestra y tomando en cuenta el enfoque principal de la investigación. Se seleccionaron un total de trece (13) atletas del género femenino prejuveniles que forman parte de la preselección nacional de Honduras del año 2024. Esta elección de la población estuvo fundamentada por el muestreo no probabilístico, caracterizado por la accesibilidad y conveniencia presentada para los propósitos de la investigación.

Esta investigación permitirá a las jugadoras y a sus entrenadores conocer los parámetros biomecánicos y cinemáticos de cada una de ellas, lo que dará accesibilidad a información detallada del gesto técnico del remate implicado a las deportistas lo cual les permitirá generar conclusiones más concretas sobre el desempeño y así a criterio de cada entrenador poder colaborar al desarrollo de las participantes y modificar sus entrenamientos con el objetivo de disminuir la probabilidad de lesiones durante el juego.

## **2.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

La metodología empleada para este estudio fue estructurada en dos etapas. La primera fase, se llevó a cabo una revisión de las variables que podrían ser de interés para los participantes, así como para los entrenadores encargados de las atletas. Posteriormente se realizó la recolección de datos mediante los ejercicios definidos previamente.

La recolección de datos se llevó a cabo registrando dos videos por cada una de las ejecuciones para cada maniobra de los participantes para luego realizar un análisis detallado

con el software Kinovea versión 0.9.5. Para la adquisición de los videos, se colocaron dos cámaras a una separación de 4 metros de la malla y a 4.41 metros del atleta a los lados del participantes, posicionando de manera horizontal los teléfonos inteligentes utilizados para la ejecución del remate y en posición vertical para el bloqueo, enfocado en los planos sagitales de los atletas.

El uso de esta tecnología permitió realizar un análisis lo más integral posible debido a la amplia gama de datos relevantes implicados en el gesto técnico de las maniobras establecidas. El análisis de los videos con el software Kinovea, permitió una revisión de la ejecución y analizar los parámetros tanto biomecánicos como cinemáticos de cada una de las maniobras realizadas por las jugadoras.

Para el desarrollo se llevó a cabo la ejecución de dos técnicas empleadas en el voleibol, éstas constaron de la ejecución del remate y el bloqueo iniciando en un estado de reposo en el cual las jugadoras realizaron las maniobras de forma natural realizando pruebas en un ambiente controlado para adquirir las grabaciones desde ángulos que beneficien la apreciación total de las ejecuciones para así poder validar el uso del software para llegar a conclusiones más concretas por parte de los entrenadores y jugadores implicados en el desarrollo de esta investigación.

De esta manera se logrará enriquecer el entendimiento de dichos aspectos técnicos involucrados. Eventualmente con el análisis que se realizó se espera que se logra contribuir al desarrollo y perfeccionamiento de la técnicas de ambas maniobras en las jugadoras que forman parte de la preselección nacional, así como en jugadores de categorías superiores. La información recopilada brinda un apoyo para entrenadores y profesionales de este deporte, permitiendo diseñar estrategias para la mejora de desempeño y disminución de riesgos a lesiones dentro del campo de juego.

## **2.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN**

La validación en el análisis biomecánico desempeña un papel crucial para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos. En este estudio centrado en el análisis biomecánico de deportistas de voleibol, la validación de los datos adquiere una

importancia crítica para asegurar la calidad de los resultados. Este proceso implica la revisión minuciosa y la verificación de los datos recopilados, asegurando su coherencia y consistencia, y eliminando posibles errores. La metodología de validación empleada en este estudio se basa en la validación por revisión del supervisor. En este enfoque, el entrenador respectivo de las participantes desempeña el papel de supervisor, revisando, verificando y aprobando la coherencia de la información como análisis posterior de las variables obtenidas. Este proceso de validación por revisión supervisada contribuye a la credibilidad y confiabilidad de los resultados de brindados por el programa a beneficio de la investigación.

## 2.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En esta sección se describen todas las actividades que fueron llevadas a cabo en un lapso de 10 semanas para el desarrollo del proyecto de investigación final (tabla 5).

**Tabla 5. Cronograma de actividades**

Actividades desarrolladas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Propuesta de proyecto	■									
Revisión de literaturas		■								
Selección de muestra		■								
selección de datos relevantes		■	■							
Autorización por parte de la institución		■	■							
Recolección de datos			■	■						
Análisis de los videos utilizando Kinovea				■	■					
Análisis estadístico de los datos recolectados					■	■				
Interpretación de resultados						■	■			
Presentación y discusión de los resultados								■	■	
Finalización del proyecto									■	■

Fuente: Elaboración propia

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente capítulo se detallarán los resultados obtenidos a partir de una recolección de datos. Esta investigación se centró en la validación del uso de programas de análisis deportivo de bajo costo para el uso en el estudio biomecánico de los jugadores de voleibol. En el desenlace del capítulo se detallarán los hallazgos respaldados por el análisis cuantitativo de los datos recopilados en el transcurso del estudio.

#### 3.1 DATOS RECOPIRADOS

La recolección de las variables antropométricas se posiciona como uno de los pilares dentro del desarrollo de la investigación, esto por la relevancia de los datos en el análisis del desempeño de los jugadores en el ámbito deportivo. Debido a esto, se recolectó el peso, altura, tallaje de las extremidades y masa del brazo con el fin de observar la influencia de cada una de ellas en la ejecución del gesto técnico de los movimientos realizados dentro del campo de juego en un partido. En la tabla 6 se presentan los valores numéricos obtenidos correspondientes a las variables antropométricas de los participantes que integran el equipo de Preselección Nacional de Voleibol de Honduras en el presente año (2024).

**Tabla 6. Datos antropométricos recolectados**

<b>Sujeto</b>	<b>Edad</b>	<b>Altura (m.)</b>	<b>Peso (Kg.)</b>	<b>Masa del Brazo (Kg.)</b>	<b>Longitud de brazo (plg.)</b>	<b>Longitud de pierna (plg.)</b>
<b>Sujeto 1</b>	14	1.66	58.5	2.93	31	39
<b>Sujeto 2</b>	14	1.55	52.1	2.61	26	36.5
<b>Sujeto 3</b>	15	1.72	60.9	3.05	30	37.5
<b>Sujeto 4</b>	15	1.72	61.8	3.09	30	103
<b>Sujeto 5</b>	15	1.59	58	2.90	28	35
<b>Sujeto 6</b>	16	1.56	65.2	3.26	26	33
<b>Sujeto 7</b>	16	1.65	90.3	4.52	28	39
<b>Sujeto 8</b>	17	1.54	53.1	2.66	26.5	34
<b>Sujeto 9</b>	18	1.66	67.9	3.40	28	36.38
<b>Sujeto 10</b>	18	1.59	53.3	2.67	26.5	36

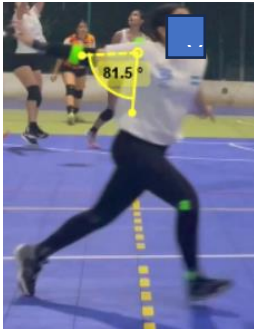

**Tabla 6.** (Continuación)

<b>Sujeto 11</b>	19	1.71	65.6	3.28	31	39.5
<b>Sujeto 12</b>	20	1.72	86.6	4.33	30	38.5
<b>Sujeto 13</b>	29	1.69	68.1	3.41	29	39


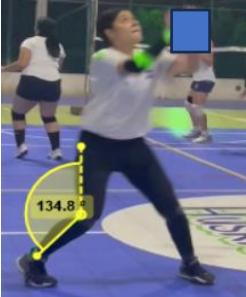


Fuente: Elaboración propia

Una vez recolectados los datos antropométricos de los participantes, se realizó la captura de los ángulos relevantes dentro de las cinco fases que conforman el gesto técnico dentro del remate y otros parámetros relevantes dentro del análisis cinemático de las maniobras realizadas. Este conjunto de datos brindó una pauta sobre el desempeño que presenta el jugador a ejecutar las acciones, lo cual posibilita observar ciertos puntos de mejora que estos puedan presentar. A continuación, en la tabla 7 se reflejarán cada una de las variables analizadas en cada fase del remate y en la ejecución del bloqueo, así como ilustrar cada uno de los puntos en los que se obtienen dichos parámetros.




**Tabla 7. Variables analizadas**

<b>Gesto técnico</b>	<b>Fase de Ejecución</b>	<b>Variable</b>	<b>Punto de análisis</b>	<b>Descripción</b>
<b>Remate</b>	<b>Fase de aproximación</b>	Abducción máxima del hombro		Ángulo de abducción del brazo dominante del jugador con el cual realiza la fase de golpeo del balón.
		Flexión máxima de extensión de la rodilla		Ángulo de extensión de la rodilla del pie de apoyo en la fase de aproximación.




**Tabla 7.** (Continuación)

<b>Gesto técnico</b>	<b>Fase de Ejecución</b>	<b>Variable</b>	<b>Punto de análisis</b>	<b>Descripción</b>
<b>Remate</b>	<b>Fase de aproximación</b>	Extensión máxima de la cadera		Ángulo de apertura máxima entre ambas piernas en la zancada inicial presente en la fase de aproximación.
		Flexión máxima de la rodilla		Ángulo de extensión de la rodilla del pie de apoyo en la fase de batida.
		Extensión máxima de la cadera		Ángulo de apertura máxima entre ambas piernas en la zancada presente en la fase de batida previo a la fase de vuelo.
<b>Remate</b>	<b>Fase de batida</b>	Abducción Máx. Hombro		Ángulo de abducción del brazo dominante del jugador con el cual realiza la fase de golpeo del balón.



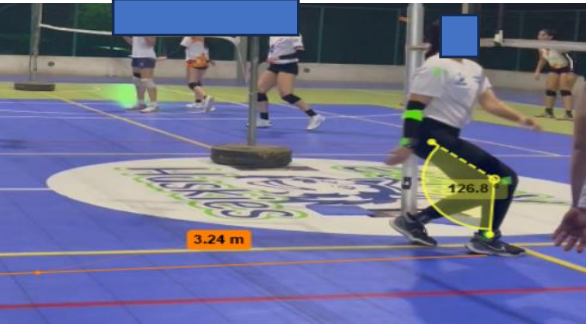
**Tabla 7.** (Continuación)

Gesto técnico	Fase de Ejecución	Variable	Punto de análisis	Descripción
Remate	Fase de contacto con vuelo	Abducción Máx. Hombro		<p>Ángulo de abducción del brazo dominante del jugador previo a la fase de contacto con del balón.</p>
		Flexión del brazo		<p>Ángulo de flexión del codo del brazo dominante previo al contacto con el balón.</p>
Remate	Fase de contacto con el balón	Abducción Máx. Hombro		<p>Ángulo de abducción del brazo dominante del jugador durante la fase de contacto con del balón.</p>




**Tabla 7.** (Continuación)

Gesto técnico	Fase de Ejecución	Gesto técnico	Fase de Ejecución	Gesto técnico
<b>Remate</b>	<b>Fase de contacto con el balón</b>	Flexión del brazo		Ángulo de flexión del codo del brazo dominante durante el contacto con el balón.
<b>Remate</b>	<b>Fase de caída</b>	Flexión Máx. tronco		Ángulo de inclinación que realiza el jugador para amortiguar la caída.
		Flexión Máx. Tobillo izq.		Ángulo de flexión total que presenta el tobillo al aterrizar.



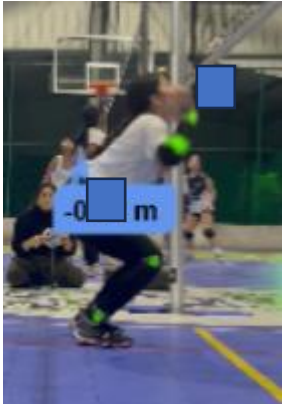
**Tabla 7.** (Continuación)

Gesto técnico	Fase de Ejecución	Variable	Punto de análisis	Descripción
Remate	Fase de caída	Flexión Máx. Tobillo derecho		Ángulo de flexión total que presenta el tobillo al aterrizar.
		Flexión Máx. Rodilla		Ángulo de contracción de la rodilla del pie de apoyo en la fase de caída
Remate	Otras variables	Distancia Recorrido		



**Tabla 7.** (Continuación)

Gesto técnico	Fase de Ejecución	Variable	Punto de análisis
Remate	Otras variables	Altura Máxima Remate	
		Altura Máxima del Brazo	
Bloqueo	Variables del gesto técnico	Flexión Máx. Rodilla	
		Flexión Máx. contracción tronco	

**Tabla 7.** (Continuación)

<b>Gesto técnico</b>	<b>Fase de Ejecución</b>	<b>Variable</b>	<b>Punto de análisis</b>	<b>Descripción</b>
<b>Bloqueo</b>	<b>Variables del gesto técnico</b>	Abducción Máx. extensión del Hombro		Ángulo de abducción del brazo del jugador al estar en la altura máxima del salto.
		Flexión Máx. extensión del brazo		Ángulo de extensión del brazo del jugador al estar en la altura máxima del salto.
<b>Bloqueo</b>	<b>Variables del gesto técnico</b>	Profundidad de sentadilla		Desplazamiento vertical total de la cadera en la fase inicial del bloqueo.

**Tabla 7.** (Continuación)

<b>Gesto técnico</b>	<b>Fase de Ejecución</b>	<b>Variable</b>	<b>Punto de análisis</b>	<b>Descripción</b>
	<b>Otras variables</b>	Distancia Recorrido		Distancia que recorre el jugador de manera horizontal al realizar el bloqueo.
<b>Bloqueo</b>	<b>Otras variables</b>	Altura Máxima del Salto		Desplazamiento total vertical del jugador don relación al suelo y la planta del pie.

Fuente: Elaboración propia

### **3.2 ADQUISICIÓN DE LAS VARIABLES NUMÉRICAS**

Una vez analizados los videos en Kinovea, se logró completar una serie de tablas en las que se buscaba recolectar los datos biomecánicos de los participantes en puntos específicos de las ejecuciones. Para ello se dividieron las variables necesarias por fases principalmente en el gesto técnico del remate.

Como tal, la ejecución del remate tiene una división de cinco etapas, por lo que cada una de ellas se subdivide por acciones que hace posible la ejecución de las mismas. La fase de aproximación en el tren superior se logra destacar al abducción del hombro logrando una extensión del brazo buscando que esté presente un rango elevado en la extensión

angular del mismo. Para el tren inferior, se hizo énfasis en el ángulo que generaba la rodilla de la pierna de apoyo inicial al momento de entrar en contacto con la superficie de la cancha, estando la extremidad totalmente extendida, igualmente se analizó la extensión de la cadera buscando la apertura total de las articulaciones, donde se busca aumentar la velocidad vertical de la siguiente fase. A continuación, se presentan los valores angulares recolectados de cada una de las variables ya descritas (tabla 8).

**Tabla 8. Variables biomecánicas: Fase de aproximación**

<b>Sujeto</b>	<b>Abducción máxima del hombro (°)</b>	<b>Extensión máxima de rodilla (°)</b>	<b>Flexión-extensión máxima de cadera (°)</b>
<b>Sujeto 1</b>	94.4°	164.5°	61.5°
<b>Sujeto 2</b>	128.8°	167.6°	56.5°
<b>Sujeto 3</b>	75.6°	149.3°	71.1°
<b>Sujeto 4</b>	106.4°	164.7°	81.9°
<b>Sujeto 5</b>	96.8°	138.8°	68°
<b>Sujeto 6</b>	78.7°	153.9°	54.7°
<b>Sujeto 7</b>	115.6°	167.6°	50.5°
<b>Sujeto 8</b>	89.4°	162.9°	35.4°
<b>Sujeto 9</b>	79.8°	154.1°	61.7°
<b>Sujeto 10</b>	92.4°	154.9°	62.6°
<b>Sujeto 11</b>	99.1°	160.8°	58.2°
<b>Sujeto 12</b>	104.2°	143.2°	77.8°
<b>Sujeto 13</b>	96.8°	156.9°	61.7°

Fuente: Elaboración propia

En la segunda fase o fase de batida, se busca conseguir la velocidad vertical máxima, aprovechando así la velocidad horizontal de la fase de aproximación. Por lo que se analizó la abducción del hombro al instante previo de despegar los pies de la cancha para analizar el nivel de apertura frontal del mismo. Para el tren inferior, se analizó el ángulo de flexión de

la rodilla de apoyo para observar el rango mínimo de flexión del participante previo a realizar el salto buscando un impulso mayor para lograr obtener una mayor velocidad vertical. De igual manera, se estudió la extensión de cadera para analizar que tanto apoyo genera la otra pierna para mitigar el esfuerzo realizado por la pierna de apoyo a la hora de impulsarse, distribuyendo así la fuerza en ambas extremidades.

**Tabla 9. Variables biomecánicas: Fase de batida**

<b>Sujeto</b>	<b>Extensión máxima de rodilla (°)</b>	<b>Flexión-extensión máxima de cadera (°)</b>	<b>Abducción máxima del hombro (°)</b>
<b>Sujeto 1</b>	135.4°	54.7°	134°
<b>Sujeto 2</b>	119.7°	32.4°	145°
<b>Sujeto 3</b>	130.4°	20°	118°
<b>Sujeto 4</b>	106.6°	31.7°	130.9°
<b>Sujeto 5</b>	86.7°	43.9°	147.7°
<b>Sujeto 6</b>	149.9°	37.8°	136.3°
<b>Sujeto 7</b>	163.8°	29.8°	170.5°
<b>Sujeto 8</b>	155.1°	40.1°	171.5°
<b>Sujeto 9</b>	100.4°	43.5°	146.2°
<b>Sujeto 10</b>	123.3°	38.4°	143.3°
<b>Sujeto 11</b>	130.9°	36.1°	145.4°
<b>Sujeto 12</b>	124.6°	17.3°	130.0°
<b>Sujeto 13</b>	127.2°	35.5°	143.2°

Fuente: Elaboración propia

Para la fase de preparación del golpeo, el cuerpo de los jugadores se encuentra suspendido en el aire, en esta fase sobresalen los movimientos del tren superior ya que se busca generar la velocidad máxima posible en la mano dominante responsable de entrar en contacto con el balón en la siguiente fase. Una vez dicho esto, se analizaron los ángulos de

abducción del hombro, así como la flexión del codo buscando el ángulo mínimo del brazo al momento previo de pasar a la siguiente fase.

**Tabla 10. Variables biomecánicas: Fase de preparación del golpeo**

<b>Sujeto</b>	<b>Abducción máxima del hombro (°)</b>	<b>Flexión del brazo (°)</b>
<b>Sujeto 1</b>	220.5°	61°
<b>Sujeto 2</b>	224.2°	40.9°
<b>Sujeto 3</b>	245.4°	76.2°
<b>Sujeto 4</b>	200.8°	92.9°
<b>Sujeto 5</b>	208.6°	57°
<b>Sujeto 6</b>	209.5°	97.4°
<b>Sujeto 7</b>	204°	70.04°
<b>Sujeto 8</b>	210°	61.8°
<b>Sujeto 9</b>	223°	90.2°
<b>Sujeto 10</b>	220.3°	70.9°
<b>Sujeto 11</b>	213.0°	72.8°
<b>Sujeto 12</b>	223.8°	87.1°
<b>Sujeto 13</b>	216.9°	73.2°

Fuente: Elaboración propia

En la fase de golpeo, los jugadores entran en contacto con el balón, idealmente se realiza con una abducción frontal del hombro de 170-140° , lo que significa que el balón se encuentra situado ligeramente por delante de los atletas y sobre el hombro del brazo de golpeo. Por consiguiente, se procedió a analizar la abducción del hombro para verificar que los participantes cumplan con los requisitos a la hora de ejecutar la acción para así evitar algún tipo de percance al sobrepasar los rangos de movimientos ideales durante la fase. De igual manera. Gracias a Kinovea se logró obtener la aceleración del brazo al momento de impactar con el balón para así obtener la fuerza utilizada en el momento del contacto.

**Tabla 11. Variables biomecánicas: Fase de golpeo**

<b>Sujeto</b>	<b>Abducción máxima del hombro (°)</b>	<b>Flexión del brazo (°)</b>	<b>Aceleración (m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>Fuerza del brazo (N)</b>
<b>Sujeto 1</b>	193.6°	128.6°	23.05	78.26 N
<b>Sujeto 2</b>	193°	146.3°	19.56	66.60 N
<b>Sujeto 3</b>	179.5°	163°	26.76	78.26 N
<b>Sujeto 4</b>	123.5°	175.6°	29.83	90.83 N
<b>Sujeto 5</b>	147°	141.8°	32.58	84.87 N
<b>Sujeto 6</b>	170.1°	168.2°	25.19	67.13 N
<b>Sujeto 7</b>	174.8°	170.3°	16.03	46.49 N
<b>Sujeto 8</b>	167.9°	151.8°	25.83	111.84 N
<b>Sujeto 9</b>	170.7°	154.2°	18.13	59.46 N
<b>Sujeto 10</b>	173.1°	151.6°	21.31	69.47 N
<b>Sujeto 11</b>	165.5°	158.7°	17.98	81.17 N
<b>Sujeto 12</b>	157.3°	165.7°	38.32	118.41 N
<b>Sujeto 13</b>	168.0°	156.3°	27.52	79.40 N

Fuente: Elaboración propia

En la fase de caída, esta inicia cuando las piernas del jugador entran en contacto con el suelo hasta que este esté totalmente equilibrado una vez finalizado el impacto. La ejecución de esta fase debe de ser descendiendo sobre ambas extremidades inferiores con el objetivo de distribuir la fuerza del impacto en ambas piernas mitigando así el riesgo de lesiones. Enfocándose en el estudio del tren inferior logrando así llegar a conclusiones sobre el impacto recibido en dichas extremidades, se analizaron la dorsiflexión de ambos tobillos, la flexión del tronco con respecto a la pierna inicial de apoyo con la que el participante entra en contacto con el suelo y la flexión total de dicha pierna.

**Tabla 12. Variables biomecánicas: Fase de caída**

<b>Sujeto</b>	<b>Flexión máxima del tronco (°)</b>	<b>Flexión máxima tobillo izquierdo (°)</b>	<b>Flexión máxima tobillo derecho (°)</b>	<b>Flexión máxima de rodilla (°)</b>
<b>Sujeto 1</b>	112.1°	51.2°	66.3°	102.1°
<b>Sujeto 2</b>	135.1°	77.8°	77.8°	112.2°
<b>Sujeto 3</b>	119.5°	81.3°	73.4°	119.1°
<b>Sujeto 4</b>	99.7°	85.7°	68.6°	95.7°
<b>Sujeto 5</b>	132.2°	115.2°	93.9°	79.7°
<b>Sujeto 6</b>	125.9°	77.6°	101.8°	125.8°
<b>Sujeto 7</b>	144.3°	90.4°	90.4°	131.6°
<b>Sujeto 8</b>	140.6°	97.8°	87.7°	129.2°
<b>Sujeto 9</b>	96.4°	79.9°	78°	115.1°
<b>Sujeto 10</b>	120.9°	83.6°	80.4°	109.5°
<b>Sujeto 11</b>	124.4°	84.5°	83.3°	114.5°
<b>Sujeto 12</b>	131.5°	70.5°	74.0°	113.8°
<b>Sujeto 13</b>	123.6°	83.0°	81.3°	112.4°

Fuente: Elaboración propia

Con el propósito de lograr observar la influencia de los ángulos obtenidos en cada variable presente en las fases analizadas dentro de la ejecución del remate, de manera síncrona se estuvieron recolectando otras variables que presentan una relevancia dentro del análisis biomecánico de la maniobra realizada.

**Tabla 13. Variables adicionales calidad del gesto técnico del Remate**

<b>Sujeto</b>	<b>Tiempo total de remate</b>	<b>Distancia recorrida</b>	<b>Altura máxima del salto</b>	<b>Altura máxima del brazo</b>
<b>Sujeto 1</b>	2.40 s	3.37 m	0.45 m	2.52 m
<b>Sujeto 2</b>	2.10 s	3.93 m	0.43 m	2.75 m
<b>Sujeto 3</b>	2.20 s	2.97 m	0.54 m	2.75 m
<b>Sujeto 4</b>	2.23 s	3.99 m	0.51 m	2.40 m
<b>Sujeto 5</b>	2.20 S	2.47 m	0.58 m	2.80 m
<b>Sujeto 6</b>	2.50 s	2.80 m	0.61 m	2.82 m
<b>Sujeto 7</b>	2.17 s	2.87 m	0.42 m	2.47 m
<b>Sujeto 8</b>	2.72 s	2.84 m	0.4 m	2.23 m
<b>Sujeto 9</b>	2.57 s	3.53 m	0.57 m	2.49 m
<b>Sujeto 10</b>	2.31 s	3.04 m	0.51 m	2.61 m
<b>Sujeto 11</b>	2.37 s	3.32 m	0.49 m	2.56 m
<b>Sujeto 12</b>	2.10 s	3.14 m	0.47 m	2.35 m
<b>Sujeto 13</b>	2.32 s	3.19 m	0.49 m	2.56 m

Fuente: Elaboración propia

En el análisis del gesto técnico del bloqueo, se recolectaron los datos de las variables biomecánicas presentes en el tren superior e inferior de los participantes. Para el tren superior se recolectó la extensión total del brazo en el punto más alto del salto del jugador para observar el rango total de movimiento que este presenta, así como la abducción máxima del hombro. En el tren inferior, se analizó la flexión máxima de la rodilla y contracción angular del tronco en la fase inicial del bloqueo.

**Tabla 14. Variables biomecánicas: Gesto técnico de bloqueo**

Sujeto	Flexión máxima de rodilla (°)	Flexión máxima del tronco (°)	Abducción máxima del Hombro(°)	Extensión del brazo (°)
	Fase 1		Fase 2	
<b>Sujeto 1</b>	87.9°	48.1°	152.3°	171.2°
<b>Sujeto 2</b>	99.7°	82.8°	157.8°	162.5°
<b>Sujeto 3</b>	103.7°	79.7°	152.1°	167°
<b>Sujeto 4</b>	91.3°	58°	146.9°	171.6°
<b>Sujeto 5</b>	102.4°	75.7°	150.6°	176.4°
<b>Sujeto 6</b>	104.8°	69.4°	167.1°	178.9°
<b>Sujeto 7</b>	84.7°	65.5°	141.1°	175°
<b>Sujeto 8</b>	90°	95°	139.1°	156.2°
<b>Sujeto 9</b>	74.5°	63.9°	153.7°	163.3°
<b>Sujeto 10</b>	90.6°	66.6°	150.0°	170.6°
<b>Sujeto 11</b>	95.3°	74.4°	152.2°	168.0°
<b>Sujeto 12</b>	75.1°	71.2°	161.9°	177.1°
<b>Sujeto 13</b>	93.2°	70.8°	151.2°	169.1°

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de lograr observar la influencia de los ángulos obtenidos en cada variable presente en las fases analizadas dentro de la ejecución del bloqueo, de manera síncrona se estuvieron recolectando otras variables que presentan una relevancia dentro del análisis biomecánico de la maniobra realizada.

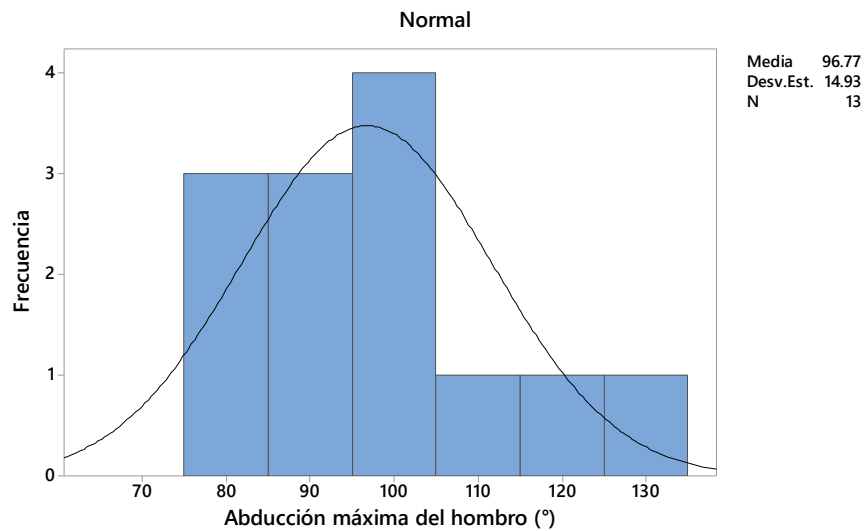
**Tabla 15. Variables adicionales calidad del gesto técnico del Bloqueo**

<b>Sujeto</b>	<b>Profundidad de sentadilla (cm)</b>	<b>Distancia de recorrido (m)</b>	<b>Altura máxima del salto (m)</b>	<b>Tiempo total de bloqueo (s)</b>
<b>Sujeto 1</b>	26	0.40 m	0.49 m	2.07 s
<b>Sujeto 2</b>	29	0 m	0.52 m	1.83 s
<b>Sujeto 3</b>	12	0.48 m	0.54 m	1.73 s
<b>Sujeto 4</b>	30	0 m	0.58 m	1.92 s
<b>Sujeto 5</b>	29	0.20 m	0.42 m	2.10 s
<b>Sujeto 6</b>	22	0.37 m	0.48 m	1.50 s
<b>Sujeto 7</b>	22	0.20 m	0.40 m	1.90 s
<b>Sujeto 8</b>	23	0.23 m	0.49 m	1.85 s
<b>Sujeto 9</b>	33	0.20 m	0.45 m	1.87 s
<b>Sujeto 10</b>	24	0.29 m	0.5 m	1.9 s
<b>Sujeto 11</b>	26	0.2 m	0.5 m	1.8 s
<b>Sujeto 12</b>	38	0.3 m	0.4 m	2.0 s
<b>Sujeto 13</b>	25	0.2 m	0.5 m	1.9 s

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran histogramas estadísticos de brindan una representación de manera visual la cual refleja la distribución de cada una de las variables ya estipuladas seccionando cada una de ellas por fase y comparando cada una de ellas con la reincidencia que presenta a lo largo de la ejecución de los gestos técnicos de las maniobras estudiadas. Gracias a ello se logrará enriquecer la interpretación y el análisis de cada uno de los resultados expuestos por las variables.

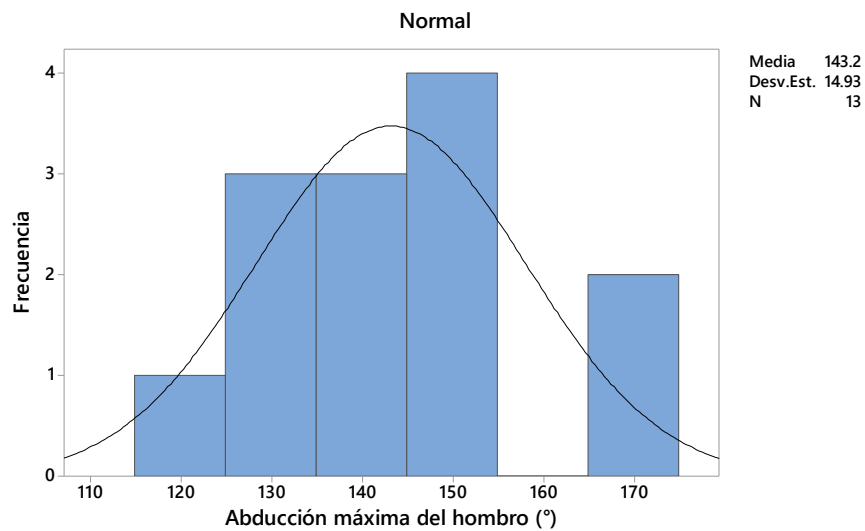
## Ilustración 2. Histograma Abducción máxima del Hombro Fase 1



Fuente: Elaboración propia

En la fase de aproximación se observa que 3 de los 13 participantes analizados presentan una abducción entre el 80 y 90 cuando lo ideal es generar un ángulo de 90 a 135 grados. Generando así una media de 96.77 grados por los participantes.

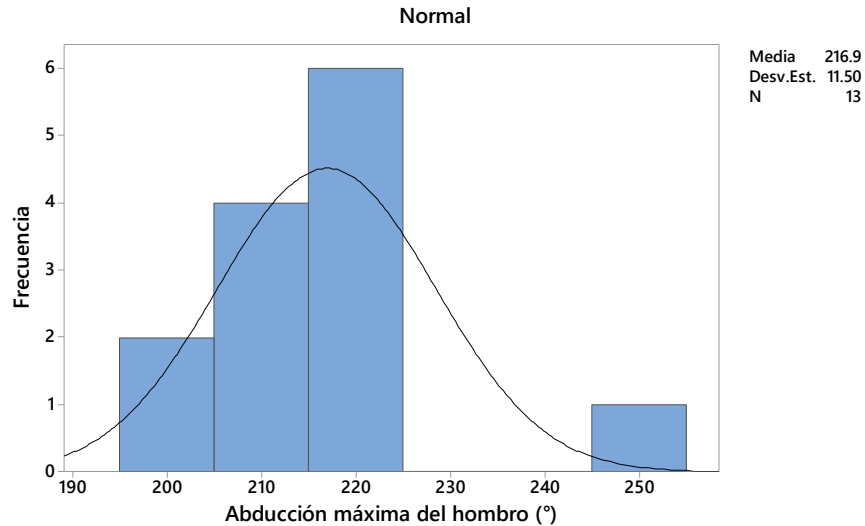
## Ilustración 3. Histograma Abducción máxima del Hombro Fase 2



Fuente: Elaboración propia

En la fase de batida previo a la elevación del jugador, se sugiere generar un ángulo entre 130 a 180 grados, en el histograma se logra apreciar que solamente uno de los jugadores no forma parte del rango generando una media de 143.2.

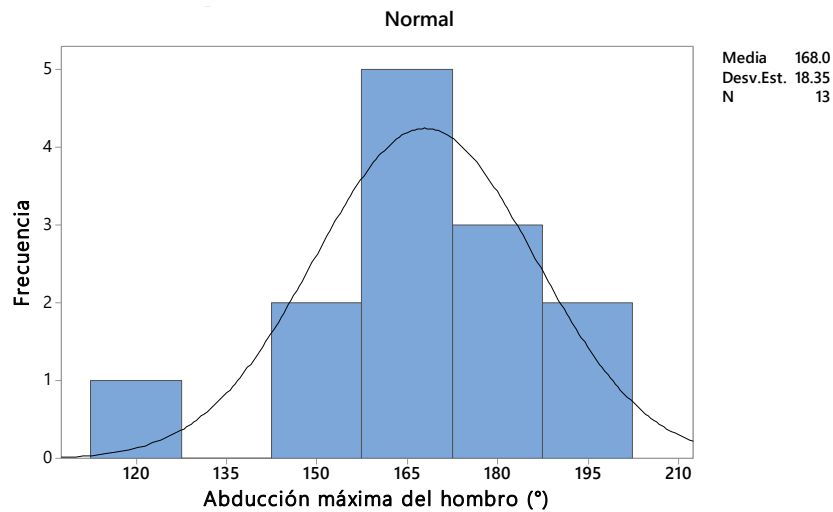
#### **Ilustración 4. Histograma Abducción máxima del Hombro Fase 3**



Fuente: Elaboración propia

Dentro de la preparación de golpeo se estima una apertura de 180 a 210 grados previo al contacto del balón para así no generar movimientos lesivos debido a la sobreestimulación del hombro. En el histograma se logra observar cómo solo 7 de los 13 jugadores están dentro de ese rango mientras que el resto sobrepasa dicho rango generando una media de 216.9 grados.

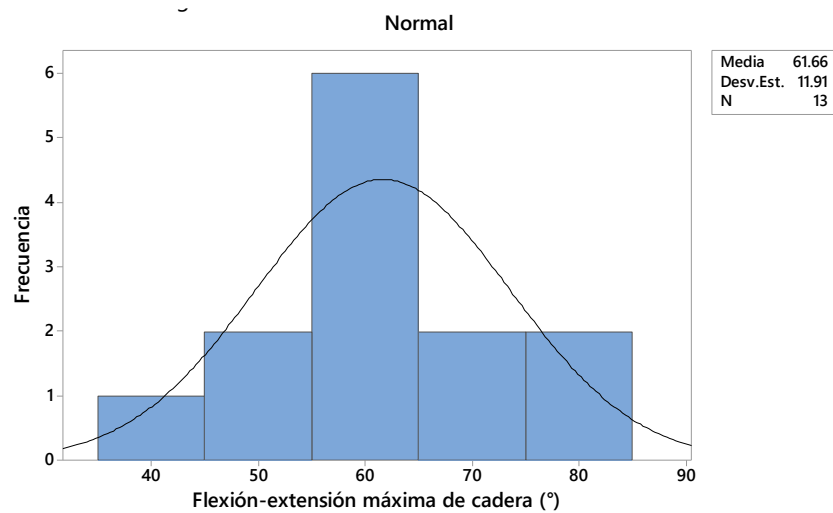
### Ilustración 5. Histograma Abducción máxima del Hombro Fase 4



Fuente: Elaboración propia

Por último, para la abducción del hombro en la fase de golpeo, idealmente el ángulo de apertura debe de ser de 140 a 170 grados, lo que significa que el balón existe una distancia, altura y separación correcta entre el balón y el rematador. En el histograma se logra apreciar que 4 de los participantes se encuentran fuera del rango ideal donde la mayoría realiza contacto del balón por encima de la altura y distancia necesaria para realizar una ejecución efectiva. Dando como resultado una media de 168 grados.

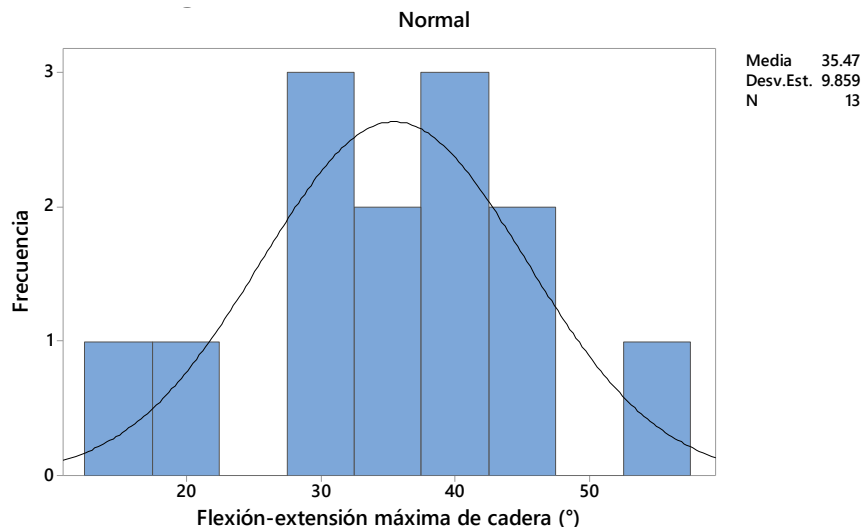
### Ilustración 6. Histograma extensión máxima de cadera Fase 1



Fuente: Elaboración propia

Para la extensión de la cadera, en la Fase de aproximación, mientras mayor sea la zancada mayor velocidad horizontal podrá acumular amentando un 20% más la altura del salto. En el histograma se logra apreciar un aumento considerable en la frecuencia de la apertura a 60 grados generando una media de 61.66 por parte de los 13 jugadores analizados.

**Ilustración 7.. Histograma Extensión máxima de cadera Fase 2**



Fuente: Elaboración propia

En la fase de batida, las extremidades inferiores deben de forma paralela al momento de realizar el salto vertical para aprovechar al máximo la velocidad horizontal que el jugador lleva. Es por esto, que se logran ver reflejados ángulos de apertura inferiores a 60 grados y un aumento en la frecuencia en el ángulo de 30 consiguiendo una media de 35.47.

### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En esta sección se llevó a cabo un análisis estadístico- descriptivo utilizando los datos adquiridos por cada una de las variables analizadas, brindando así una interpretación de ellas estableciendo evaluaciones objetivas para cada una de las variables que influyen en la calidad del gesto técnico de las maniobras. Los procedimientos estadísticos fueron realizados dentro del software de Minitab lo que permitió exponer y analizar con facilidad los datos correspondientes a las variables requeridas.

### 3.3.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

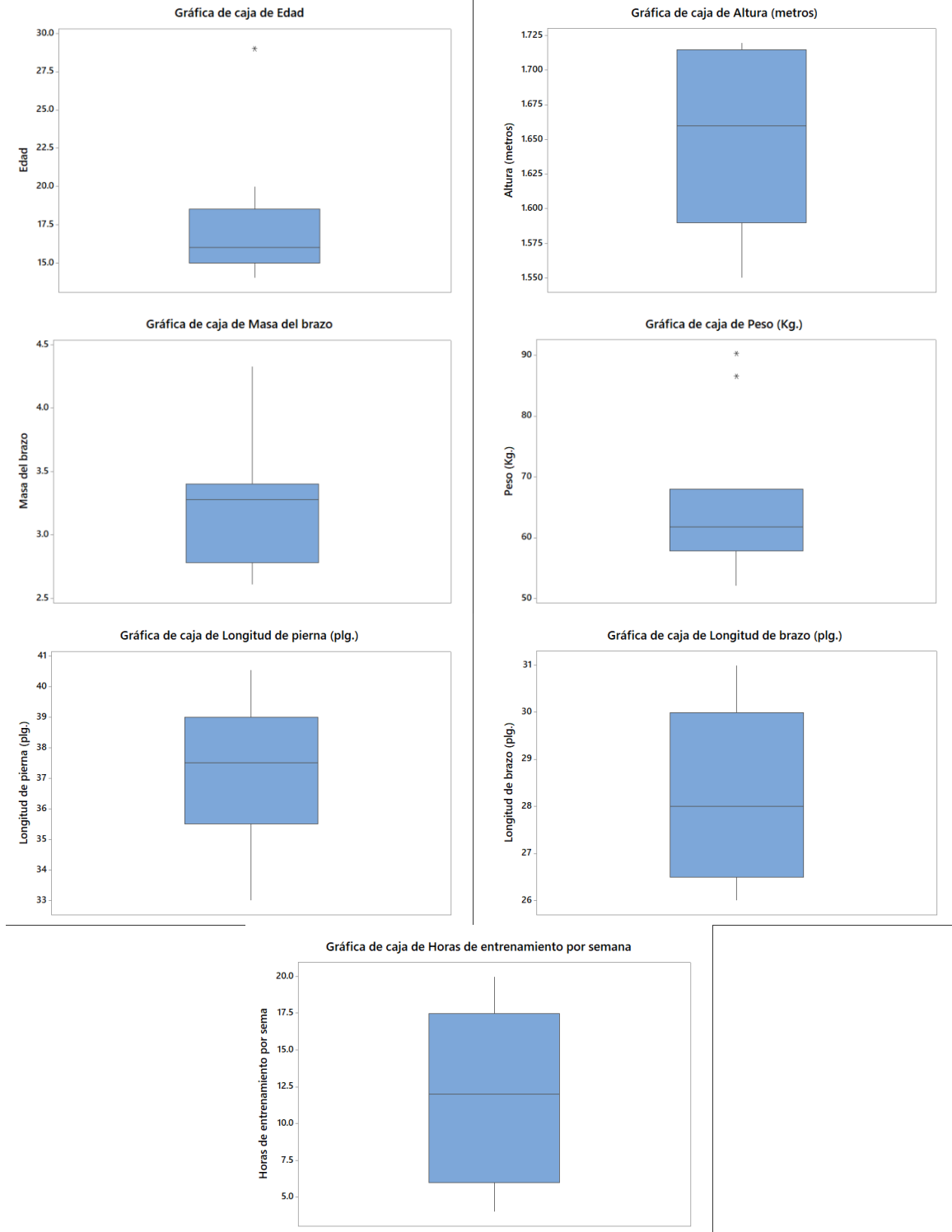
A continuación, se realizó un análisis descriptivo de las variables numéricas presentes en el estudio, esto con el fin de comprender el comportamiento de ellas al observar la media, error y desviación estándar. Con esto se logran estudiar patrones, o valores atípicos presentes en el estudio contribuyendo a la interpretación sólida y fundamentada necesaria para la investigación. En la tabla (16) se observan las variables analizadas en el estudio, entre ellas se encuentran las antropométricas y algunas variables adicionales como ser la experiencia y las horas de entrenamiento que realizan los participantes por semana.

**Tabla 16. Resumen estadística descriptiva variables antropométricas**

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Máximo</b>
<b>Edad</b>	17.38	1.10	3.97	15.76	14.00	16.00	29.00
<b>Altura (metros)</b>	1.6519	0.0171	0.0616	0.0038	1.5500	1.6600	1.7200
<b>Peso (Kg.)</b>	65.08	3.20	11.55	133.32	52.10	61.80	90.30
<b>Masa del brazo</b>	3.248	0.156	0.561	0.315	2.605	3.280	4.330
<b>Longitud de brazo (plg.)</b>	28.462	0.511	1.842	3.394	26.000	28.000	31.000
<b>Longitud de pierna (plg.)</b>	37.225	0.637	2.297	5.277	33.000	37.500	40.550
<b>Experiencia (años)</b>	5.69	1.11	3.99	15.90	2.00	6.00	17.00
<b>Horas de entrenamiento por semana</b>	11.62	1.65	5.95	35.42	4.00	12.00	20.00

Fuente: Elaboración propia

## Ilustración 8. diagramas de caja de variables antropométricas



Fuente: Elaboración propia

De igual manera, se realizó el mismo análisis para las variables biomecánicas presentes en cada fase de las ejecuciones. Estos resultados se encuentran en la tabla (17) logrando evaluar cada uno de los datos.

**Tabla 17. Resumen estadística descriptiva variables biomecánicas (Remate)**

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Varianza</b>	<b>Mediana</b>
<b>Abducción máxima del hombro Fase 1 (grados °)</b>	96.77	14.93	222.95	96.77
<b>Flexión-extensión máxima de cadera Fase 1 (grados °)</b>	61.66	11.91	141.78	61.66
<b>Flexión-extensión máxima de cadera Fase 2 (grados °)</b>	35.47	9.86	97.19	36.08
<b>Abducción máxima del hombro Fase 2 (grados °)</b>	143.23	14.93	223.03	143.28
<b>Abducción máxima del hombro Fase 3 (grados °)</b>	216.92	11.50	132.27	216.92
<b>Flexión del brazo Fase 3 (grados °)</b>	73.18	15.98	255.41	72.78
<b>Abducción máxima del hombro Fase 4 (grados °)</b>	168.00	18.35	336.55	170.10
<b>Flexión del brazo Fase 4 (grados °)</b>	156.31	12.82	164.46	156.31
<b>Flexión máxima del tronco Fase 5 (grados °)</b>	123.55	14.32	204.96	124.44
<b>Flexión máxima de rodilla Fase 5 (grados °)</b>	112.36	14.00	195.96	113.80
<b>Tiempo Total del Remate (s)</b>	2.3238	0.1880	0.0353	2.3000
<b>Fuerza de Golpeo (N)</b>	79.40	19.65	386.17	78.26
<b>Distancia Recorrida (m)</b>	3.189	0.440	0.193	3.140
<b>Altura Máxima del Remate (m)</b>	0.4977	0.0646	0.0042	0.4900
<b>Aceleración (m/s<sup>2</sup>)</b>	24.78	6.40	40.97	25.19

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18. Resumen estadística descriptiva variables biomecánicas (Bloqueo)**

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Varianza</b>	<b>Mediana</b>
<b>Flexión máxima de rodilla (grados °)</b>	91.78	9.78	95.67	91.30
<b>Flexión máxima del tronco (grados °)</b>	70.85	11.62	135.02	70.82
<b>Abducción máxima del Hombro (grados °)</b>	151.99	7.53	56.73	152.10
<b>Extensión máxima del brazo (grados °)</b>	169.76	6.48	42.05	170.58
<b>Profundidad de sentadilla (cm)</b>	26.08	6.25	39.08	26.00
<b>Distancia Recorrida (m)</b>	0.2362	0.1388	0.0193	0.2300
<b>Altura Máxima del Salto (m)</b>	0.4754	0.0590	0.0035	0.4800
<b>Tiempo Total Bloqueo (s)</b>	1.8700	0.1499	0.0225	1.8700

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2 PRUEBA DE NORMALIDAD Y CORRELACIÓN

Inicialmente se realizaron pruebas de normalidad en las variables que presentan una mayor relevancia a la hora de realizar las ejecuciones para determinar si era apropiado utilizar pruebas paramétricas o no paramétricas en el análisis. El nivel de significancia que se seleccionó es de 5% lo cual indica un 95% de confianza en los resultados analizados, con un margen de error de 5%. Con un tamaño de muestra de 13 personas, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para esta evaluación estadística.

La hipótesis nula (H<sub>0</sub>) es la afirmación de que no hay efecto o diferencia entre los grupos o condiciones analizadas. Mientras que la hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>) es la afirmación contraria a la hipótesis nula. En base a los resultados de la prueba realizada con ayuda del software de Minitab, se determinará si se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa.

Se estructuraron las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H<sub>0</sub>): Los datos se distribuyen de forma normal.

Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>): Los datos no se distribuyen de forma normal.

**Tabla 19. Resumen de Prueba de Normalidad para variables del remate**

<b>Variable</b>	<b>Valor de p</b>	<b>Resultado</b>
<b>Abducción Máxima Hombro Fase 1</b>	0.10	Datos Normales
<b>Abducción Máxima Hombro Fase 2</b>	0.10	Datos Normales
<b>Abducción Máxima Hombro Fase 3</b>	0.10	Datos Normales
<b>Abducción Máxima Hombro Fase 4</b>	0.09	Datos Normales
<b>Extensión Máxima de Cadera Fase 1</b>	0.10	Datos Normales
<b>Extensión Máxima de Cadera Fase 2</b>	0.10	Datos Normales
<b>Flexión del brazo Fase 3</b>	0.10	Datos Normales
<b>Extensión del brazo Fase 4</b>	0.10	Datos Normales

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20. Resumen de Prueba de Normalidad para variables del bloqueo**

<b>Variable</b>	<b>Valor de p</b>	<b>Resultado</b>
<b>Flexión máxima de la rodilla</b>	0.10	Datos Normales
<b>Flexión máxima del tronco</b>	0.10	Datos Normales
<b>Abducción máxima del hombro</b>	0.10	Datos Normales
<b>Extensión del brazo</b>	0.10	Datos Normales

Fuente: Elaboración propia

La correlación busca entender la relación entre estas variables y se evalúa mediante el estadístico de prueba. En la Tabla 21, se muestra un análisis de correlación de Pearson entre la altura máxima del remate (AMR) al ejecutar el gesto técnico de la maniobra justo en la fase de golpeo y 4 de las variables presentes en la fase 1 y 2 de la acción las cuales han sido consideradas las más relevantes dentro del remate para obtener una mayor altura al momento de entrar en contacto con el balón. Se plantearon dos hipótesis: una que sugiere que no hay correlación significativa ( $H_0$ ) y otra que indica una correlación significativa ( $H_1$ ).

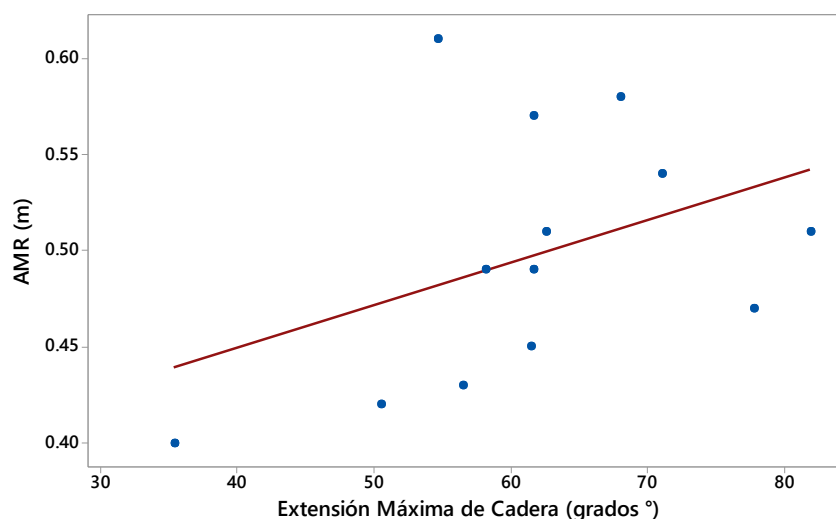
Si el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, mientras que si es mayor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

**Tabla 21. Resumen de Correlación de Pearson para AMR**

Variable	Valor de p	Correlación de Pearson
AMR, Abducción del Hombro Fase 1	0.084	-0.605
AMR, Extensión Máxima Cadera Fase 1	0.161	0.510
AMR, Extensión Máxima Cadera Fase 2	0.979	0.010
AMR. Abducción Máxima de Hombro Fase 2	0.129	-0.546

Fuente: Elaboración propia

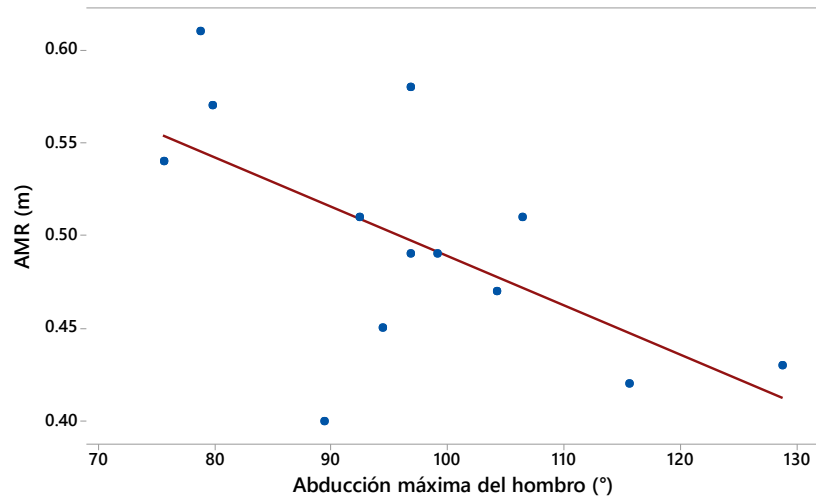
**Ilustración 9. Gráfica de dispersión de AMR vs. Extensión máxima de cadera Fase 1**



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se logra apreciar una correlación positiva media entre ambas variables al igual que se obtuvo una correlación de Pearson de 0.510. El valor de p es de 0.161, dado a que este valor es mayor que 0.05, se procede a aceptar la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1), concluyendo en que no existe correlación significativa entre ambas variables como se logra presenciar en la ilustración 9.

### Ilustración 10. Gráfica de dispersión de AMR vs. Abducción máxima del hombro Fase 1

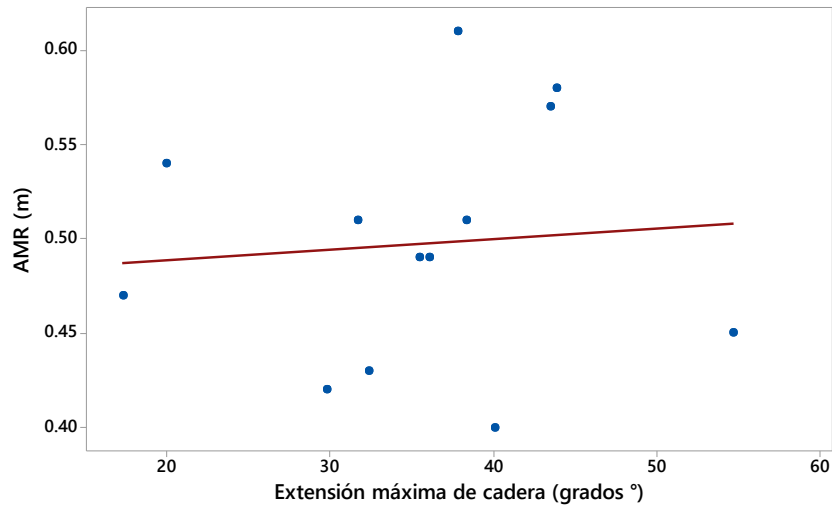


Fuente: Elaboración propia

La gráfica sugiere una correlación negativa baja entre las variables de la altura y la abducción del hombro. Entre ambas variables se obtuvo una correlación de Pearson de -0.605. El valor de  $p$  es de 0.084, dado a que este valor es mayor que 0.05, se procede a aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), concluyendo en que no existe correlación significativa entre ambas variables lo cual se ve reflejado en la ilustración.

## Ilustración 11. Gráfica de dispersión de AMR vs. Extensión máxima de cadera

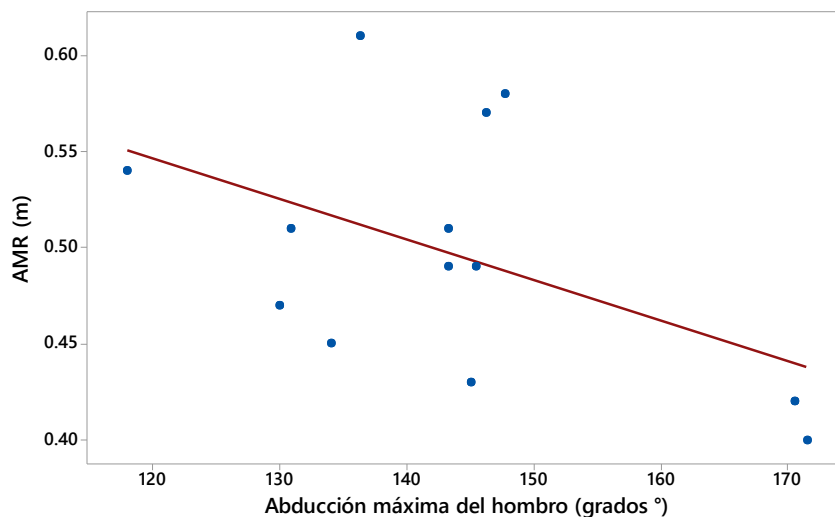
### Fase 2



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica anterior, el valor de 0.010 sugiere una correlación muy débil. Al estar cerca de cero, indica que no hay una relación lineal fuerte entre la Altura Máxima de remate y la Extensión Máxima de la Cadera en la Fase 2. Por otro lado, el valor p de 0.979 es muy alto y sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. En otras palabras, la relación observada entre AMR y Extensión Máxima de Cadera podría deberse al azar y no ser estadísticamente significativa en la población. La correlación es muy baja y el valor p es alto, lo que indica que no hay una relación significativa entre las variables estudiadas.

### Ilustración 12. Gráfica de dispersión de AMR vs. Abducción máxima del hombro Fase 2



Fuente: Elaboración propia

La correlación negativa sugiere que, en general, a medida que la Abducción Máxima del Hombro en la Fase 2 aumenta, la altura máxima del remate tiende a disminuir. Sin embargo, el valor p de 0.129 indica que esta relación no es estadísticamente significativa a un nivel convencional de significancia. Es por ello que se procede a aceptar la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1), concluyendo en que no existe correlación significativa entre ambas variables.

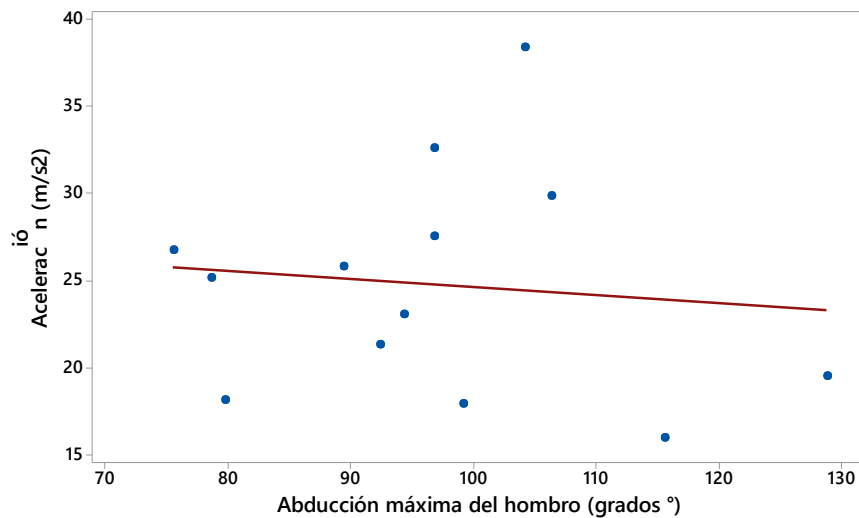
En la siguiente tabla 22, se muestra un análisis de correlación de Pearson entre la aceleración al ejecutar el gesto técnico de la para cada una de las variables biomecánicas que resaltan en las fases de ejecución del remate. Se plantearon dos hipótesis: una que sugiere que no hay correlación significativa (H0) y otra que indica una correlación significativa (H1). Si el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, mientras que si es mayor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

**Tabla 22. . Resumen de Correlación de Pearson para aceleración**

Variable	Valor de p	Correlación de Pearson
<b>ACELERACIÓN. Abducción Máxima de Hombro Fase 1</b>	0.726	-0.108
<b>ACELERACIÓN, Extensión Máxima Cadera Fase 1</b>	0.051	0.550
<b>ACELERACIÓN, Extensión Máxima Cadera Fase 2</b>	0.252	-0.342
<b>ACELERACIÓN. Abducción Máxima de Hombro Fase 2</b>	0.140	-0.432
<b>ACELERACIÓN. Abducción Máxima de Hombro Fase 3</b>	0.894	0.041
<b>ACELERACIÓN. Flexión Máxima del Codo Fase 3</b>	0.453	0.228
<b>ACELERACIÓN. Abducción Máxima de Hombro Fase 4</b>	0.056	-0.541
<b>ACELERACIÓN. Flexión Máxima del Codo Fase 4</b>	0.70	0.118

Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 13. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Abducción máxima del hombro Fase 1**

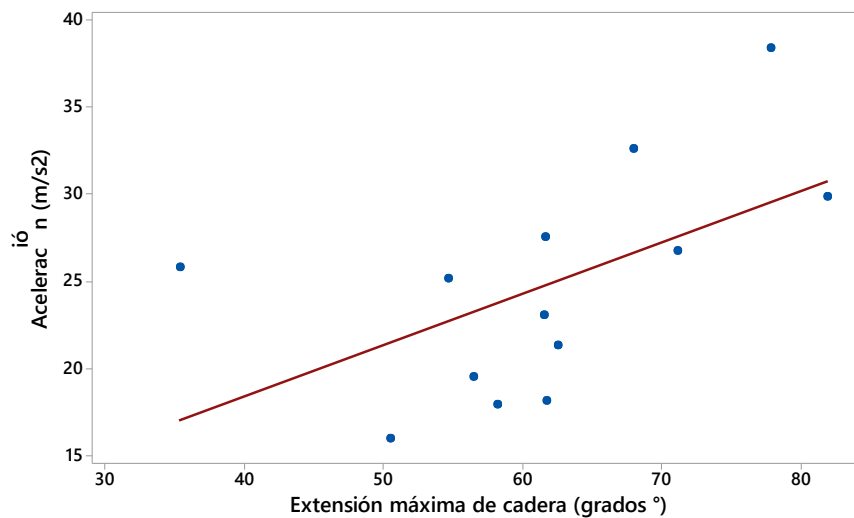


Fuente: Elaboración propia

En la ilustración anterior se logra observar una correlación negativa baja entre ambas variables al igual que se obtuvo una correlación de Pearson de -0.108. El valor de p obtenido fue de 0.726, dado a que se obtiene un valor p es mayor que 0.05, se procede a aceptar la

hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1), concluyendo en que no existe suficiente evidencia para sugerir una correlación significativa entre la aceleración y la abducción máxima del hombro en la Fase 1.

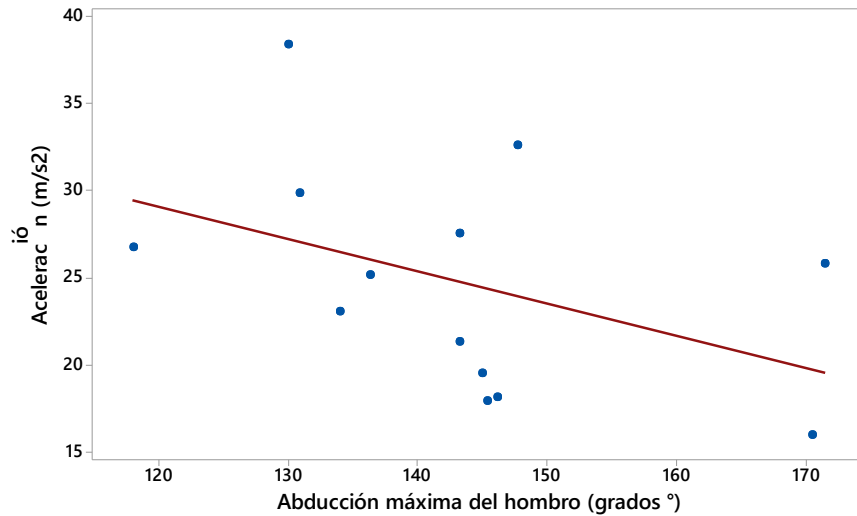
**Ilustración 14. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Extensión máxima de cadera Fase 1**



Fuente: Elaboración propia

Con la gráfica anterior se logra apreciar una correlación negativa baja entre ambas variables al igual que se obtuvo una correlación de Pearson de 0.550. El valor de p obtenido fue de 0.051, dado a que se obtiene un valor p es menor que 0.05, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1), lo que sugiere que existe evidencia para sugerir una correlación significativa positiva entre la aceleración y la extensión máxima de cadera en la Fase 1.

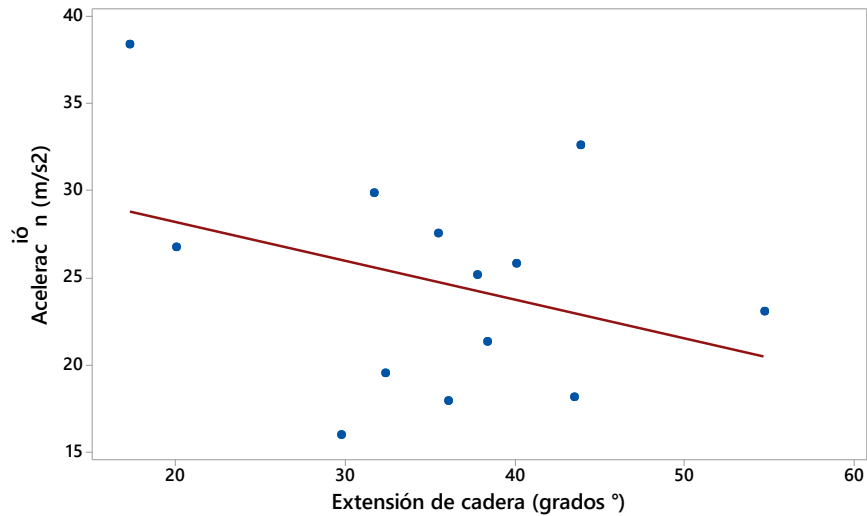
### Ilustración 15. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Abducción máxima del hombro Fase 2



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración anterior se logra observar una correlación negativa baja entre ambas variables al igual que se obtuvo una correlación de Pearson de -0.432. El valor de p obtenido fue de 0.140, dado a que se obtiene un valor p es mayor que 0.05, se procede a aceptar la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1), concluyendo en que no existe suficiente evidencia para sugerir una correlación significativa entre la aceleración y la abducción máxima del hombro en la Fase 2.

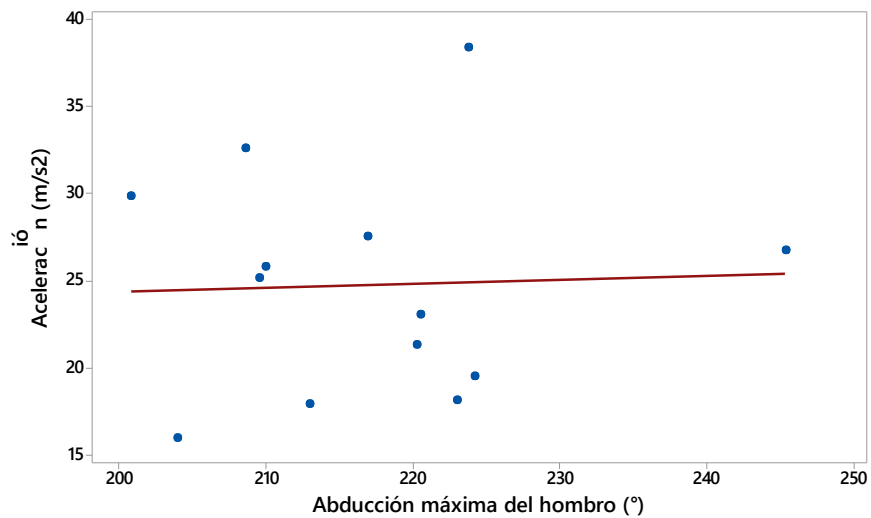
### Ilustración 16. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Extensión máxima de cadera Fase 2



Fuente: Elaboración propia

Para la ilustración anterior se logra observar una correlación negativa media entre ambas variables al igual que se obtuvo una correlación de Pearson de  $-0.342$ . El valor de  $p$  obtenido fue de  $0.252$ , dado a que se obtiene un valor  $p$  es mayor que  $0.05$ , se procede a aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), concluyendo en que no existe suficiente evidencia para sugerir una correlación significativa entre la aceleración y la extensión de cadera en la Fase 2.

### Ilustración 17. . Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Abducción máxima del hombro Fase 3

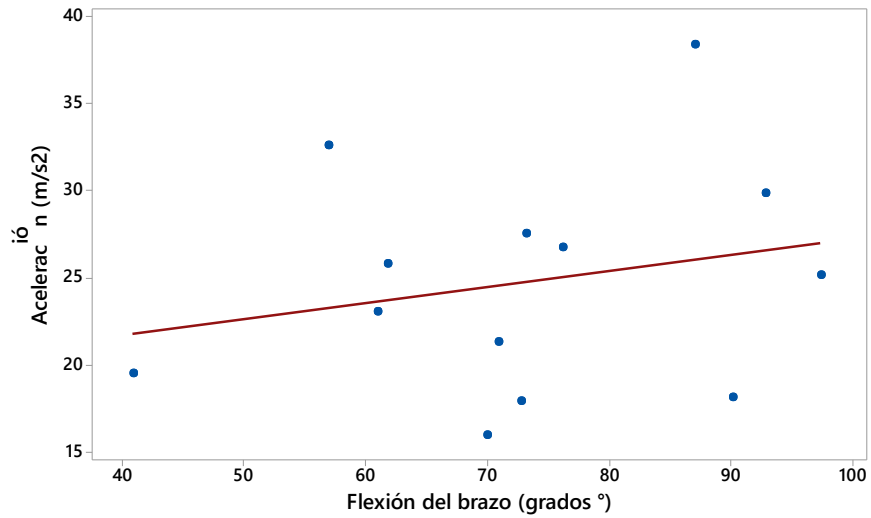


Fuente: Elaboración propia

Esta grafica muestra una correlación positiva baja entre ambas variables ya que obtuvo una correlación de Pearson de 0.041. El valor de p obtenido fue de 0.894, dado a que se obtiene un valor p es mayor que 0.05, significa que no se rechaza la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1), concluyendo en que no existe suficiente evidencia para sugerir una correlación significativa entre la aceleración y la abducción máxima del hombro en la Fase 3.

### Ilustración 18. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Flexión del brazo Fase

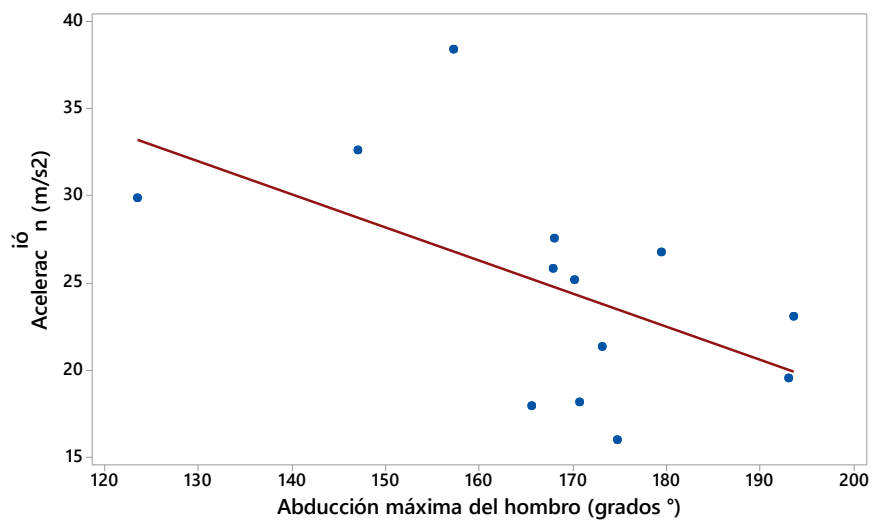
3



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 18 se observa una correlación positiva media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.228. El valor de p obtenido fue de 0.453, ya que se obtiene un valor p mayor que 0.05, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), por lo se indica que no existe una correlación significativa entre la aceleración y la flexión del brazo en la Fase 3.

### Ilustración 19. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Abducción máxima del hombro Fase 4

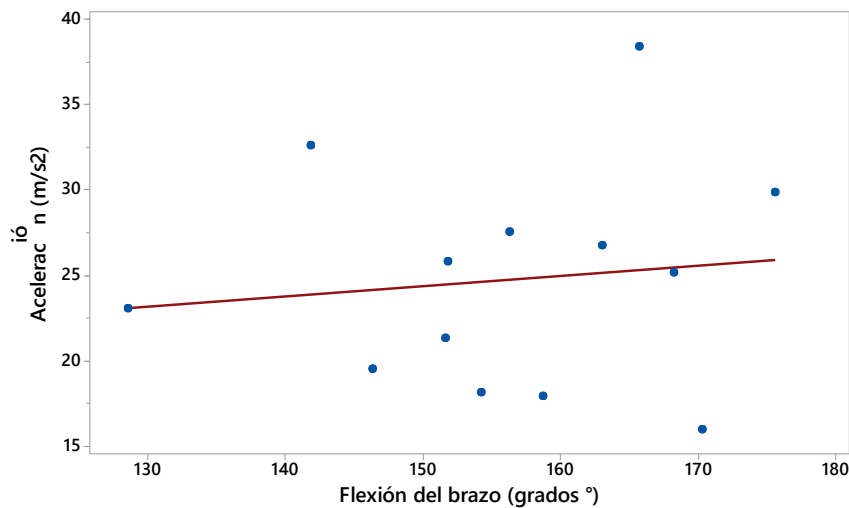


Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 19 se observa una correlación negativa alta entre las variables analizadas, se obtuvo una correlación de  $-0.541$ . El valor de  $p$  fue de  $0.056$ , ya que se obtiene un valor  $p$  menor que  $0.05$ , se procede a rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), por lo se indica que si existe una correlación significativa entre la aceleración y la abducción del hombro en la Fase 4.

## Ilustración 20. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Flexión del brazo Fase

4



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 20 se observa una correlación positiva baja entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.118. El valor obtenido de  $p$  fue 0.70, ya que se obtiene un valor  $p$  mayor que 0.05, se procede a aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), por lo que no existe una correlación significativa entre la aceleración y la flexión del brazo en la Fase 4.

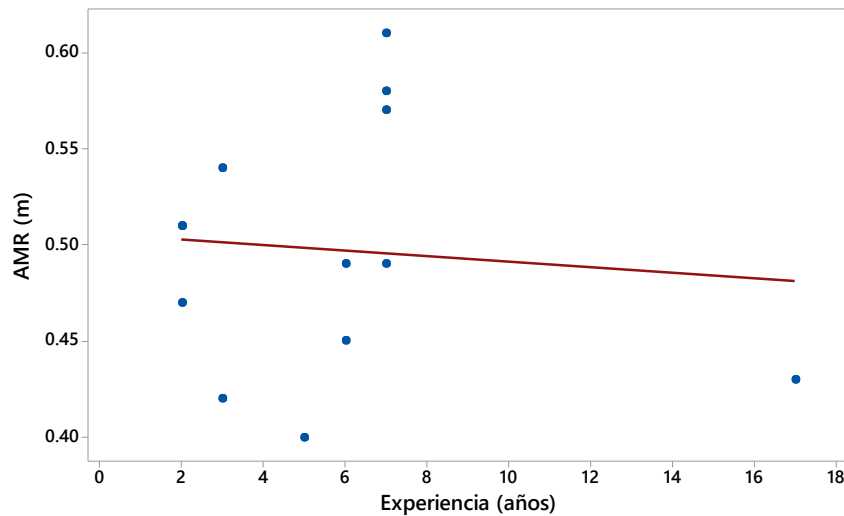
En la tabla 23, se refleja un análisis de correlación de Pearson entre las variables dependientes que componen la calidad del gesto técnico del remate junto a la experiencia que presentaban los participantes al momento de realizar el estudio con el propósito de observar si existe alguna influencia significativa de este con el desempeño de los atletas dentro del juego. Se plantearon dos hipótesis: una que sugiere que no hay correlación significativa ( $H_0$ ) y otra que indica una correlación significativa ( $H_1$ ). Si el valor  $p$  es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, mientras que si es mayor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

**Tabla 23. Resumen de Correlación de Pearson para Variables dependientes**

Variable	Valor de p	Correlación de Pearson
Tiempo Total de Remate, Experiencia	0.895	-0.041
Fuerza del Brazo, Experiencia	0.361	-0.276
Altura Máxima del Remate, Experiencia	0.777	-0.087

Fuente: Elaboración propia

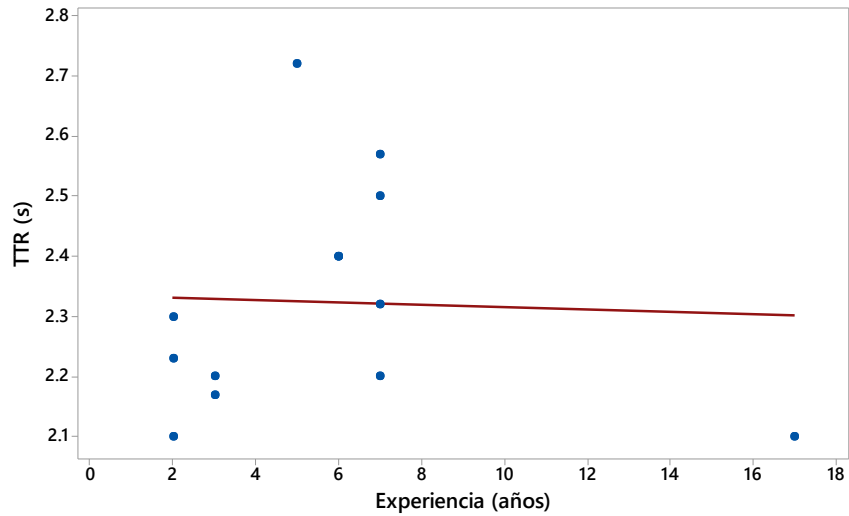
**Ilustración 21. Gráfica de dispersión de Altura máxima del Remate vs. Experiencia**



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración anterior se observa una correlación negativa baja entre las variables obteniendo una correlación de Pearson de -0.087. El valor de p obtenido es de 0.777, dado a que se obtiene un valor p es mayor que 0.05, se acepta la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1), concluyendo en que no hay suficiente evidencia para sugerir una correlación significativa entre el tiempo total de remate y la experiencia.

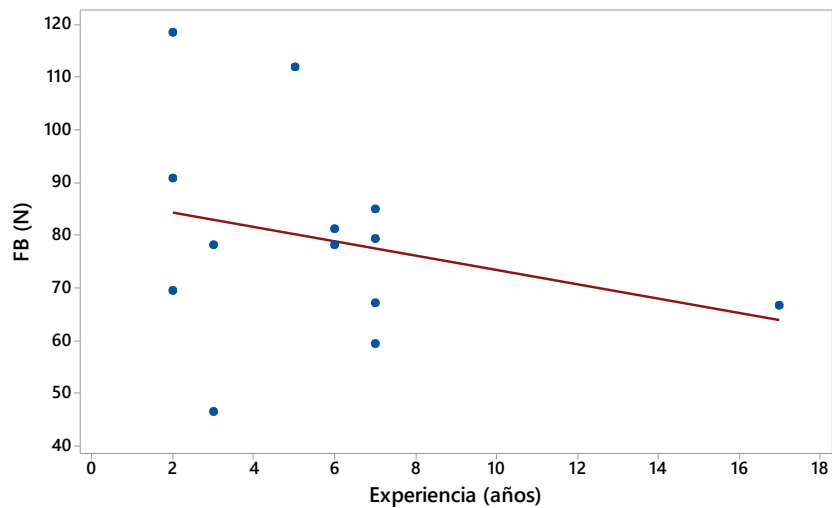
### Ilustración 22. Gráfica de dispersión del Tiempo Total del Remate vs. Experiencia



Fuente: Elaboración propia

En esta gráfica se observa una correlación negativa baja entre el tiempo total del remate y la experiencia, se obtuvo una correlación de Pearson de  $-0.041$ . El valor de  $p$  obtenido fue de  $0.895$ , ya que se obtiene un valor  $p$  mayor que  $0.05$ , se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), por lo se indica que no existe una correlación significativa entre las variables ya mencionadas.

### Ilustración 23. Gráfica de dispersión de Fuerza del Brazo vs. Experiencia



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración anterior se observa una correlación negativa media entre las variables, obteniendo una correlación de Pearson de -0.276. El valor de p fue de 0.361, al obtener un valor p mayor que 0.05, procedemos a aceptar la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1), por lo que se indica que no existe una correlación significativa entre la fuerza del brazo y experiencia de los participantes utilizados en este estudio.

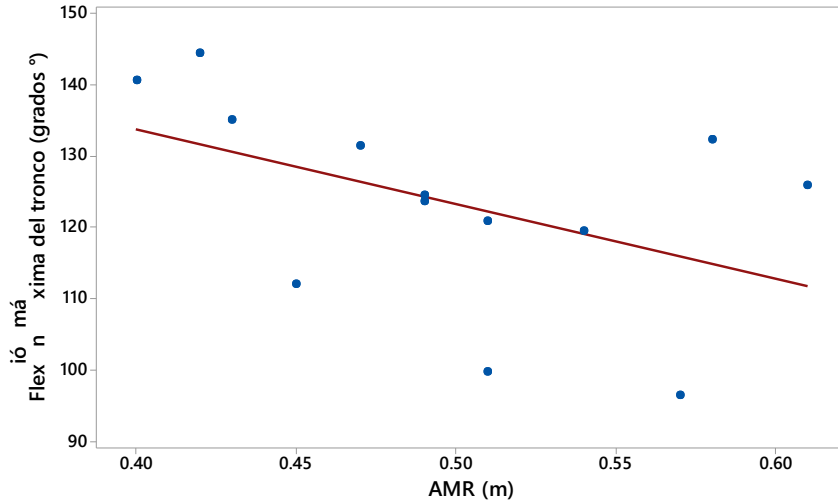
En la tabla 24, se muestra un análisis de correlación de Pearson entre la altura máxima del remate (AMR) y cada una de las variables presentes en la fase de caída con el fin de identificar si existe un impacto entre la altura que alcanzan los participantes al momento de ejecutar la fase de golpeo y el ángulo de flexión que presentan las articulaciones en el momento del impacto contra el suelo para así lograr identificar si este influye en el desarrollo de la fase. Se plantearon las siguientes hipótesis: una que sugiere que no hay correlación significativa (H0) y otra que indica una correlación significativa (H1). Si el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, mientras que si es mayor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

**Tabla 24. Resumen de Correlación de Pearson para Fase de caída con AMR**

<b>Variable</b>	<b>Valor de p</b>	<b>Correlación de Pearson</b>
<b>AMR, Flexión Máxima del Tronco Fase 5</b>	0.104	-0.471
<b>AMR, Flexión Máxima Tobillo Izquierdo Fase 5</b>	0.569	0.174
<b>AMR, Flexión Máxima Tobillo Derecho Fase 5</b>	0.309	0.306
<b>AMR, Flexión Máxima de Rodilla Fase 5</b>	0.263	-0.335

Fuente: Elaboración propia

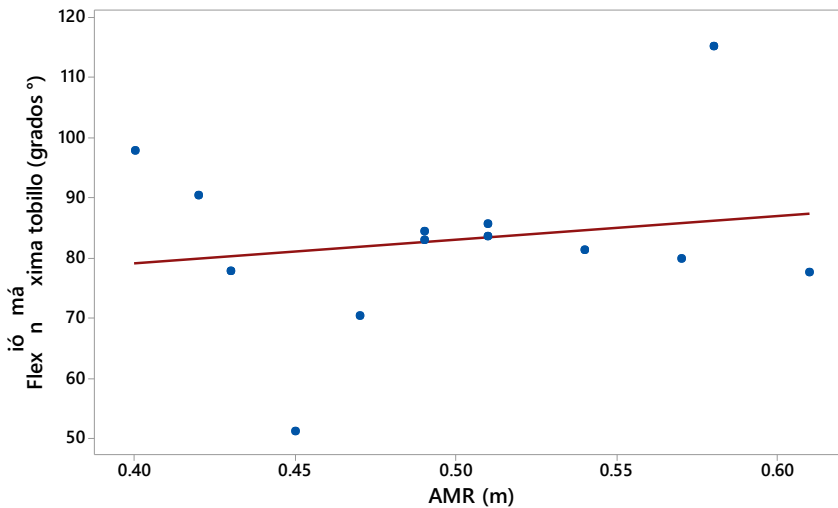
**Ilustración 24. Gráfica de dispersión de Flexión máxima del tronco vs. Altura máxima del Remate**



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se aprecia una correlación negativa media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de -0.471. El valor de p que se obtuvo fue de 0.104, al obtener un valor P mayor a 0.05, se procedió a aceptar la hipótesis nula (H0) y rechazando la hipótesis alternativa (H1), indicando que no existe una correlación significativa entre la altura máxima del remate y la flexión del tronco en la fase de aterrizaje

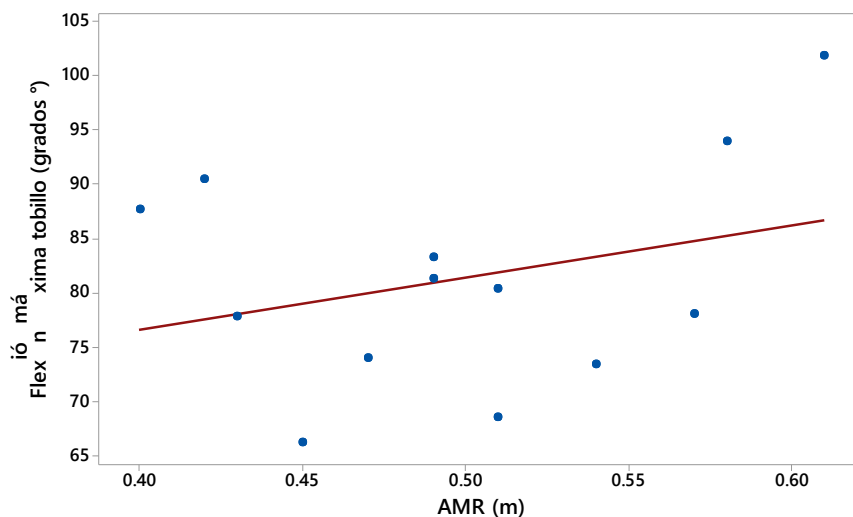
**Ilustración 25. Gráfica de dispersión de Flexión máxima del tobillo izquierdo vs. Altura máxima del Remate**



Fuente: Elaboración propia

La ilustración anterior nos permite observar una correlación positiva baja entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.174. El valor de p obtenido fue de 0.569, ya que se obtiene un valor p mayor que 0.05, se acepta la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1), por lo que se indica que no existe una correlación significativa entre la altura máxima del remate y la flexión del tobillo izquierdo en la Fase 5.

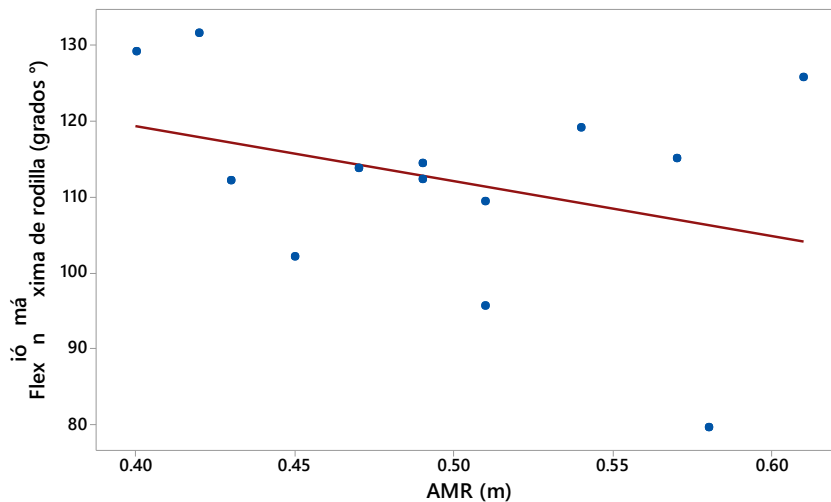
**Ilustración 26. Gráfica de dispersión de Flexión máxima del tobillo derecho vs. Altura máxima del Remate**



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración anterior se observa una correlación positiva media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.306. El valor de p obtenido fue de 0.309, ya que se obtuvo un valor p mayor a 0.05, se aceptó la hipótesis nula (H0) rechazando así la hipótesis alternativa (H1), indicando que no existe una correlación significativa entre la flexión del tobillo derecho y la altura máxima del remate.

### Ilustración 27. Gráfica de dispersión de Flexión máxima de la rodilla vs. Altura máxima del Remate



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración se observa una correlación negativa media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de  $-0.335$ . El valor de  $p$  obtenido fue de  $0.263$ . Dado que el valor de  $p$  es mayor que  $0.05$ , no tenemos suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, no hay suficiente evidencia para sugerir una correlación significativa entre la altura máxima del remate y la flexión máxima de la rodilla en la Fase 5.

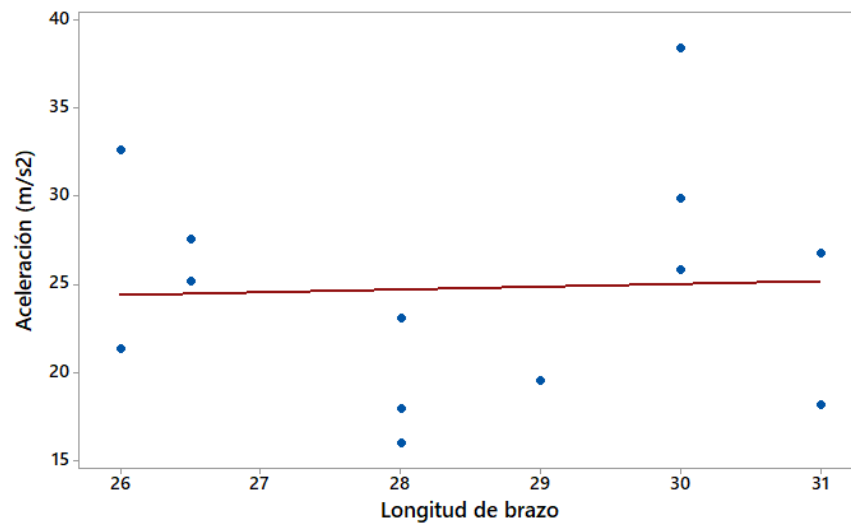
Posteriormente, se evaluaron las correlaciones antropométricas con las variables dependientes relacionadas a la calidad del gesto técnico del remate. Esto con el fin de comprobar si existía alguna correlación entre cada una de las variables y ver que tanto estas llegaban a influir en variables como la aceleración, altura máxima del remate y la fuerza del brazo ejercida en la fase de golpeo. Para ello se llevó a cabo igualmente un análisis de correlación de Pearson, por lo que se plantearon dos hipótesis: la hipótesis que sugiere que no hay correlación significativa ( $H_0$ ) y otra que indica una correlación significativa ( $H_1$ ). Si el valor  $p$  es menor a  $0.05$ , se rechaza la hipótesis nula, mientras que si es mayor o igual a  $0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

**Tabla 25. Resumen de Correlación de Pearson para Aceleración**

Variable	Valor de p	Correlación de Pearson
<b>Aceleración, Peso</b>	0.232	-0.357
<b>Aceleración, Altura</b>	0.566	0.176
<b>Aceleración, Longitud del brazo</b>	0.878	0.047
<b>Aceleración. Longitud de la pierna</b>	0.023	0.622

Fuente: Elaboración propia

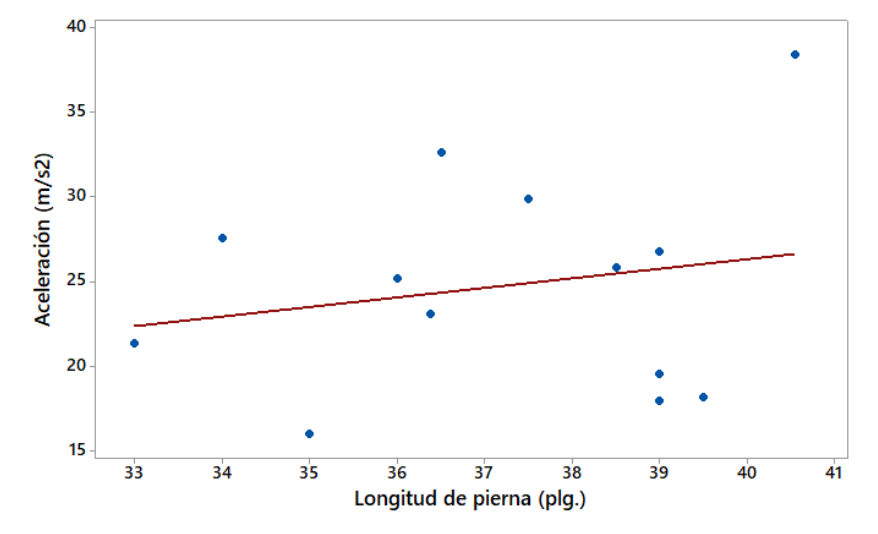
**Ilustración 28. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Longitud de brazo (plg.)**



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 28 se observa una correlación baja entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.047. El valor de p obtenido fue de 0.878. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, aceptamos la hipótesis nula (H0) rechazando así la hipótesis alternativa (H1), indicando que no existe una correlación significativa entre la profundidad de la sentadilla y la flexión máxima de la rodilla.

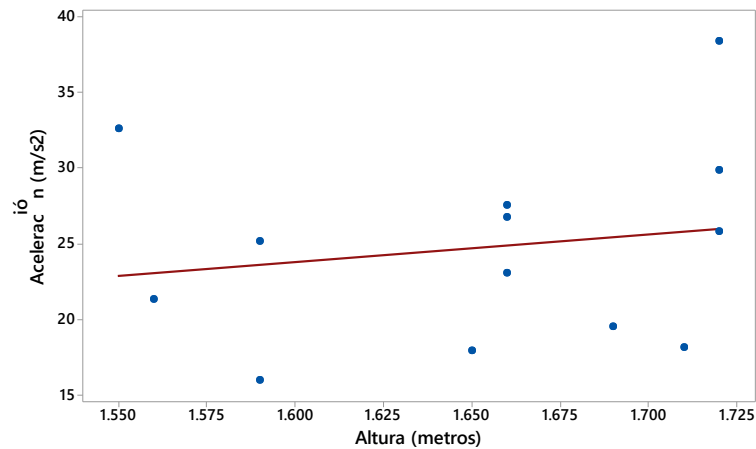
**Ilustración 29. Gráfica de dispersión de Altura Máxima del Remate vs. Longitud de pierna**



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 29 se observa una correlación positiva alta entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.622. El valor de p obtenido fue de 0.023. Dado que el valor de p es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H0) aceptando así la hipótesis alternativa (H1), indicando que existe una correlación significativa entre la altura máxima del remate y la longitud de la pierna.

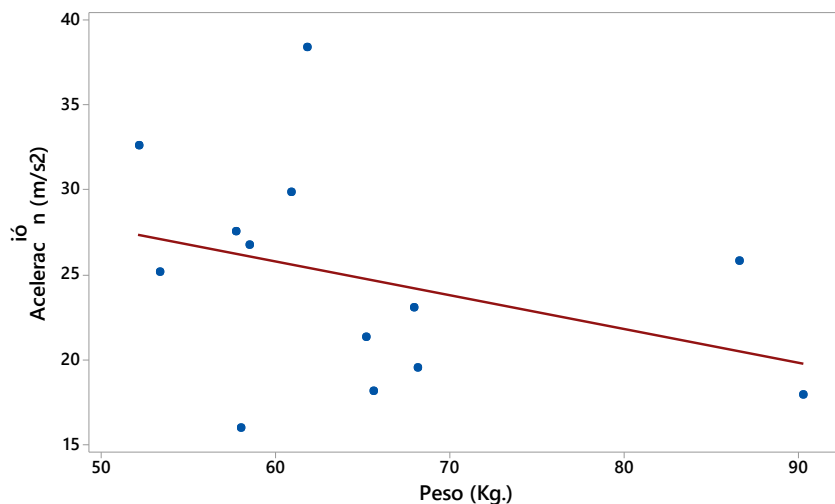
**Ilustración 30. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Altura**



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 30 se observa una correlación positiva baja entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.176. El valor de p obtenido fue de 0.566. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, aceptamos la hipótesis nula (H0) rechazando así la hipótesis alternativa (H1), lo que indica que no existe una correlación significativa entre las variables analizadas.

### Ilustración 31. Gráfica de dispersión de Aceleración vs. Peso



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 31 se observa una correlación negativa alta entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de  $-0.357$ . El valor de p obtenido fue de 0.232. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, aceptamos la hipótesis nula (H0) rechazando así la hipótesis alternativa (H1), indicando que existe una correlación significativa entre la aceleración y el peso a pesar de no presentar suficientes pruebas para validar esta información.

En la siguiente tabla 26, se muestra un análisis de correlación de Pearson entre la altura máxima del remate con respecto al desplazamiento vertical del pie del participante al momento del contacto con el balón en la fase del golpeo, relacionándolo con las variables antropométricas con el propósito de observar si existe una correlación significativa entre estas variables con la variable dependiente. Se plantearon dos hipótesis: una que sugiere que no hay correlación significativa (H0) y otra que indica una correlación significativa (H1).

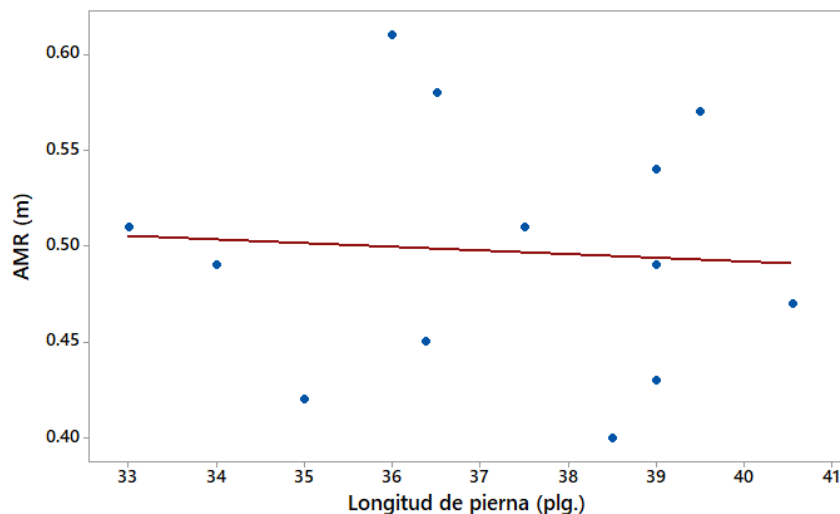
Si el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, mientras que si es mayor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

**Tabla 26. Resumen de Correlación de Pearson para Altura Máxima del Remate**

Variable	Valor de p	Correlación de Pearson
AMR, Peso	0.071	-0.516
AMR, Altura	0.208	-0.374
AMR, Longitud de la pierna	0.674	-0.129

Fuente: Elaboración propia

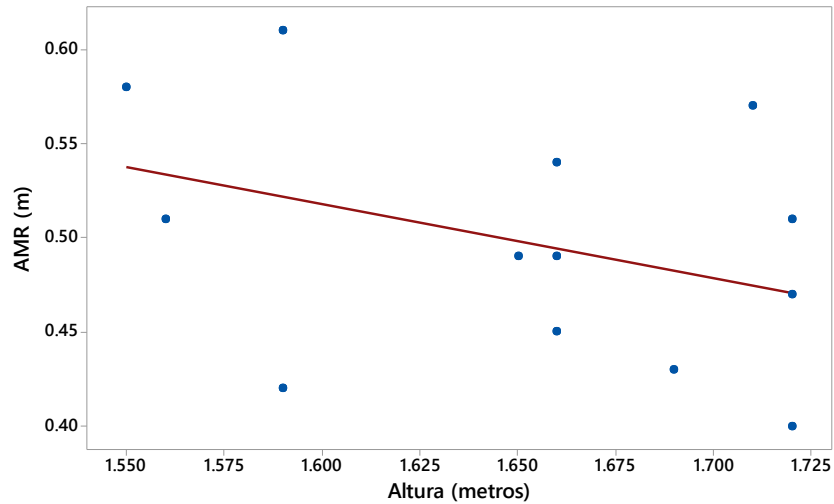
**Ilustración 32. Gráfica de dispersión de Altura Máxima del Remate vs. Longitud de pierna**



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 32 se observa una correlación negativa baja entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de -0.129. El valor de p obtenido fue de 0.674. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, aceptamos la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), indicando que no existe una correlación significativa entre la altura máxima del remate y la longitud de la pierna.

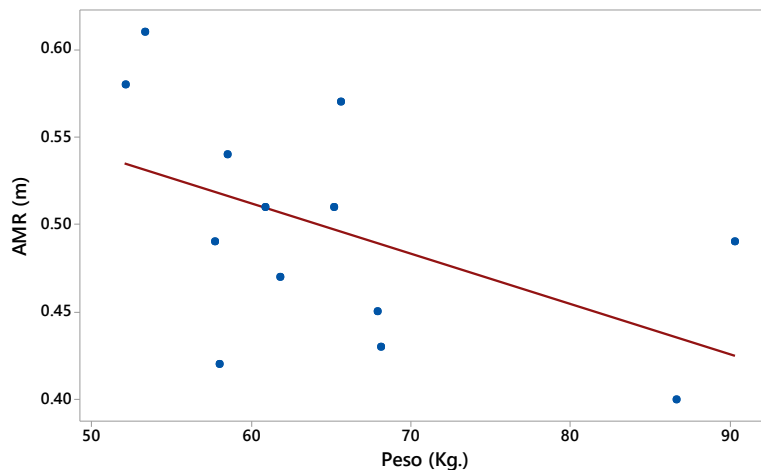
### Ilustración 33. Gráfica de dispersión de Altura Máxima del Remate vs. Altura



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 33 se observa una correlación negativa media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de  $-0.374$ . El valor de  $p$  obtenido fue de  $0.208$ . Dado que el valor de  $p$  es mayor que  $0.05$ , no tenemos suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, no hay suficiente evidencia para sugerir una correlación significativa entre la altura máxima del remate y la altura, pero que si existe una correlación media entre ambas variables.

### Ilustración 34. Gráfica de dispersión de Altura Máxima del Remate vs. Peso



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 34 se observa una correlación negativa alta entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de  $-0.516$ . El valor de  $p$  obtenido fue de  $0.071$ . Dado que el valor de  $p$  es mayor que  $0.05$ , se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se procede a aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), indicando que si existe una correlación significativa entre el peso y la altura máxima del remate.

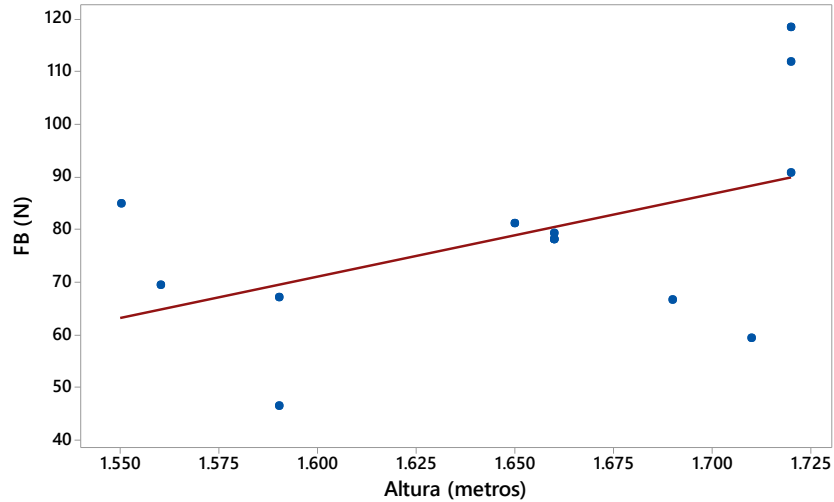
En la siguiente tabla 27, se muestra un análisis de correlación de Pearson entre la fuerza del brazo dominante al momento del contacto con el balón en la fase del golpeo, relacionándolo con las variables antropométricas con el propósito de observar si existe una correlación significativa entre estas variables con la variable dependiente. Se plantearon dos hipótesis: una que sugiere que no hay correlación significativa ( $H_0$ ) y otra que indica una correlación significativa ( $H_1$ ). Si el valor  $p$  es menor a  $0.05$ , se rechaza la hipótesis nula, mientras que si es mayor o igual a  $0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

**Tabla 27. Resumen de Correlación de Pearson para Fuerza del Brazo**

<b>Variable</b>	<b>Valor de p</b>	<b>Correlación de Pearson</b>
<b>Fuerza del Brazo, Peso</b>	0.313	0.304
<b>Fuerza del Brazo, Altura</b>	0.088	0.429
<b>Fuerza del Brazo, Longitud del brazo</b>	0.373	0.269
<b>Fuerza del Brazo, Longitud de la pierna</b>	0.025	0.614

Fuente: Elaboración propia

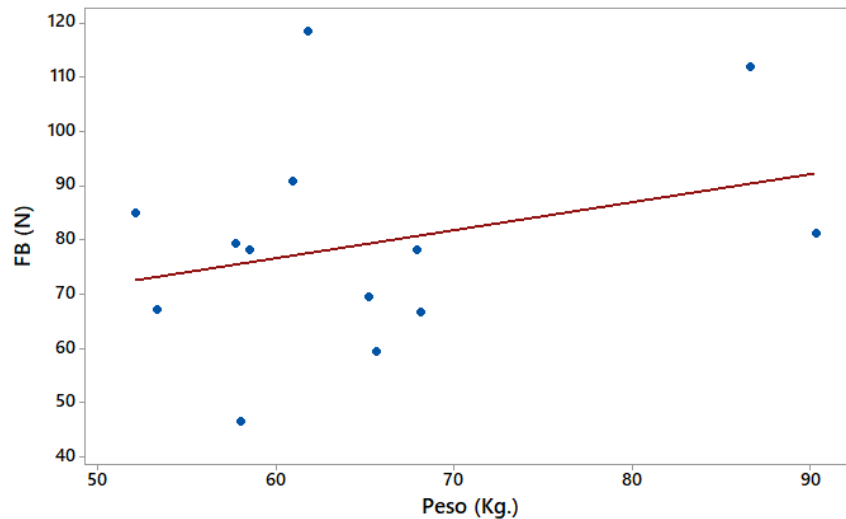
### Ilustración 35. Gráfica de dispersión de Fuerza del Brazo vs. Altura



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 35 se observa una correlación positiva media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.429. El valor de p obtenido fue de 0.088. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, no tenemos suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Pero al obtener un valor medio de correlaciones se estima que exista una correlación entre ambas variables a pesar de no existir la evidencia suficiente.

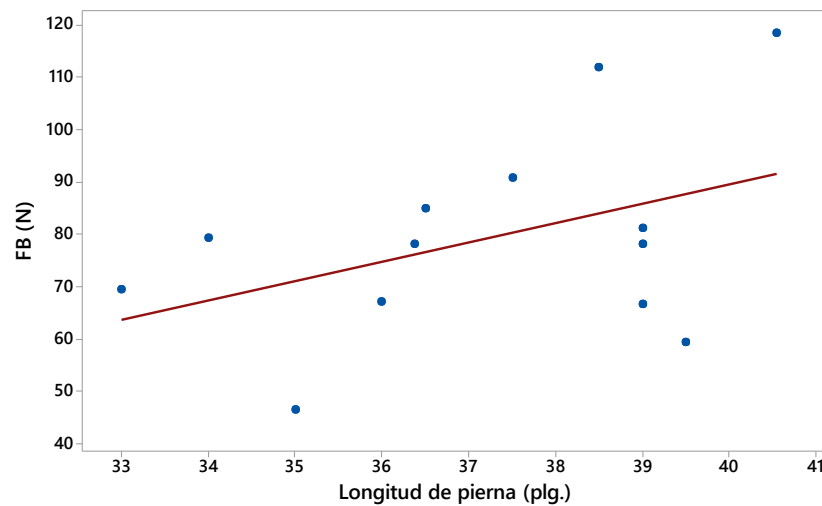
### Ilustración 36. Gráfica de dispersión de Fuerza del Brazo vs. Peso



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 36 se observa una correlación negativa media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.304. El valor de p obtenido fue de 0.313. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, aceptamos la hipótesis nula (H0) rechazando así la hipótesis alternativa (H1), indicando que no existe una correlación significativa entre el peso total del participante y la fuerza ejercida en la fase de golpeo.

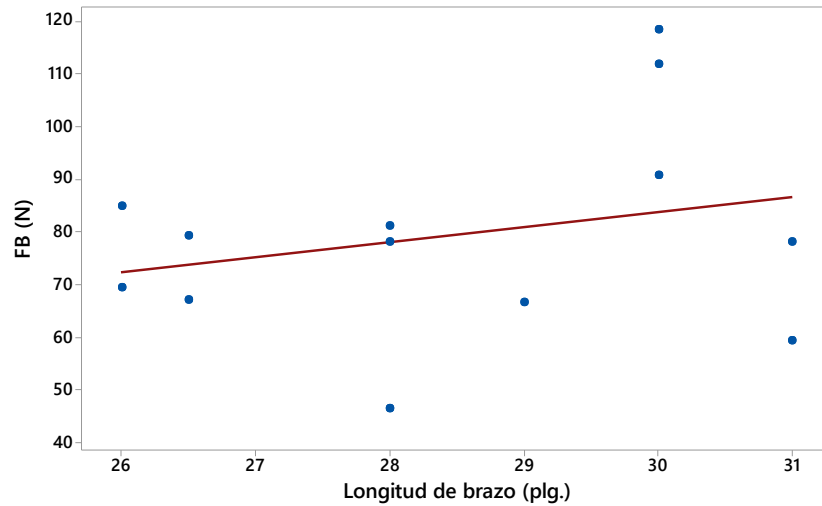
### **Ilustración 37. Gráfica de dispersión de Fuerza del Brazo vs. Longitud de la Pierna**



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 37 se observa una correlación positiva alta entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.614. El valor de p obtenido fue de 0.025. Dado que el valor de p es cercano a 0.05, la correlación es estadísticamente significativa por la alta correlación entre las variables.

### Ilustración 38. Gráfica de dispersión de Fuerza del Brazo vs. Longitud del Brazo



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 38 se observa una correlación positiva media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.269. El valor de p obtenido fue de 0.373. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, no tenemos suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, no hay suficiente evidencia para sugerir una correlación significativa entre la fuerza del brazo y longitud del brazo, pero sí una correlación media entre ellas.

Una vez culminado el análisis de correlaciones para el gesto técnico del remate, se procedió a realizar el mismo análisis de correlaciones para el gesto técnico del bloqueo y cada una de sus variables. En la siguiente tabla 28, se muestra un análisis de correlación de Pearson entre la profundidad de la sentadilla y las variables biomecánicas de la flexión de la rodilla y tronco con el fin de observar cómo ambas variables influyen en que tanto los participantes realizaban un desplazamiento vertical previo al salto. De igual manera se correlacionaron variables como la experiencia para definir si de verdad esto generaba una influencia en el desarrollo y por último se observó si la altura máxima del salto de los participantes presentaba alguna variación dependiendo de que tan profunda era la sentadilla que se realizaba. Se plantearon dos hipótesis: una que sugiere que no hay correlación significativa ( $H_0$ ) y otra que indica una correlación significativa ( $H_1$ ). Si el valor

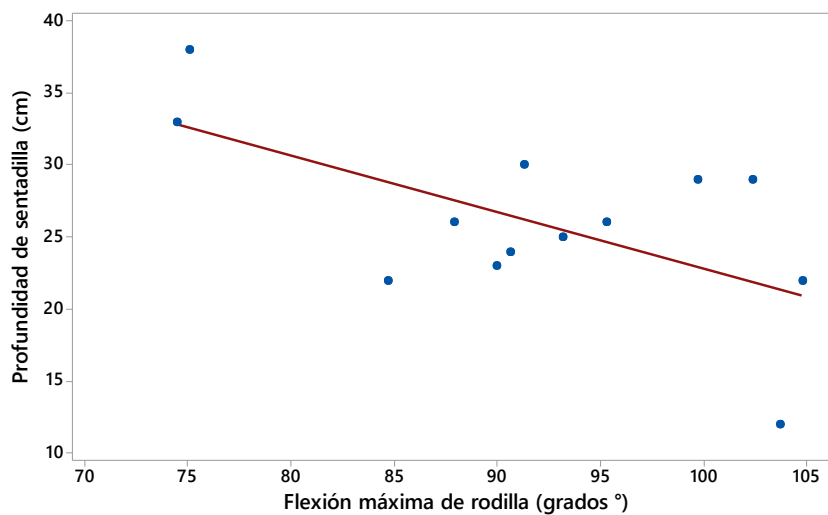
p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, mientras que si es mayor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

**Tabla 28. Resumen de Correlación de Pearson para Profundidad de Sentadilla**

Variable	Valor de p	Correlación de Pearson
<b>Profundidad de Sentadilla , Flexión máxima de la rodilla</b>	0.10	-0.041
<b>Profundidad de Sentadilla , Flexión máxima del tronco</b>	0.10	-0.276
<b>Profundidad de Sentadilla, Experiencia</b>	0.669	0.131
<b>Profundidad de Sentadilla, AMS</b>	0.164	-0.410

Fuente: Elaboración propia

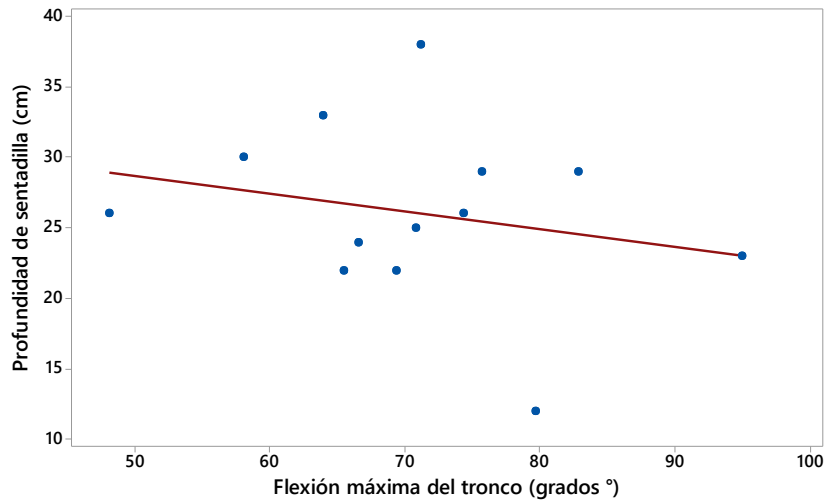
**Ilustración 39. Gráfica de dispersión de PS vs. FMR**



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica de la ilustración 39 se observa una correlación negativa media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de -0.041. El valor de p obtenido fue de 0.10. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, no tenemos suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, no hay suficiente evidencia para sugerir una correlación significativa entre la dispersión de profundidad de sentadilla y flexión máxima de la rodilla.

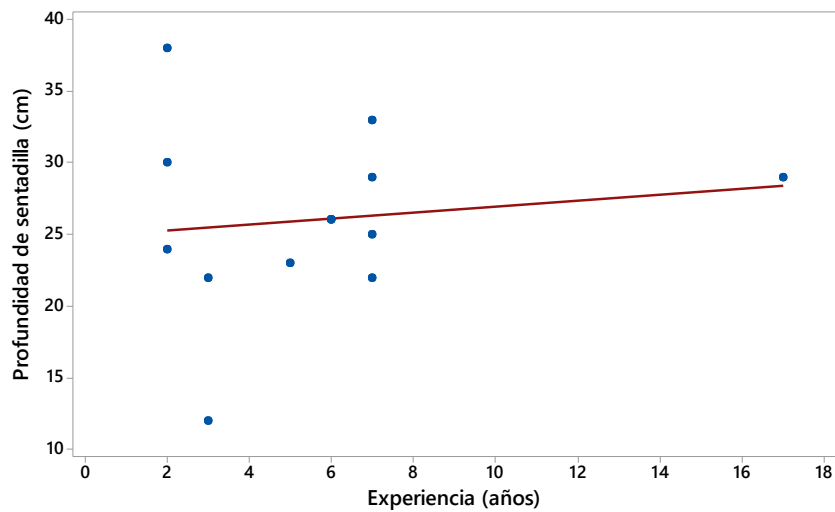
#### Ilustración 40. Gráfica de dispersión de PS vs. FMT



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración anterior se observa una correlación negativa media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de  $-0.276$ . El valor de  $p$  obtenido fue de  $0.10$ , ya que se obtuvo un valor  $p$  mayor a  $0.05$ , aceptamos la hipótesis nula ( $H_0$ ) rechazando así la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), indicando que no existe una correlación significativa entre la profundidad de la sentadilla y la flexión máxima de la rodilla.

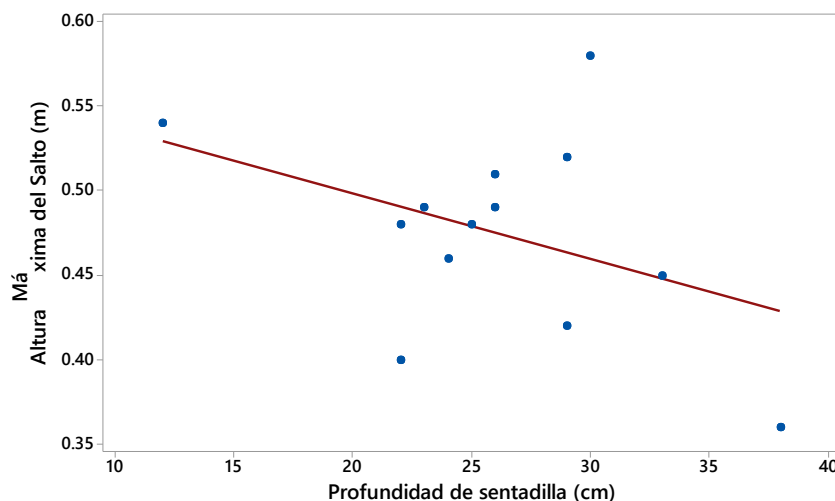
#### Ilustración 41. Gráfica de dispersión de PS vs. Experiencia



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración se observa una correlación negativa media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.131. El valor de p obtenido fue de 0.669. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, se acepta la hipótesis nula (H0) rechazando la hipótesis alternativa (H1), dando como conclusión que no existe una correlación significativa entre la profundidad de la sentadilla y la experiencia de los jugadores.

**Ilustración 42. Gráfica de dispersión de Altura Máxima del Salto vs. Profundidad de Sentadilla**



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración anterior se observa una correlación negativa media entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de -0.410. El valor de p obtenido fue de 0.164. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, procedemos a aceptar la hipótesis nula (H0) rechazando así la hipótesis alternativa (H1), indicando que no existe una correlación significativa entre la profundidad de la sentadilla y la altura máxima del salto.

En la siguiente tabla 29, se muestra un análisis de correlación de Pearson entre la distancia recorrida haciendo referencia al desplazamiento horizontal realizado por los participantes una vez finalizada la maniobra, esta variable se correlacionó con la flexión de rodilla y tronco con el propósito de observar si existe una correlación significativa entre estas variables independientes con la variable dependiente. Se plantearon dos hipótesis: una que sugiere que no hay correlación significativa (H0) y otra que indica una correlación

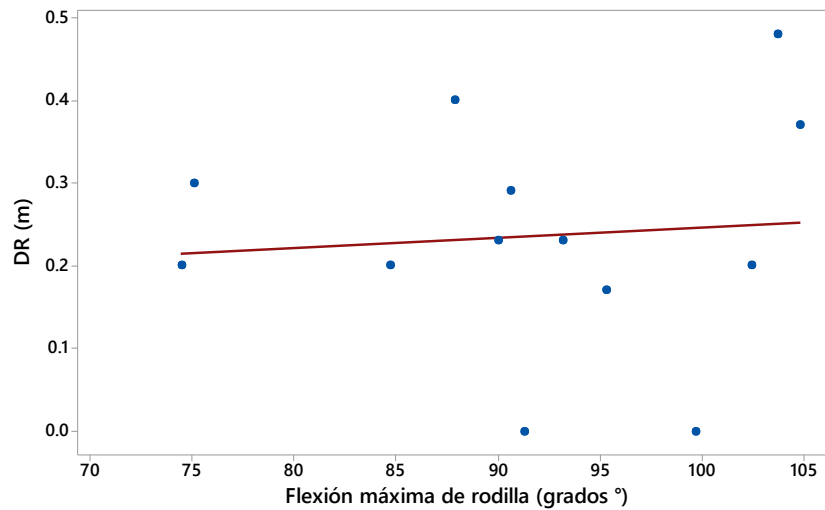
significativa (H1). Si el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, mientras que si es mayor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

**Tabla 29. Resumen de Correlación de Pearson para Distancia de Recorrido**

Variable	Valor de p	Correlación de Pearson
Distancia de Recorrido, Flexión máxima de la rodilla	0.781	0.086
Distancia de Recorrido, Flexión máxima del tronco	0.754	-0.097

Fuente: Elaboración propia

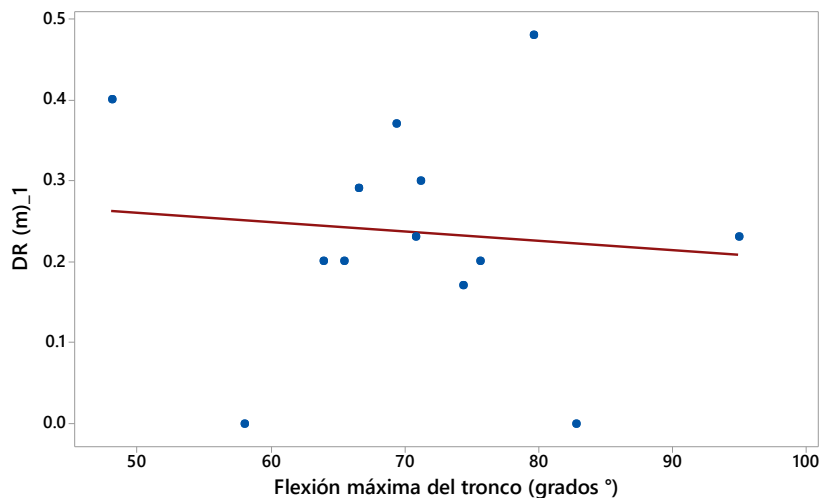
**Ilustración 43. Gráfica de dispersión de Distancia Recorrida vs. FMR**



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la gráfica anterior se observa una correlación positiva baja entre la distancia recorrida y la flexión máxima de la rodilla, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.086. El valor de p que se obtuvo fue 0.781. Debido a que el valor de p se encuentra sobre el nivel de significancia de 0.05, aceptamos la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, no hay suficiente evidencia para sugerir una correlación significativa entre la altura distancia de recorrido y la flexión máxima de la rodilla.

#### Ilustración 44. Gráfica de dispersión de Distancia Recorrida vs. FMT



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 44 observa una correlación negativa entre las variables analizadas dando como resultado una correlación de Pearson de -0.097. El valor de  $p$  obtenido fue de 0.754. Dado que el valor de  $p$  es mayor que 0.05, aceptamos la hipótesis nula ( $H_0$ ) rechazando la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), concluyendo en que no existe una correlación significativa entre la distancia de recorrido y la flexión máxima del tronco.

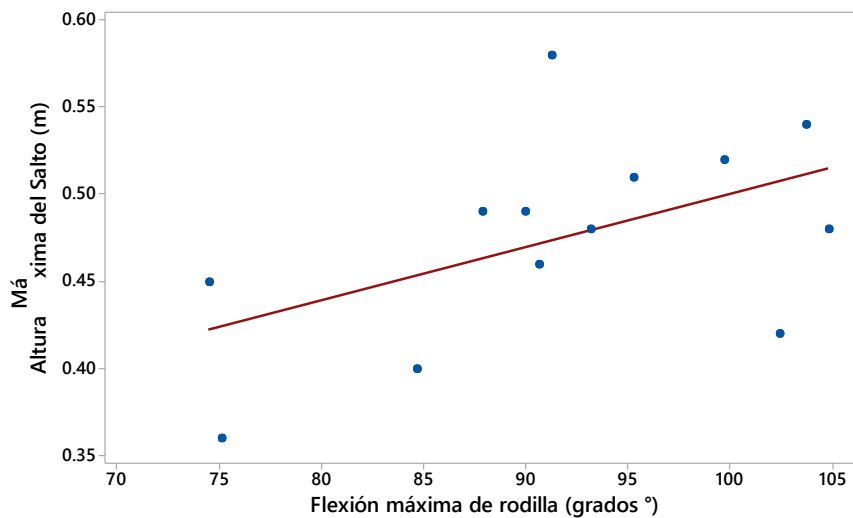
Para la altura máxima del bloqueo, en la tabla 30, se muestra un análisis de correlación de Pearson entre la variable dependiente anteriormente mencionada y las variables biomecánicas de la flexión de la rodilla y tronco con el fin de observar cómo ambas variables influyen en que tanto era el desplazamiento vertical hacia arriba en el salto de los jugadores. De igual manera se pudo observar si en realidad existía una correlación significativa entre esta altura y la experiencia de los participantes. Se plantearon dos hipótesis: una que sugiere que no hay correlación significativa ( $H_0$ ) y otra que indica una correlación significativa ( $H_1$ ). Si el valor  $p$  es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, mientras que si es mayor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

**Tabla 30. Resumen de Correlación de Pearson para Altura Máxima del Bloqueo**

Variable	Valor de p	Correlación de Pearson
<b>AMB, Flexión máxima de la rodilla</b>	0.077	0.506
<b>AMB, Flexión máxima del tronco</b>	0.927	0.028
<b>AMB, Experiencia</b>	0.530	0.192

Fuente: Elaboración propia

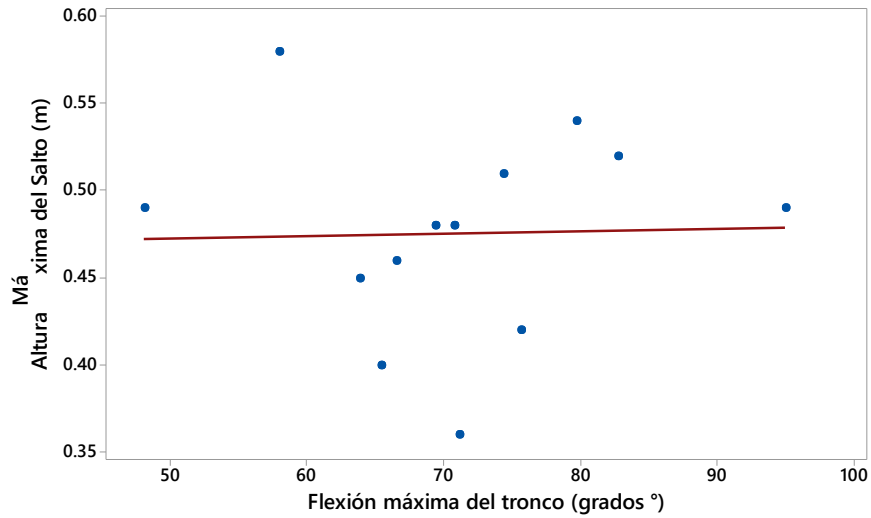
**Ilustración 45. Gráfica de dispersión de AMS vs. FMR**



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica de la ilustración 45 se observa una correlación positiva media entre las variables, obteniendo una correlación de Pearson de 0.506. El valor de p obtenido fue de 0.077. Dado que el valor de p es menor a 0.05, rechazamos la hipótesis nula. Por lo tanto, hay evidencia para sugerir una correlación significativa positiva moderada entre la altura máxima del bloqueo y la flexión máxima de la rodilla.

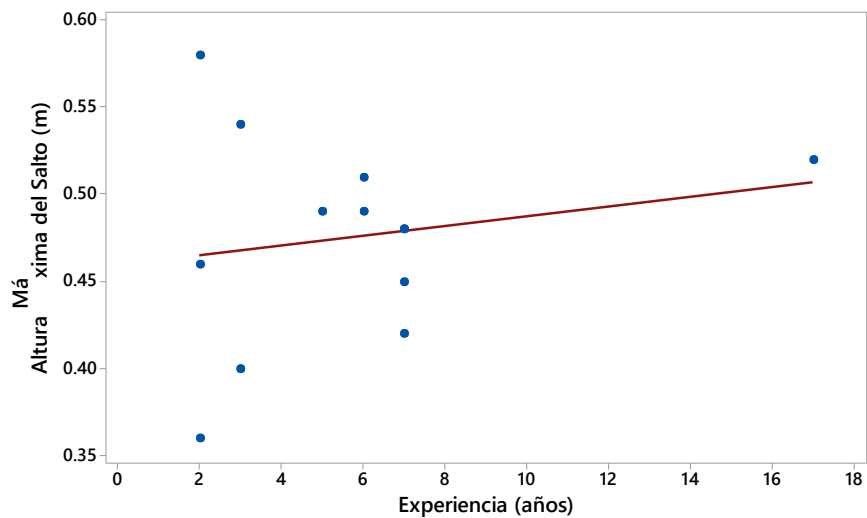
**Ilustración 46. Gráfica de dispersión de AMS vs. FMT**



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 46 se observa una correlación positiva baja entre las variables, se obtuvo una correlación de 0.028. El valor de p obtenido fue de 0.927. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, aceptamos la hipótesis nula (H0) rechazando la hipótesis alternativa (H1), concluyendo en que no existe una correlación significativa entre la altura máxima del bloque y la flexión máxima del tronco.

**Ilustración 47. Gráfica de dispersión de AMS vs. Experiencia**



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se observa una correlación positiva baja entre las variables, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.192. El valor de p obtenido fue de 0.530. al observar que el valor p sobrepasa en nivel de significancia de 0.05, aceptamos la hipótesis nula (H0) rechazando la hipótesis alternativa (H1), concluyendo en que no existe una correlación significativa entre la altura máxima del bloqueo y la flexión máxima del tronco.

### **3.4 DISCUSIÓN**

Para el análisis, se lograron evaluar las relaciones entre las variables dependientes que componen principalmente la calidad del gesto técnico de ambas maniobras analizadas y las variables biomecánicas, haciendo uso de diversas pruebas estadísticas. Es por ello que se aplicaron pruebas de normalidad con el método Shapiro-Wilk para lograr determinar cómo los datos de estas variables independientes se distribuían y, una vez adquiridos los resultados de ellos, se utilizó la prueba de correlación de Pearson para todas las variables debido a que éstas presentaban una distribución normal.

Las correlaciones para las variables dependientes relacionadas a la calidad del gesto técnico del remate. Cada una de ellas fue expuesta a una correlación junto a las variables biomecánicas más influyentes en cada una de las cinco fases presentes en la ejecución al igual que fueron expuestas a realizar una correlación con las variables antropométricas de los participantes. Dando como resultado correlaciones significativamente alta entre la altura máxima del remate y la abducción del hombro en la fase 1 y el peso de los participantes; para la aceleración se encontró una correlación para la extensión máxima de la cadera en la fase 1, la abducción del hombro en la fase 4 así como para la longitud de la pierna. Por último, entre las correlaciones realizadas para la fuerza del brazo resaltaron la altura de los jugadores y la longitud de la pierna.

En lo que respecta a las variables dependientes de la calidad del gesto técnico del bloqueo, muestran una falta de evidencia para relaciones significativas entre la profundidad de la sentadilla y las medidas de flexión, así como la distancia de recorrido y las medidas de flexión. Sin embargo, la correlación entre la profundidad de la sentadilla y la experiencia sugiere una leve correlación positiva, mientras que con la Altura Máxima del Bloqueo (AMB)

muestra una correlación negativa moderada. En contraste, la correlación entre AMB y la flexión máxima de la rodilla es significativa y positiva, mientras que las otras correlaciones en anteriores no son estadísticamente significativas. Estos hallazgos subrayan la complejidad de las relaciones entre estas variables y la importancia de considerar múltiples factores al interpretar los resultados.

Esta investigación brinda información importante sobre las relaciones entre las variables dependientes establecidas y las variables biomecánicas adquiridas por el software de Kinovea en contexto a las actividades estudiadas. Los resultados reflejan que las variables biomecánicas recolectadas no influyen significativamente en la aceleración y la altura máxima del remate, exceptuando la abducción de hombro en la fase 1 y 4 y la extensión de la cadera en la fase 1. Igualmente, al realizar una correlación por las variables dependientes mencionadas con la experiencia, se observó que esta no presentaba una influencia significativa para la aceleración, altura y fuerza de golpeo. Los hallazgos anteriores sirven como una posible herramienta útil para comprender los factores que afectan las variables biomecánicas analizadas, la incidencia en el rendimiento de los participantes y la recurrencia de lesiones en el campo de juego. Esto será un beneficio en apoyo a los entrenadores para la mejora del rendimiento y mitigación de lesiones de los jugadores.

En un estudio realizado por Kumar & Kumar, (2020b), analizaron los ángulos de la flexión de rodilla derecha y la extensión del hombro en la fase de batida (Fase 3) y se correlacionaron con el centro de gravedad presentando una variabilidad significativa del 88.2% al momento del despegue. Al comparar estos resultados con la correlación realizada entre la aceleración y estas mismas variables, se obtuvo una variabilidad significativa del 43.2% para la abducción del hombro con respecto a la aceleración lo cual indica un bajo nivel de significancia entre ambas variables correlacionadas.

Por otro lado, en el estudio de Kumar & Kumar, (2020a) mostró una correlación significativa entre las variables biomecánicas de las extremidades superiores con la variable cinemática lineal al momento de realizar la técnica del remate en la fase de golpeo. Al comparar este análisis con el de la investigación, encontramos que de igual manera existe

una correlación entre las variables de la abducción del hombro y la flexión del codo en la fase de golpeo.

A comparación con el estudio de David García Lasluisa & Michael Vela Rodríguez, (2020), este mostró que existen diferencias biomecánicas entre jugadores de voleibol prejuveniles y juveniles durante el remate. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en el tiempo de preparación para el golpe ni en el ángulo del cuerpo en relación con el centro de gravedad entre los grupos. Mientras que, en la investigación realizada, no se reflejó una correlación que influyera entre la experiencia que tenían los participantes con las variables dependientes analizadas que reflejaran una influencia en la ejecución de ellas.

Al igual que Caseiro-Filho et al., (2023) la investigación resalta la importancia de encontrar métodos de evaluación fiables y accesibles para el análisis biomecánico, especialmente en deportes como el voleibol donde se requiere un seguimiento preciso de variables como la altura del salto vertical. Se destaca que, aunque existen discrepancias en los datos entre evaluadores, la reproducibilidad de los resultados es mayor cuando se analiza la información por el mismo evaluador, especialmente en lo referente al tiempo de vuelo, una variable crucial en los métodos de evaluación.

El estudio enfatiza la necesidad de métodos de evaluación asequibles, como el uso de smartphones y aplicaciones como Kinovea, que permitan un análisis biomecánico preciso y confiable. Se menciona la preferencia por dispositivos de bajo costo en la práctica deportiva, pero se señala la falta de validación científica de muchas de estas herramientas. No obstante, el estudio demuestra que el uso de smartphones y Kinovea puede ofrecer resultados confiables para la evaluación del salto vertical, incluso comparables a sistemas más costosos y avanzados.

Una de las limitaciones de este estudio radicó en la poca disponibilidad de información sobre los rangos de cada variable biomecánica que conforma la ejecución de las maniobras tanto para el remate como para el bloqueo dificultando así la identificación de las variables que pueden llegar a presentar un impacto en las lesiones comunes dentro del juego, dificultando la contextualización de los hallazgos en relación a la as

investigaciones previas. Para ello se sugiere explorar más a fondo las diferencias de las demandas biomecánicas entre ambas maniobras logando adquirir así una comprensión más amplia y sólida de la influencia de las variables en esta disciplina.

Por otro lado, se recomienda extender el número de participantes al estudio, esto debido a que para la correlación no se mostraron mucha correlación o esta era débil debido a la insuficiente evidencia presentada en el análisis. Al momento de realizar el estudio, uno de los participantes involucrados en el proceso de adquisición de datos antropométricos presentó una lesión a la hora de realizar la adquisición de los videos necesarios para realizar el análisis. Sería interesante el lograr observar el desempeño de dicho atleta posterior a su recuperación para observar el cómo este afecta en el desempeño.

## IV. CONCLUSIONES

Esta investigación se enfoca en validar el software Kinovea como una herramienta de análisis biomecánico asequible en jugadores de voleibol femenino, con el propósito de mejorar el rendimiento deportivo y prevenir lesiones al estudiar el gesto técnico del remate y bloqueo. Los resultados obtenidos proporcionan una comprensión más profunda de los factores clave que influyen en estas maniobras, incluyendo aspectos antropométricos, ángulos articulares, aceleración, fuerza y altura de los saltos.

- 1) Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de los ángulos de las articulaciones durante diferentes fases del gesto técnico, incluyendo el contacto inicial y el rango de movimiento en varias articulaciones como el hombro, codo, muñeca, cadera, rodilla y tobillo. Este análisis proporciona información detallada sobre la biomecánica involucrada en la ejecución del remate y bloqueo.
- 2) Se realizaron comparaciones detalladas de la altura de los saltos y los patrones de aterrizaje entre jugadores de voleibol durante la ejecución del remate. Este análisis permitió identificar diferencias biomecánicas entre los participantes y contribuir a la identificación de factores que podrían influir en la prevención de lesiones asociadas con el salto y la aterrizaje.
- 3) Se examinó la relación entre diversas variables biomecánicas y su influencia en la ejecución del gesto técnico del remate y bloqueo. Esto incluyó el análisis de factores como la aceleración, la fuerza y otros parámetros cinemáticos para comprender mejor cómo estas variables interactúan durante la ejecución de las maniobras.
- 4) Se estableció una relación entre las demandas biomecánicas en el gesto técnico del remate y la fuerza durante la fase de golpeo. Este análisis proporciona información crucial sobre cómo la biomecánica del movimiento influye en la capacidad de generar fuerza durante la ejecución del remate, lo que puede tener implicaciones importantes para el rendimiento deportivo y la prevención de lesiones.

## **V. RECOMENDACIONES**

Este estudio se basó en una muestra de 13 jugadoras de voleibol que conformaban a la preselección femenina de Honduras, por lo que los datos que se recolectaron brindan información sobre el comportamiento específicamente de dicho grupo. Con el objetivo de mejorar la precisión del rango de los ángulos analizados, es necesario realizar un estudio más profundo previo para validar el rango de movimiento angular necesario por cada variables con el fin de realizar un gesto adecuado. De igual manera se requiere utilizar un mayor número de participantes para lograr validar de manera más verídica las correlaciones realizadas entre las variables debido a que por faltas de evidencias varias de las correlaciones sugieren no presentar una correlación significativa.

Se sugiere explorar la ejecución de otro tipo de maniobras realizadas dentro del deporte estudiado, como ser el saque y cada una de sus variantes, así como la ejecución de la recepción del balón y el voleo del mismo con el fin de observar el comportamiento de los jugadores y llegar a conclusiones como las que se buscaron en esta investigación como prevenir lesiones y mejorar el rendimiento de los participantes.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Bouhedja, T., Hamida, M. L., & Djemai, H. (2021). Influence de la vitesse sur la détente verticale lors de l'exécution du smash en volley-ball. *Science & Sports*, 36(3), e121–e129. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.07.004>
- Boulanger, S. M. (2022). *The impact of unilateral versus bilateral ankle bracing on lower extremity kinetics, kinematics, and performance in volleyball players* [Thesis]. <https://knowledgecommons.lakeheadu.ca/handle/2453/5013>
- Caseiro-Filho, L. C., Girasol, C. E., Rinaldi, M. L., Lemos, T. W., & Guirro, R. R. J. (2023). Analysis of the accuracy and reliability of vertical jump evaluation using a low-cost acquisition system. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 15(1), 107. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00718-z>
- Ceballos-Laita, L., Marimon, X., Masip-Alvarez, A., Cabanillas-Barea, S., Jiménez-del-Barrio, S., & Carrasco-Uribarren, A. (2023). A Beta Version of an Application Based on Computer Vision for the Assessment of Knee Valgus Angle: A Validity and Reliability Study. *Healthcare*, 11(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/healthcare11091258>
- Chan, S. C., Chan, Y. T., & Chong, Y. Z. (2022). A Low-Cost Human Gait Analysis System. En J. Usman, Y. M. Liew, M. Y. Ahmad, & F. Ibrahim (Eds.), *6th Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering 2021* (pp. 197–

203). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90724-2\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90724-2_21)

Chen, L., Jiang, Z., Yang, C., Cheng, R., Zheng, S., & Qian, J. (2022). Effect of different landing actions on knee joint biomechanics of female college athletes: Based on opensim simulation. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2022.899799>

David García Lasluisa, E., & Michael Vela Rodríguez, J. (2020). Kinematical Analysis of the Volleyball Auction in Preyouth and Youth Players of the Pichincha Sports Concentration. En R. Tair (Ed.), *Recent Advances in Biomechanics*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91936>

Diaz, C. E. (2023). *Análisis cinemático del pase en futbolistas universitarios utilizando el software Kinovea y sensores inerciales* [Thesis]. Universidad Tecnológica Centroamericana.

Gao, L., Lu, Z., Liang, M., Baker, J. S., & Gu, Y. (2022). Influence of Different Load Conditions on Lower Extremity Biomechanics during the Lunge Squat in Novice Men. *Bioengineering*, 9(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9070272>

Garcia, S., Delattre, N., Berton, E., Divrechy, G., & Rao, G. (2022). Comparison of landing kinematics and kinetics between experienced and novice volleyball

- players during block and spike jumps. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14(1), 105. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00496-0>
- Griboff, P. (2020). *Análisis de Lesiones Más Comunes en Voleibol Femenino de Alto Nivel*.
- Guevara, T., & Berlioz, M. F. (2023). *ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL MOVIMIENTO FUNCIONAL DE ATLETAS UTILIZANDO KINOVEA* [Thesis]. Universidad Tecnológica Centroamericana.
- Idrees, M. T., Yasir, A. M., & Hammood, H. S. (2022). The Effect of A Proposed Training Program Using Intermittent Training to Develop Some Physical and Bio-Kinematic Variables and Accuracy of the Jump Spike Serve Skill in Volleyball. *Revista Iberoamericana de Psicología Del Ejercicio y El Deporte*, 17(4), 216–220.
- Kumar, R., & Kumar, D. A. (2020a). *Analysis of Kinematic and Anthropometric Variables of the Spike Execution Technique of Volleyball* (SSRN Scholarly Paper 3722880). <https://papers.ssrn.com/abstract=3722880>
- Kumar, R., & Kumar, D. A. (2020b). *Biomechanical Analysis of Take-off in Spiking Technique of Volleyball Based on Anthropometric and Kinematic Variables* (SSRN Scholarly Paper 3722861). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3722861>
- McErlain-Naylor, S. A., King, M. A., & Felton, P. J. (2021). A Review of Forward-Dynamics Simulation Models for Predicting Optimal Technique in Maximal

Effort Sporting Movements. *Applied Sciences*, 11(4), Article 4.  
<https://doi.org/10.3390/app11041450>

Oliveira, L. dos S., Moura, T. B. M. A., Rodacki, A. L. F., Tilp, M., & Okazaki, V. H. A. (2020). A systematic review of volleyball spike kinematics: Implications for practice and research. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 15(2), 239–255. <https://doi.org/10.1177/1747954119899881>

Pradhan, P., Jyoti Basumatary, Dr. S., Kumar, Dr. S., & Kumar, S. (2022). Kinematic analysis of jump serve performance among volleyball players. *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education*.

Preatoni, E., Bergamini, E., Fantozzi, S., Giraud, L. I., Orejel Bustos, A. S., Vannozzi, G., & Camomilla, V. (2022). The Use of Wearable Sensors for Preventing, Assessing, and Informing Recovery from Sport-Related Musculoskeletal Injuries: A Systematic Scoping Review. *Sensors*, 22(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/s22093225>

Rabin, A., Einstein, O., & Kozol, Z. (2018). Agreement Between Visual Assessment and 2-Dimensional Analysis During Jump Landing Among Healthy Female Athletes. *Journal of Athletic Training*, 53(4), 386–394. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-237-16>

Roggio, F., Ravalli, S., Maugeri, G., Bianco, A., Palma, A., Di Rosa, M., & Musumeci, G. (2021). Technological advancements in the analysis of human motion and

posture management through digital devices. *World Journal of Orthopedics*, 12(7), 467–484. <https://doi.org/10.5312/wjo.v12.i7.467>

Shinde, D. S. S. (2020). *CONSTRUCTION OF TEST BATTERY FOR THE SELECTION OF INTER-COLLEGIATE VOLLEYBALL PLAYERS OF UNIVERSITY OF MUMBAI*. Ashok Yakkaldevi.

Stergiou, N. (2020). *Biomechanics and Gait Analysis*. Elsevier.

Ueno, R., Navacchia, A., Schilaty, N. D., Myer, G. D., Hewett, T. E., & Bates, N. A. (2021). Hamstrings Contraction Regulates the Magnitude and Timing of the Peak ACL Loading During the Drop Vertical Jump in Female Athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 9(9), 23259671211034487. <https://doi.org/10.1177/23259671211034487>

Wade, L., Needham, L., McGuigan, P., & Bilzon, J. (2022). Applications and limitations of current markerless motion capture methods for clinical gait biomechanics. *PeerJ*, 10, e12995. <https://doi.org/10.7717/peerj.12995>

White, W. G. (2022). *How does a bout of repeated spiking affect shoulder muscle activity during a rapid arm raise task? A study of trained male volleyball players*. [Thesis, University of Otago]. <https://ourarchive.otago.ac.nz/handle/10523/14697>

Zeng, J., He, X., Hu, Y., Zhang, Y., Yang, H., & Zhou, S. (2021). Research Status of Data Application Based on Optical Motion Capture Technology. *2021 2nd*

*International Conference on Artificial Intelligence and Information Systems, 1–*

8. <https://doi.org/10.1145/3469213.3470248>