



**BIOMECÁNICA DE LA ARTICULACIÓN DEL TOBILLO DURANTE EL SALTO  
VERTICAL EN JUGADORES DE BALONCESTO: REVISIÓN DE LA LITERATURA**

Modalidad: monografía

Gustavo Fernando Gómez Díaz.

C.C 13723983

Sergio Mauricio Méndez Larrota

C.C 91289728

Raúl Vesga Mujica

C.C 91490917

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS Y EMPRESARIALES (FCSE)  
PROFESIONAL EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE  
BUCARAMANGA 6 DE JULIO DEL 2020**



## **BIOMECÁNICA DE LA ARTICULACIÓN DEL TOBILLO DURANTE EL SALTO VERTICAL EN JUGADORES DE BALONCESTO: REVISIÓN DE LA LITERATURA**

Modalidad: monografía

Gustavo Fernando Gómez Díaz.

C.C 13723983

Sergio Mauricio Méndez Larrota

C.C 91289728

Raúl Vesga Mujica

C.C 91490917

**Trabajo de Grado para optar al título de Profesional en Actividad Física y Deporte**

**DIRECTOR**

Ms., Ft. Maria Alejandra Camacho Villa

Grupo de Investigación en Ciencia e Innovación Deportiva - GICED

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS Y EMPRESARIALES (FCSE)  
PROFESIONAL EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE  
BUCARAMANGA 6 DE JULIO DEL 2020**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

APROBADO

---

---

---

---

---



---

Firma del Evaluador 1



---

Firma del Evaluador 2



---

Firma del Director

## DEDICATORIA

Dedicamos nuestro trabajo de grado principalmente a Dios, por ser nuestro inspirador, ayudador y darnos fuerza y perseverancia para continuar en este proceso y poder optar por el título universitario como profesionales en Actividad Física y Deporte que es de nuestros más grandes anhelos.

A nuestros padres, esposas e hijos por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestra asesora de proyecto de grado Maria Alejandra Camacho Villa por su paciencia, por haber compartido sus conocimientos y valiosos aportes a lo largo de la preparación de nuestra profesión y de este proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestra asesora de proyecto de grado María Alejandra Camacho Villa por su paciencia, por haber compartido sus conocimientos y valiosos aportes a lo largo de la preparación de nuestra profesión y de este proceso, por habernos orientado en todos los momentos que necesitamos sus consejos.

A nuestro claustro universitario, las UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER por permitirnos el privilegio de pertenecer a tan hermosa familia.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b><u>RESUMEN EJECUTIVO .....</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b><u>INTRODUCCIÓN.....</u></b>	<b><u>11</u></b>
<b><u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</u></b>	<b><u>12</u></b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	13
1.3 OBJETIVOS .....	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos .....	15
1.4 ESTADO DEL ARTE.....	15
<b><u>2. MARCO REFERENCIAL.....</u></b>	<b><u>21</u></b>
2.1 MARCO LEGAL.....	21
2.2 MARCO CONCEPTUAL .....	22
<b><u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</u></b>	<b><u>33</u></b>
<b><u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u></b>	<b><u>34</u></b>
4.1 ANATOMÍA DE LA ARTICULACIÓN DEL TOBILLO.....	34
4.2 BIOMECANICA DE LA ARTICULACIÓN DEL TOBILLO DURANTE EL SALTO VERTICAL.....	42
4.2.1 Osteocinemática y artrocinemática de la articulación del tobillo.....	42
4.2.2 Salto vertical .....	45
4.3 ACTIVACIÓN MUSCULAR DURANTE LAS FASES DEL SALTO VERTICAL EN LA ARTICULACIÓN DEL TOBILLO.....	47
<b><u>5. CONCLUSIONES.....</u></b>	<b><u>50</u></b>
<b><u>6. RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b><u>51</u></b>
<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</u></b>	<b><u>52</u></b>

R-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 01

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Anatomía ósea articulacion tobillo .....	36
Figura 2. Estabilidad en plano frontal del talón (A) Sagital(B) .....	38
Figura 3. Biomecánica del salto vertical .....	47

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Osteocinemática de las articulaciones principales que conforman el cuello del pie.....	42

## RESUMEN EJECUTIVO

Esta monografía tuvo como objetivo realizar una revisión de la literatura sobre la biomecánica del tobillo durante el gesto deportivo del salto vertical en jugadores de baloncesto. La articulación del tobillo durante el salto vertical en jugadores de baloncesto juega un papel importante debido a su aporte en la absorción de fuerzas de impacto y la acumulación - liberación de energía cinética durante su ejecución.

Los diferentes movimientos que esta articulación permite, así como la contracción concéntrica y excéntrica de ciertos grupos musculares durante las diferentes etapas del salto, permiten determinar su aporte fundamental durante la ejecución. La información que se recopiló sirve como precedente para estudiantes de la carrera de Tecnología Deportiva y Profesionales en Actividad Física y Deporte y/o afines, con el fin de entender a profundidad la biomecánica y posibles mecanismos de lesión con el fin de tener las bases teóricas claras para orientar y estructurar de una mejor forma la prescripción del entrenamiento de la técnica de este gesto en los deportistas

**PALABRAS CLAVE:** biomecánica, tobillo, salto vertical, osteocinemática, artrocinemática.

## INTRODUCCIÓN

El salto vertical es una destreza muy importante y uno de los ejercicios más estudiados en el campo deportivo del alto rendimiento como el basketball, futbol y volleyball.

Para poder realizar este movimiento tan coordinado se necesita una compleja armonía entre los segmentos corporales, modulando la fuerza y movimientos que se originan en torno a las articulaciones involucradas (González Cruz, Bregains, & Braidot, 2008).

El salto vertical es una propiedad que se compone de fuerza, agilidad y velocidad siendo esta una técnica que favorece el mejoramiento de la capacidad cardiovascular, la flexibilidad, la coordinación, la potencia y el equilibrio, encontrando que todo lo anterior se relaciona con un buen desempeño del jugador en el campo deportivo (Izquierdo Martínez & Cárdenas Sandoval, 2015).

Por lo anterior, es muy importante para el entrenador conocer la función biomecánica de la articulación del tobillo para realizar una mejor planificación en los entrenamientos distribuyendo adecuadamente las cargas y elección de ejercicios propios, con el fin de potenciar la actividad en donde se busque que el jugador realice de forma más adecuada dicho gesto.

Es por esta razón que se realizó una monografía con el objetivo de realizar una revisión muy reciente de la literatura sobre la biomecánica del tobillo durante el salto vertical en jugadores de baloncesto.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Analizar un movimiento desde la perspectiva biomecánica permite entender de mejor manera el comportamiento del deportista al realizar los movimientos técnicos en cualquier disciplina deportiva, disminuyendo la probabilidad de lesiones en el campo de juego y mejorar el rendimiento físico deportivo de los atletas (Acero Jáuregui, 2013). manifiesta que “Gran parte de los biomecánicos del deporte están direccionados a mejorar el rendimiento en el deporte para de esta manera prevenir y disminuir el número de lesiones.

El salto vertical es una destreza motora importante en la práctica de numerosos deportes de alto rendimiento como el basketball, futbol y volleyball. En esta última disciplina deportiva su relevancia radica en acciones como entradas al aro, rebotes y ajustes defensivos que determinan el alcance de un punto a favor del equipo o la victoria en un encuentro deportivo (González Cruz, Bregains, & Braidot, 2008). Su ejecución implica la interacción de múltiples articulaciones y acciones musculares debido a las demandas mecánicas que determinarán lograr el objetivo de alcanzar la máxima altura del centro de gravedad (González Cruz, Bregains, & Braidot, 2008).

Anualmente se reportan diversos casos de lesiones ocurridas durante la práctica deportiva que involucran saltos, como esguinces, fracturas, tendinitis del tendón de aquiles y desgarros en platiflexores (Izquierdo Martínez & Cárdenas Sandoval, 2015). Se ha demostrado que principalmente ocurren en actividades de desaceleración o cambio de dirección, implicando grandes costos en cuanto a cirugías y tratamiento terapéutico,

además de la dificultad del jugador para reincorporarse al campo de juego (Izquierdo Martínez & Cárdenas Sandoval, 2015).

Los entrenadores de las diferentes disciplinas que utilizan este gesto en su práctica (ejm voleibol, basquetbol y futbol) tienen dificultad al analizar diferentes variables para mejorar el desarrollo de la técnica y disminuir la prevalencia de lesiones en la articulación del tobillo como fundamentos técnicos impartidos inadecuadamente, ausencia de planificación del entrenamiento y escaso conocimiento de la biomecánica del tobillo, lo que conlleva al bajo rendimiento deportivo (Sánchez Hernández, De Loera Rodríguez, Cobar Bustamante, & Martín Oliva, 2016).

Es por esta razón que el pleno conocimiento de la biomecánica de dicha articulación durante la ejecución del salto vertical en los profesionales es de vital importancia para mejorar o potenciar el gesto deportivo en los atletas que deben ejecutarlo y minimizar la prevalencia de lesiones. Teniendo en cuenta lo anterior la pregunta de investigación es **¿Cómo es la biomecánica de la articulación del tobillo durante el salto vertical en jugadores de baloncesto?**

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La preparación técnica de cualquier gesto deportivo en los atletas de alto rendimiento se encuentra a cargo del entrenador. Dicho proceso implica el conocimiento de aspectos biomecánicos que permiten determinar articulaciones y músculos implicados, tipo de contracción utilizada durante las fases del movimiento, perfil epidemiológico de lesiones específicas para el gesto, entre otras (Gollhofer, 1991).

La articulación del tobillo es una de las más implicadas en diferentes deportes debido a la ejecución frecuente del salto vertical, que se realiza de forma adecuada cuando existe sincronía y correcta modulación en los músculos efectores. El salto vertical

favorece la mejoría de la salud en general ya que promueve la flexibilidad, agilidad, coordinación, fuerza, equilibrio, potencia además de mejorar la capacidad cardiovascular (Izquierdo Martínez & Cárdenas Sandoval, 2015)

En el baloncesto la literatura científica (Manonelles Marqueta & Tárrega Tarrero, 1988) ha demostrado cómo durante la ejecución del salto vertical durante lanzamientos, bloqueos defensivos y ofensivos principalmente lesiones ligamentosas, musculares, articulares y óseas se presentan o son acumuladas en los jugadores durante los entrenamientos o encuentros deportivos principalmente en la articulación del cuello del pie (Manonelles Marqueta & Tárrega Tarrero, 1988).

Durante la ejecución del gesto dicha articulación pasa por ciertas fases o etapas; la de preparación que es previa al salto en donde intervienen principalmente, gastrosoleos, flexor largo de los dedos y peroneos, la segunda etapa es la de impulso en donde se evidencia mayor contracción muscular en los gastrosoleos, la tercera etapa es el vuelo y la última el aterrizaje (Izquierdo Martínez & Cárdenas Sandoval, 2015).

La ejecución inadecuada de alguna de estas fases debido aspectos morfo fisiológicos del individuo podría generar alteraciones en el movimiento y predisponer altamente a una lesión, dejando al deportista por fuera del juego y/o competencia.

Es por esta razón que la revisión de la literatura sobre la biomecánica de la articulación del tobillo durante la ejecución del salto vertical en el baloncesto es de vital importancia para diseñar entrenamientos adecuados para potenciar la técnica y disminuir el riesgo de lesiones, siendo primordial en los procesos de prevención en los deportistas.

Este trabajo de grado alimenta el **Grupo de investigación en Ciencia e Innovación Deportiva (GICED) en su línea de entrenamiento deportivo del programa Profesional en Actividad Física y Deporte**

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo general

Especificar la biomecánica en la articulación del tobillo durante el salto vertical en jugadores de baloncesto

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Explicar la anatomía de la articulación del tobillo
- Describir la osteocinemática y artrocinemática de la articulación del tobillo en las fases del salto vertical en deportistas de baloncesto
- Describir la activación muscular en las fases del salto vertical en la articulación del tobillo

## 1.4 ESTADO DEL ARTE

*Titulo: Análisis de salto vertical repetido en jugadores de baloncesto*

*Autores: Nájera R, De León L, Feriche B, Candía R, Carrasco C.(2015)*

Objetivo del estudio: Esta investigación tuvo como objetivo examinar las variaciones que suceden en la fuerza máxima explosiva y la relación de la misma con el salto vertical ejecutado repetidamente con pequeños periodos de recuperación pasiva en deportistas de baloncesto.

En algunas disciplinas deportivas como el baloncesto se utiliza el trabajo anaeróbico para realizar ejercicios y resolver acciones del juego, entre ellas salto vertical. El salto vertical se demarca como el movimiento multiarticular balístico que necesita fuerza

explosiva y busca alcanzar la máxima altura del centro de gravedad ejecutando la flexo-extensión rápida de piernas con una pequeña frenada entre fase y fase. La postura inicial del deportista es erguido con su cuerpo y MMII extendidos y sin ningún tipo de inclinación hacia los lados o delante-atrás.

La flexión en la articulación de las rodillas debe tener un ángulo de hasta 90° aprox. Los brazos deben permanecer fijos adosados a nivel de la articulación coxofemoral. Encontramos que el tronco esta verticalizado pero no muestra un adelantamiento. Los MMII deben mantenerse rectos en la fase de vuelo, teniendo contacto con la superficie realizando plantiflexión, con la articulación de la rodilla extendida. Luego de tener contacto con la superficie se podrán flexionar las piernas en ángulo de 90° aprox a nivel de rodillas.

La suma de ejecuciones de saltos verticales de manera repetitiva afecta la fuerza muscular explosiva, aun cuando se realizan recuperaciones cortas entre una serie y otra. La relación existente entre el trabajo y la recuperación es un factor a considerar cuando se planifica el entrenamiento de baloncesto.

Debemos considerar varios aspectos de importancia en el salto vertical, tales como las repeticiones que el deportista ejecuta por la exigencia misma del deporte, ya que de esta forma afecta la respuesta del organismo a nivel fisiológico y biomecánico. Por esta razón se han diseñado estudios sobre el rendimiento deportivo y la resistencia a la fuerza máxima explosiva que se presentan en diferentes deportes durante el salto vertical reiterado (Hespanhol, Silva Neto, & Arruda, 2006)

Durante décadas el salto vertical ha sido objeto de investigación, este parece un fácil ejercicio, pero lo condicionan múltiples factores al momento de querer lograr la máxima capacidad de ejecución del movimiento. Varios autores establecen que el resultado del salto vertical está dado por la potencia máxima e índice de fatiga; otros estudios se

concentran en características fisiológicas- técnicas como la del músculo esquelético activo o también los movimientos del salto (Nájera Longoria, De León Fierro, Fernández-Castanys, Carrasco Legleu, & Candia Lujan, 2015)

Cualquier enfoque de las investigaciones sobre el salto vertical, tiene como fin entender y mejorar las condiciones con las cuales el deportista lograra efectuar con una eficacia mayor las ejecuciones del salto (Nájera Longoria, De León Fierro, Fernández-Castanys, Carrasco Legleu, & Candia Lujan, 2015).

Varios autores establecen que el resultado del salto vertical está dado por la potencia máxima e índice de fatiga; otros estudios se concentran en características fisiológicas- técnicas como la del músculo esquelético activo o también los movimientos del salto (Nájera Longoria, De León Fierro, Fernández-Castanys, Carrasco Legleu, & Candia Lujan, 2015)

La suma de ejecuciones de saltos verticales de manera repetitiva afecta la fuerza muscular explosiva, aun cuando se realizan recuperaciones cortas entre una serie y otra. La relación existente entre el trabajo y la recuperación es un factor a considerar cuando se planifica el entrenamiento de baloncesto. Es importante también conocer la capacidad de reacción del sistema neuromuscular que se determina como la cualidad de realizar un impulso alto de fuerza seguidamente de un intenso alargamiento mecánico del músculo esquelético.

El paso del musculo de trabajo excéntrico a concéntrico de una carga dinámica puede explicar lo anteriormente dicho. El ciclo de estiramiento acortamiento determina el desarrollo de la capacidad reactiva a nivel del sistema neuromuscular

La fuerza explosiva involucra un paso en el menor tiempo posible del régimen excéntrico al concéntrico. Un previo estiramiento muscular amplia el efecto del trabajo

en la posterior contracción muscular y este será mayor al creado por el mismo musculo que se contrae en condición de tensión isométrica esto según los principios de la fisiología neuromuscular. Los excedentes de fuerza generados por el estiramiento muscular crecen por la velocidad de magnitud del mismo. Este excedente es mayor en la medida en que aumenta la velocidad de la transición del estiramiento a la contracción muscular (Gollhofer, 1991). En el salto la potencia involucra un alto desarrollo de la fuerza realizada a grandes velocidades. Esto logramos evidenciarlo en la curva de fuerza vs tiempo, el anterior concepto fue dado como "principio de fuerza inicial" en 1967 por Hochmuth.

*Título: contribución segmentaria en saltos en contramovimiento vertical y horizontal.*

*Autores: Gutiérrez M, Garrido J, Amaro J, Rojas F.*

Objetivo del estudio: Hacer análisis dinámico y cinemático del salto vertical y horizontal para cuantificar la contribución de los segmentos corporales al desplazamiento durante la fase de propulsión del centro de masa.

Materiales y métodos: participaron 28 estudiantes masculinos de la facultad de ciencias del deporte, utilizando como criterio de selección haber participado en deportes donde el salto vertical representa una destreza fundamental, se informa y se solicita consentimiento informado. Se utilizó plataforma de fuerza 500 Hz, sincronizada con una cámara de video a 210 Hz que registra el plano sagital en los saltos.

Según la literatura se encuentran investigaciones en mayor medida del salto vertical en el baloncesto en comparación con el salto horizontal, además porque es relevante para evaluar capacidades de coordinación en los deportistas. A pesar de que el salto horizontal es una modalidad que se utiliza para evaluar potencia muscular y coordinación

de los miembros inferiores algunos estudios comparan el salto vertical con el horizontal arrojando datos sobre la contribución segmentaria en el salto horizontal.

Se realizó un estudio a 28 jugadores de modalidades deportivas en donde el salto vertical era el movimiento básico a realizar fueron evaluados por medio de técnicas de simulación por ordenador donde se compararon el horizontal y vertical partiendo desde la posición de cuclillas sin contramovimiento, encontrando que se realiza el movimiento de salto horizontal con un giro hacia adelante con un eje de rotación en tobillo, utilizando la rotación- extensión como estrategia.

No se encontró diferencia alguna en la velocidad del centro de masa al momento del despegue en ninguno de los saltos. Otros reportes indican que la acción muscular del psoas iliaco y recto femoral en el salto horizontal es mayor en posición erguida con contramovimiento. Lo anterior indica una gran contribución del tronco a la velocidad alcanzada por el centro de masa durante el despegue. Además, sugieren que los momentos de fuerza, potencia y trabajo muscular realizado por cadera, tobillo y rodilla son modificados por los MMSS incrementando la fuerza de reacción de la fase de aceleración vertical (Gutiérrez-Dávila, Garrido, Amaro, & Rojas, 2014).

Se utilizó metodología de Feltner y col., (2004) para el análisis de saltos verticales en contramovimiento adaptándola también a los saltos en horizontal, definiendo las fases: contramovimiento, propulsión y previa al despegue.

El tiempo de búsqueda se define como en el periodo comprendido entre el inicio y el despegue. Como conclusión se encuentra que el aporte positivo del tronco en sentido vertical más el aporte de la cabeza inicia antes de comenzar la fase propulsiva en los dos saltos. Esto señala que al iniciar la fase propulsiva ya se está realizando un desplazamiento hacia arriba. En la parte inicial de propulsión se incrementa el aporte del tronco y la cabeza en los saltos, siendo significativamente mayor para el salto horizontal.

Igual que el aporte vertical de las piernas como el aporte horizontal empiezan en contramovimiento siendo superior al comenzar la fase propulsiva para el salto horizontal.

*Título: Análisis biomecánico de un buen y un bajo desempeño del salto vertical*

*Autores: Vanezis A, Lees A.*

Objetivo del estudio: Investigar la contribución de las articulaciones de las MMII en el rendimiento del salto vertical mediante el buen y el bajo desempeño del salto de contra movimiento.

Materiales y métodos: Se seleccionaron dos grupos de jugadores que se consideraron buenos y malos saltadores, se requirió que cada jugador tres saltos verticales máximos en contramovimiento y tres saltos sin movimiento de brazos, el rendimiento del salto se registro simultáneamente por medio de plataforma para fuerza y sistema de análisis del movimiento automático ProReflex a 240 Hz, los valores en el tobillo, rodilla y cadera se calcularon a partir de estos datos.

Como resultados se encuentran que las diferencias entre el balanceo de los brazos y la condición sin balanceo es pequeña sugiriendo que el aporte de los brazos en la técnica de realización del salto es similar entre grupos, pero se encuentra una diferencia evidente existe mayor potencia de salida de la cadera y rodilla para el grupo alto durante la fase de descenso posterior (50-75%) Como conclusión se encuentra que se utilizan muchos métodos de bajo costo para medir la altura saltada (por ejemplo, contacto- estera, salto y alcance, sistema de cinturón) pero estos son limitados porque usan partes del cuerpo como punta de los dedos, cabeza, cintura, dedos de los pie con el fin de registrar la altura del salto en lugar del desplazamiento del centro de masa que refleja mejor el esfuerzo realizado en el salto.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO LEGAL

**LEY No 1967 11 JUNIO 2019** por la que se transforma el departamento administrativo del deporte, la recreación, la actividad física y el aprovechamiento del tiempo libre (COLDEPORTES) en el ministerio del deporte.

El Congreso de Colombia decreta dentro de sus funciones:

fortalecer la investigación, fomentar la difusión, y utilizar las ciencias aplicadas del deporte, para mejorar el deporte.

#### *POLÍTICA PÚBLICA DE COLDEPORTES*

En cumplimiento al artículo 15 del decreto 4183 de 2011, que en su numeral seis dictamina como función de la Subdirección General “Orientar la formulación de documentos de política, en Deporte, la Recreación, la Actividad Física y el Aprovechamiento del Tiempo Libre que van a orientar las acciones del Gobierno Nacional hacia la coordinación y articulación de políticas públicas, con una visión de Estado al largo plazo”, desde el despacho de la Subdirección General se han causado diferentes estrategias propendientes a formular, implementar y evaluar las políticas públicas sectoriales de alta calidad y que realzan la generación de valor público a través de la toma de decisiones informada.

Por esta razón desde el año 2014 comenzó el proceso de construcción de la política pública sectorial con vigencia de 2018 hasta el 2028.

Este permitió la creación de nuevas estrategias para generar conocimiento y crecimiento además de la investigación que fortaleció el sector y se encuentra en un documento que hace énfasis en ser público a nivel institucional para promover la participación del ciudadano virtual y presencialmente fortaleciéndose a través de la institucionalidad y el Sistema Nacional del Deporte.

Fomentar el crecimiento del sector desde el nivel local es objetivo principal del Ministerio, con un proceso participativo de entes territoriales, miembros públicos del Sistema Nacional del Deporte, deportistas y ciudadanos de todo el país. Por esta razón, se precisa de instrumentos tales como la actual política pública que logren organizar el sector, impartir lineamientos y generar una ruta de objetivos alcanzables para lograr fortalecer lo público en el Sistema Nacional del Deporte.

El avance más importante de esta política pública es el ver el deporte como elemento transformador de la sociedad, satisfacción personal de los individuos, especialmente en la interacción con el bienestar en general y el crecimiento integral

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

Es necesario conocer que es la biomecánica, etimológicamente hablando está formada por el prefijo "bio" y la palabra "mecánica", por esta razón, la biomecánica puede comprenderse como la técnica que utiliza leyes de la mecánica en estructuras vivas. La biomecánica estudia la cinemática que explica los movimientos, ubica espacialmente los cuerpos mediante ángulos y coordenadas, detallando sus movimientos en términos de recorridos, velocidades y aceleraciones, la cinética por su parte se ocupa del estudio de la estática y la dinámica (Manonelles Marqueta & Tárrega Tarrero, 1988).

### ***La biomecánica de la actividad física y deportiva:***

“busca mejorar el rendimiento deportivo; ejemplo: Perfeccionar la técnica de carrera para optimizar el lanzamiento de una jabalina. Es el campo de acción de los licenciados de la actividad física y ciencias aplicadas.

Se definen dos biomecánicas, una de la escuela europea que se basa en el modelo francés y una escuela anglosajona, la primera hace énfasis en la morfología del pie y la segunda en las funciones. La europea estima el retropié como una de las principales partes del pie con capacidad de originar patología, esta basada en la morfología de la huella plantar desde la óptica de la estática. Este tratamiento busca la neutralidad del retropié”.

### ***El baloncesto***

“En la actualidad de los deportes más masivos jugados en el planeta y el segundo deporte de conjunto más importante en Europa además del fútbol.

La estadística de la Federación Internacional de Baloncesto (Federación Internationale de Basketball) o F.I.B.A. en 2002, se afirma que aprox el 11% de todo el planeta juega baloncesto (Cantwell 2004). Actualmente la universalización del baloncesto da justicia a la cifra de más de 450 millones de practicantes registrados, haciéndolo el deporte con mayor masificación en los cinco continentes, pasando al fútbol, debido al número de practicantes procedentes de Estados Unidos y la China popular (6), donde los datos de participación de los últimos 20 años se incrementaron en un 10% y 20% en hombres y mujeres respectivamente. Esto se le debe en su mayoría a su creador, James Naismith, nacido en Canadá, realizó estudios de teología en Montreal y se convirtió en profesor de E.F. en la Universidad de McGill.

Aunque esta definido como deporte sin contacto este prevalece constantemente entre los competidores especialmente entre jugadores del mismo equipo. Es un deporte en el cual las acciones variadas de gestos deportivos en aceleración y desaceleración con frenadas súbitas además de tener recorridos en ambos sentidos y el más importante el salto. Sus cualidades antropométricas para jugadores son muy particulares, primando grandes tamaños y pesos.

Por estas razones se convierte en un deporte en el que se ocurren variedad de lesiones agudas ocasionadas por la ejecución de gestos deportivos repetitivos propios del baloncesto, que se traduce en lesiones por sobrecarga. Casi siempre el mecanismo de lesión es múltiple. Frenar el número de lesiones producidas en el baloncesto es importante para conocer exactamente el tipo de lesión, así como la incidencia de la misma. El conocimiento de la patología lesional en el baloncesto al igual que en otros deportes, presenta muchas dificultades. Los conceptos de caracterización de la lesión su explicación y factores que influyen para ser incluidos en los protocolos para la investigación e incluso su denominación es bastante amplia según los diferentes autores que investigan (Manonelles Marqueta & Tárrega Tarrero, 1988).

El baloncesto que se juega a nivel profesional en los Estados Unidos de Norteamérica (N.B.A.) es un modelo para el baloncesto que se practica en el resto del planeta mas sin embargo las comparaciones no obligan a tener en cuenta factores importantes como la duración del partido el tiempo de posesión del balón y el tipo de defensa que se realiza que en el caso de la NBA es individual. A diferencia del baloncesto FBI el de la NBA dura 48 minutos y la posesión 24 segundos, mientras que en Europa es de 40 minutos y 20 segundos respectivamente. Tan bien es de resaltar que los 80 partidos por temporada de la NBA duplican a la Liga Española (ACB) siendo estos de una intensidad más elevada generando más contacto que los efectuados en Europa.

Por esta razón es difícil realizar un comparativo a pesar de que muchos aspectos guarden similitud.

Los análisis biomecánicos en los ejercicios de baloncesto se convierten en algo muy complicado ya que por su característica de deporte acíclico tiene movimientos en los cuales no se puede describir el sentido de su estructura tales como el ángulo y dirección de carrera además del tiempo de ejecución. No hay movimientos repetitivos en una sucesión determinada como es de esperarse en otros deportes como atletismo. La dirección, duración, velocidad y acción de juego elegida esta intrínsecamente ligada a las respuestas del rival y la toma de desiciones. “Aunque el baloncesto no es deporte de resistencia, es indispensable tener valores inmejorables de capacidad cardiopulmonar o VO2 Max para sostener un nivel competitivo alto en acciones propias de juego en defensa y ataque.” (Ziv & Lidor, 2009).

***Plano antero posterior y medio, plano sagital:***

“Plano vertical que divide el cuerpo en derecha e izquierda, nos posibilita decir que algunas partes corporales están en la línea media, como por ejemplo el dorso de la nariz, el ombligo, etc.”. (Anatomía I Unidad de Competencia II , s.f.).

***Planos parasagitales:*** “Paralelos a la línea media (línea imaginaria que atraviesa el centro del cuerpo), dividiéndola en derecha e izquierda” (Anatomía I Unidad de Competencia II , s.f.)

***Plano transversal, horizontal o axial:*** “Es un plano horizontal que patrte el cuerpo en superior e inferior” (Anatomía I Unidad de Competencia II , s.f.)

***Plano frontal o coronal:*** “Plano vertical que parte el cuerpo en anterior y posterior” (Anatomía I Unidad de Competencia II , s.f.).

**Los ejes:** “Líneas imaginarias que subdividen el cuerpo” (Anatomía I Unidad de Competencia II , s.f.)

***Eje sagital.:***

“Línea vertical media, que parte el cuerpo en partes iguales, una parte derecha y una izquierda, esta división se hace en posición anatómica, por esto se dice que todo lo cercano a la línea media es llamado medial y lo lejano lateral” (Quiroz Gutiérrez, 1945)

***Eje transversal:***

“Cruza horizontalmente y perpendicularmente el corte medial pasando a través del ombligo dividiéndolo en dos mitades superior e inferior, las cuales son desiguales y no tienen simetría” (Solis, 2019).

***Eje longitudinal:***

“Vertical, trazada en principio en la región coronal o parte superior de la cabeza continuando hacia los pies dividiendo el cuerpo en anterior y posterior (Solis, 2019).

Sabiendo cuales son los planos y los ejes logramos orientarnos y ver la disposición de los diferentes órganos del cuerpo definiendo entonces que la columna vertebral se encuentra en la parte media y posterior del tronco y sobre la parte media anterior el esternón, se dirige de forma oblicua de anterior a posterior y de arriba abajo. Las partes descritas en su dirección estarán de una extremidad y terminarán en la opuesta”.

**Articulación:**

“Son los tejidos anatómicos que permiten movimientos mecánicos, le dan elasticidad y son unión entre huesos y cartílagos o entre tejido óseo clasificándose por la composición y los diferentes desplazamientos a nivel de segmentos corporales que permite realizar. (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, Gray Anatomia para Estudiantes, 2015).

1. Sinovial: Cuando los elementos esqueléticos son separados por cavidades.
2. Unidas por tejido conjuntivo y con ausencia de cavidades que las separen.

### **Articulaciones sinoviales:**

“Conexiones de elementos esqueléticos implicados separados por una cavidad articular bastante estrecha. Poseen varios rasgos característicos además de tener cavidades articulares. (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, Gray Anatomía para Estudiantes, 2015)

Un cartílago hialino, recubre las superficies articulares de los segmentos esqueléticos. Ósea las superficies óseas no se conectan directamente entre sí. (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, 2020).

Las articulaciones sinoviales poseen también una cápsula articular formada por una membrana sinovial interna y una externa fibrosa. Esta se fija a los márgenes de las carillas articulares en la interfase existente entre el cartílago y el hueso y cubre la cavidad articular. Su membrana sinovial cuenta con una alta vascularización y produce líquido sinovial el cual se deposita en la cavidad articular proporcionando lubricación a la articulación” (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, 2020)

**Articulaciones planas**, “Facilitan el deslizamiento de superficies articulares entre sí como la articulación acromioclavicular” (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, 2020)

**Articulaciones en bisagra**, “Facilitan desplazamiento sobre el eje transversal de la articulación, regulan el flexo extensión como la articulación del tobillo” (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, 2020).

**Articulaciones en pivote**, “Permiten el movimiento sobre un eje que atraviesa en sentido longitudinal la diáfisis del hueso; esta regula la rotación como la atlantoaxial” (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, 2020)

### ***Articulaciones bicondíleas***

“Permiten el movimiento sobre un eje, tiene rotación limitada con respecto al segundo eje; esta se compone por un par de cóndilos convexos que se articulan con superficies cóncavas o planas como sucede en la rodilla” (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, 2020).

### ***Articulaciones condíleas***

“También llamadas elipsoides facilita el movimiento sobre dos ejes ubicados en ángulo recto uno respecto al otro; regulan la flexo extensión, abducción y circunducción como la articulación de la muñeca” (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, 2020).

### ***Articulaciones en silla de montar,***

“Se mueve en dos ejes que se encuentran en ángulo recto entre sí, sus carillas articulares tienen forma de silla de montar; modulan la flexo extensión, abducción, aducción y circunducción como pasa con la articulación carpo metacarpiana del pulgar” (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, 2020).

### ***Articulaciones esféricas***

“Estas son glenoideas que permiten moverse en varios ejes, se encargan de movimientos como la flexo, extensión, abducción, aducción, circunducción y rotación como la articulación de la cadera” (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, 2020).

### ***Grados de libertad:***

“Sentido en que se ejecuta el movimiento en relación con los planos anatómicos, frontal, sagital y transversal, sabiendo que el movimiento ocurre siempre paralelo al plano dado, pero perpendicular al eje”. (D´Freitas, 2012)

### ***Cinemática:***

“Asocia funciones al movimiento indicando siempre cual es la posición del móvil, medida desde un sistema de referencia establecido. (Drake, A Mitchell, & Wayne Vogl, 2015)

Es la geometría del movimiento de Rasch, que abarca el desplazamiento, velocidad y aceleración, pero sin contar con las fuerzas que actúan sobre el mismo (D´Freitas, 2012).

El sistema óseo funciona como palancas que adoptan diferentes formas, los huesos del cuerpo se pueden percibir como barras rígidas que transfieren y modifican la fuerza y el movimiento. (Obregón Sánchez, 2016).

Los análisis cinemáticos se conforman por el tipo de movimiento, la dirección de movimiento y, la cantidad de movimiento que ocurre. Esta establece una referencia y descripción geométrica del movimiento en cuanto al desplazamiento, velocidad y

aceleración versus el tiempo, sin tener en cuenta de las fuentes del movimiento” (D’Freitas, 2012).

### ***Osteocinemática:***

“Parte de la biomecánica encarga del estudio del desplazamiento óseo en el espacio, no toma en cuenta los diferentes músculos que se contraen para ejecutar esta acción. Son movimientos captados por simple observación, pero desconociendo el movimiento que ocurre dentro de la articulación. Los eslabones tienen la capacidad de realizar dos tipos de movimientos osteocinemáticos. Biomecánicamente es importante, pero se debe tomar en cuenta la morfología articular para evaluar el desempeño físico, la efectividad del movimiento y la eficacia, en el menor tiempo posible, así como ser eficiente con inferior gasto energético” (D’Freitas, 2012).

### ***Artrocinemática:***

“Rama de la biomecánica que se encarga de los movimientos intrínsecos en las articulaciones llamados micro movimientos los cuales no suelen observarse a primera vista tienen en cuenta las superficies de la articulación pero ignoran el movimiento de los segmentos óseos o las fuerzas que producen el movimiento. Basmajian y Mac Conail han señalado que principalmente en el cuerpo humano desde lo geométrico las superficies articulares son ovoideas o curvas de modo que una superficie es relativamente convexa y la otra relativamente cóncava. Esto se profundizará en el marco teórico de este trabajo” (D’Freitas, 2012).

Con respecto a las articulaciones ovoides podemos decir que poseen una carilla articular cóncava y otra convexa a diferencia de la silla de montar es cóncava y convexa en direcciones opuestas y en ángulo recto siendo una articulación estable y

eficiente, estas superficies articulares son mayormente congruentes y necesitan inferior cantidad de ligamentos (D´Freitas, 2012).

Las Ovoides son no modificadas o inalteradas de forma esférica capaces de permitir 3° de libertad como sucede con la articulación de la cadera o coxofemoral y las Ovoides modificadas o alteradas que tienen forma elipsoidal con una curvatura mayormente marcada en un plano permitiendo 2° de libertad como el caso de la articulación metacarpo falángica que nos sirve de ejemplo. (Panesso, Trillos, & Tolosa Guzmán, 2008).

Las articulaciones en silla de montar son igualmente no modificada o inalterada con superficies cóncavas en un plano y convexas en el otro, estas permiten 2° de libertad como sucede con la articulación trapezo-metacarpiana y la modificada o alterada que posee superficie cóncava y convexa en el mismo plano permitiendo un grado de libertad como sucede con la talo clural como ejemplo.” (D´Freitas, 2012).

### ***Salto Vertical:***

“Habilidad importante para el desempeño de varios deportes de alto rendimiento como lo son el Basquetbol y el voleibol entre otros, su acción motora depende de la coordinación de los diferentes segmentos del cuerpo y la interacción de fuerzas musculares guiados por impulsos neuromotores y los instantes netos producidos alrededor de las articulaciones como respuesta a las demandas mecánicas que se suscitan.” (González Cruz, Bregains, & Braidot, 2008)

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta monografía busca recopilar la información mas relevante y de buena calidad metodológica sobre la biomecánica de la articulación de tobillo en el salto vertical en deportistas de baloncesto en los últimos siete años.

Se revisaron bases de datos como Pubmed, Elsevier, Cochrane, Scielo entre otras para buscar artículos de revisión y originales que apoyen el desarrollo de la temática. Así mismo se revisaron libros versión impresa y digital para dar soporte a las bases teóricas de tema de investigación.

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

### 4.1 ANATOMÍA DE LA ARTICULACIÓN DEL TOBILLO

Por su configuración anatómica esta articulación resulta una de las más congruentes y estables en los MMII. Gracias a su biomecánica particular, es capaz de convertirse en función de los requerimientos de la superficie en la cual se apoya en una estructura flexible o rígida (Viladot Voegelia, 2003). Realiza la flexo extensión del pie y posee una morfología es primordial para mantener la bóveda plantar trabajando a nivel funcional con la articulación subastragalina y la de Chopart. Esta articulación está formada por la tróclea astragalina y por la mortaja tibioperonea. Estas tienen particularidades anatómicas que condicionan su biomecánica (Viladot Voegelia, 2003).

La articulación es una unidad funcional formada por articulaciones independientes desde el punto de vista morfológico. La supraastragalina o cámara proximal o tibioperoneoastragalina, cuyo nombre recibe por los huesos que la conforman, y una subastragalina o cámara distal, que se fracciona en subastragalina o posterior o astragalocalcánea y la subastragalina anterior o astragalocalcaneo escafoidea (Sous Sánchez, Navarro Navarro, Navarro García, Brito Ojeda, & Ruiz Caballero, 2011). Es una articulación sinovial bisagra (ginglino o tróclea). Tiene figura de mortaja y espiga, formada por la caja de la mortaja y los extremos distales de los huesos de la extremidad inferior. De cartílago están cubiertas las superficies articulares del extremo distal de la tibia, la parte lateral del maléolo medial y la carilla triangular de la superficie a nivel medial del maléolo lateral conforman la mortaja para la tróclea del astrágalo el cual funciona como espiga. El ligamento tibioperoneo transversal convierte a la mortaja aún más hacia posterior. Encontramos que la forma convexa es propia de la tróclea del astrágalo de adelante para atrás y su carilla es parcialmente cóncava de un extremo al otro de su

superficie articular (Sous Sánchez, Navarro Navarro, Navarro García, Brito Ojeda, & Ruiz Caballero, 2011).

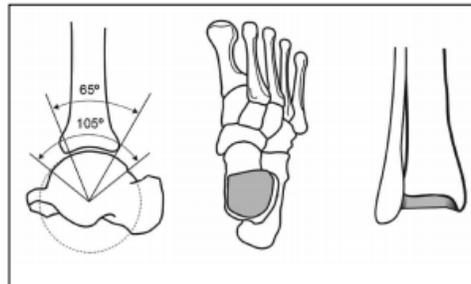
La tróclea del astrágalo tiene figura de cilindro de 105° grados. Visto desde un plano horizontal es 4 a 6 mm más ancha en su lado anterior que en el posterior. Su estructura es en cuña, teniendo que los planos que cruzan por sus bordes laterales son convergentes en su parte de atrás creando ángulo abierto hacia anterior de aproximadamente unos cinco grados (5°). Mirandola desde arriba, la superficie tróclear es acanalada levemente contribuyendo de esta manera a la estabilidad al interior de la mortaja.

Desde el plano longitudinal posee caras laterales muy diferentes, tiene una cara interna subdesarrollada con arco total menor al de su cara externa la cual es más amplia y tiene un arco superior con radio de curvatura más alto que el de la interna. Esto se produce a nivel morfológico cuando existe una acción de flexo extensión en el plano sagital la cual produce otra de abducción y aducción en plano transversal (Viladot, 2003).

La parte más distal de los huesos de los MMII conforman la Mortaja. La tibia participa con dos superficies articulares, una es la carilla inferior de su extremidad distal la cual es más ancha en anterior que en posterior al igual que la tróclea del astrágalo y una carilla externa maleolotibial la cual se articula con el astrágalo por su cara interna. El peroné interviene con la superficie interna del maleoloperoneal, la cual logra articularse con una de las carillas del astrágalo, ambas son levemente divergentes en su segmento anterior para lograr adaptarse con tróclea astragalina en su superficie anterior; de la misma manera encontramos que los planos que atraviesan por las carillas articulares de los dos maléolos son convergentes hacia posterior. Tenemos entonces que el maléolo externo peroneal en relación con el interno es más potente y distal y esta ensamblado a la carilla articular del astrágalo por su superficie más amplia, está a compresión imposibilitando el derrumbe en valgo del talón. Encontramos de igual manera que la mortaja tibioperonea

ajusta de manera perfecta con la tróclea astragalina, tiene estructura cilíndrica de aproximadamente  $65^\circ$  cubriendo de esta manera gran parte de la superficie troclear lo que le permite a la articulación tener gran estabilidad. (Viladot Voegelia, 2003).

**Figura 1.** Anatomía ósea articulación tobillo



Fuente: Viladot, V. (2003). *Anatomía funcional y biomecánica de la articulación tobillo y complejo del pie*. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-reumatologia-29-pdf-13055077>

Si se unieran las dos partes internas de la bóveda plantar de los pies estas formarían una bóveda esférica. Esta soporta fuerzas de compresión en su superficie la cual está formada por los huesos y resiste esfuerzos de tracción en su parte inferior que está formada por músculos cortos y ligamentos aponeuróticos preparados mecánicamente para esta acción logrando mantener su forma debido a la estabilización que le brindan diversas estructuras. (Viladot Voegelia, 2003).

Las estructuras que le brindan estabilidad son huesos y cápsulas quienes cumplen esta función de manera pasiva y los ligamentos y músculos que lo hacen de manera activa. La bóveda plantar se mantiene en gran parte por la acción de los huesos los cuales encajan perfectamente el uno con el otro. (Viladot, 2003).

Al verlo por su parte posterior el talón debe ir por la línea de Helbing (vertical que cruza el centro del hueco poplíteo y el talón) o desviarse  $5^\circ$  de valgo, lo cual ayuda al amortiguamiento del talón al impactar con la superficie del piso durante la marcha. El talón en su localización fisiológica crea en el plano frontal ángulo de  $5$  a  $15^\circ$  con la vertical

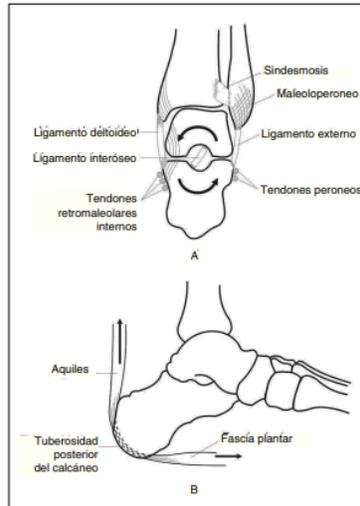
y un ángulo de 30° aproximadamente en plano sagital. Divididos de la pinza maleolar y sus conexiones musculo ligamentosas el calcáneo y el astrágalo se caen en valgo y equino, este último lo hace hacia anterior, abajo y hacia adentro del calcáneo.

Existen estructuras que mantienen el talón en los planos frontal y sagital evitando que lo anteriormente enunciado suceda

***Mantenimiento en el plano frontal del talón.*** Para evitar la caída en valgo y pronación al alcanzar el tope y tratar de restringir la tracción del movimiento enunciado anteriormente, existen elementos como el Maleoloperoneo el cual es un tope bastante potente ubicado en la parte exterior del astrágalo impidiendo así el valgo del mismo, encontramos igualmente el sistema de Sustentaculumtali, conformado por trabéculas verticales a nivel de calcáneo que conservan la carilla articular antero interna y mantienen la plataforma simétrica del astrágalo, donde llegan las trabéculas verticales de la tibia.. Los ligamentos que detienen el valgo son el Ligamento Deltoideo evita la pronación del tarso, ligamento interóseo tibioperoneo, evita que al peroné y la tibia se dividan impidiendo así que la mortaja se abra pues su cierre perfecto y ensamble con el astrágalo son de suma importancia para estabilizar esta zona, y por último, pero no menos importante el ligamento astragalocalcáneo de la Subastragalina, el cual evita que el Calcáneo y el Astrágalo se dividan. (Viladot Voegelia, 2003).

***Mantenimiento en el plano sagital del talón:*** La estabilidad del tarso posterior se conserva por el sistema calcáneo-aquileo-plantar descrito por Viladot, el cual está constituido por el Tendón Aquileo quien transmite al pie la potencia del tríceps sural el cual está compuesto por gastrocnemios y soleo, también el Sistema Trabecular posteroinferior del calcáneo el cual se encuentra individualizado en los niños constituyendo su epífisis posterior y finalmente una porción de los músculos cortos del pie, especialmente flexor corto y abductor del dedo gordo. (Viladot V ,2003)

**Figura 2.** Estabilidad en plano frontal del talón (A) Sagital(B)



Fuente: Viladot Voegeli, A. (2003) Anatomía funcional y biomecánica de la articulación del tobillo y el pie  
Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-reumatologia-29-pdf-13055077>

La flexo extensión se convierte en el único grado de libertad de la articulación tibioperoneastragalina para moverse. Atraves de esta articulación subastragalina se realiza la pronosupinación del pie. Para completar la movilidad del pie encontramos las articulaciones de Chopart y Lisfranc las cuales posibilitan movimientos de lateralidad como la abducción y adduccion sobre su eje mayor asi como la rotación en su mismo eje produciendo la inversión y la eversión. (López Santiago, 2008).

La articulación tibioperoneoastragalina del cuello del pie comprende una sindesmosis (tibioperonea) y a su vez una trocleartrosis (tibiotalariana). La sindesmosis tibioperonea es una formación cápsuloligamentosa encargada de conectar la superficie cóncava tibial con la superficie convexa del peroné dividiéndose en cinco porciones, el ligamento tibioperoneo transversal inferior, tibioperoneoposteroinferior, tibioperoneoanteriorinferior, interóseo y la membrana tibioperonea interósea. (Sous Sánchez, Navarro Navarro, Navarro García, Brito Ojeda, & Ruiz Caballero, 2011).

Reforzada por fuertes ligamentos como lo son el anterior y posterior, que complementan la membrana interósea. esta sindesmosis o articulación tibioperoneal distal es una articulación de mucha prevalencia funcional por la diferencia del ancho anteroposterior de la polea astragalina; que facilita la separación de la tibia y el peroné en los movimientos de flexo extensión, conjuntamente con la rotación del peroné (Sous Sánchez, Navarro Navarro, Navarro García, Brito Ojeda, & Ruiz Caballero, 2011).

Por otro lado encontramos que la articulación tibioastragalina hace parte de las articulaciones en polea a la cual está constituida por las extremidades distales de los huesos de los MMII, formando la mortaja articular tibioperonea del cuerpo del astrágalo. Igualmente observamos las carillas articulares de la tibia que intervienen tales como la segunda superficie articular de la tibia que se encuentra esculpida en la cara externa del maléolo tibial para la respectiva superficie articular de la cara interna del cuerpo astragalino (Sous Sánchez, Navarro Navarro, Navarro García, Brito Ojeda, & Ruiz Caballero, 2011).

De la misma manera el peroné hace parte de esta articulación a través de su maléolo, quien presenta una superficie articular en la cara interna que articula con la faceta que brinda la carilla externa del cuerpo del astrágalo. Estructurada de acuerdo a las necesidades de libertad de movimientos en flexo extensión del tobillo la capsula articular, es bastante débil anterior y posteriormente. Esta articulación de igual manera tiene ligamentos colaterales que la fortalecen lateral y medialmente. Las partes finas anterior y posterior de la cápsula se encuentran aseguradas por la parte de superior a los márgenes de la tibia y el peroné y en su parte inferior al astrágalo por anterior y posterior de la superficie superior de su tróclea (Sous Sánchez, Navarro Navarro, Navarro García, Brito Ojeda, & Ruiz Caballero, 2011).

El ligamento deltoideo en su lado medial del tobillo y los ligamentos peroneoastragalinos anterior y posterior en la cara lateral se entrecruzan por la capsula articular. El ligamento deltoideo es un ligamento triangular bastante fuerte que se

encuentra sujeto a sus aristas anterior y posterior y a la punta del maléolo medial. Posee una parte superficial y otra más profunda, la superficial realiza la inserción en la parte más anterior del maléolo tibial y desde ahí conforma una banda que sigue el plano sagital para insertarse distalmente en el escafoides, el calcáneo (a la altura del sustentáculo) y el astrágalo; La acción estabilizadora de este es relativamente pequeña, el elemento estabilizador realmente es la porción profunda, es primario y de mucha importancia; tiene un recorrido horizontal transcurriendo desde la parte posterior del maléolo tibial (Sous Sánchez, Navarro Navarro, Navarro García, Brito Ojeda, & Ruiz Caballero, 2011).

El ligamento medial o deltoideo se empieza a engrosar inferiormente para realizar una inserción que sigue hacia los huesos de su pie. Tiene cuatro partes que se denominan acorde a sus inserciones distales por separado, unas son las fibras más anteriores que conforman el ligamento tibioastragalino anterior las cuales son contiguas y se encuentran semi envueltas por el ligamento tibioescafoideo, este por debajo se entrecruza con el perfil medial del ligamento calcaneonavicular plantar. Las fibras del ligamento tibioalcáneo desde este caen casi en vertical a lo largo del sustentáculo del calcáneo. Siendo su porción posterior la más amplia del ligamento deltoideo o medial es el ligamento tibioastragalino posterior; sus fibras se dirigen lateralmente hacia atrás por el lado medial del astrágalo y hasta el tubérculo medial de su apófisis posterior. El ligamento deltoideo se ubica profundamente con relación a los tendones de los músculos tibial posterior y flexor común de los dedos, los cuales lo atraviesan en su porción distal (Sous Sánchez, Navarro Navarro, Navarro García, Brito Ojeda, & Ruiz Caballero, 2011).

La solidez del deltoideo demuestra su rol importante en la estabilización del astrágalo a nivel de la mortaja. Así, Close (1956) citado por Ruiz Caballero (1996), dice que si a un cadáver se le seccionan los ligamentos tibioperoneos anterior y posterior o bien se le sacan los 10 cm distales del peroné y se mantiene el ligamento deltoideo, el astrágalo no se moverá mucho más de 3 mm lateralmente; en cambio, si se secciona el ligamento

deltoideo, el desplazamiento lateral del astrágalo es de 7 mm. (Sous Sánchez, Navarro Navarro, Navarro García, Brito Ojeda, & Ruiz Caballero, 2011).

Desde su funcionamiento, el ligamento deltoideo, de la misma forma que los músculos supinadores del tobillo, se ponen a prueba durante la fase de apoyo en la caminata al momento del contacto de la superficie plantar con la superficie del piso, a un vector de empuje que produce que el astrágalo sea propenso a direccionarse en valgo; si la tracción a que el ligamento deltoideo es sometido no puede ser aguantado por existir una lesión o fractura del maléolo tibial, se realizara una alteración en la porción medial de la pinza maleolar que llevara una inclinación en valgo del astrágalo al punto de subluxarse de manera lateral en la caminata (Sous Sánchez, Navarro Navarro, Navarro García, Brito Ojeda, & Ruiz Caballero, 2011).

El colateral lateral se forma por 3 bandas independientes que conforman un tejido blando bastante débil con relación al deltoideo en la parte medial. El peroneoastragalino anterior va desde el perfil anterior y la punta del maléolo lateral llegando al cuello del astrágalo. El peroneocalcáneo es una cuerda fina circular que baja desde la punta del maléolo lateral hasta el tubérculo que se encuentra en medio de la carilla lateral del calcáneo; este queda rodeado por tendones musculares perineos y en estrecha relación con la parte profunda de su funda sinovial y retináculo. El ligamento peroneoastrgalino posterior es muy sólido y bastante ancho de forma horizontal y nace de la fosa maleolar del maléolo lateral y cruza por el centro hacia atrás hasta la carilla superior de la apófisis posterior del astrágalo. Cuando ocurre el contacto del pie con la superficie del piso durante la caminata, no obstante las fuerzas de presión e impulsión logran valores muy altos, el sostén que se ejecuta de una manera bastante armónica como consecuencia de la estabilización ejercida sobre la musculatura del pie, que ayuda a amortiguar el empuje del astrágalo sobre tibioperonéo, y la sindésmosis, que aguantan toda la fuerza a que se someten (Sous Sánchez, 2010).

## 4.2 BIOMECANICA DE LA ARTICULACIÓN DEL TOBILLO DURANTE EL SALTO VERTICAL

Basado en el movimiento articular del tobillo y los ejes y también planos en los que realiza el movimiento a continuación se detallará la osteocinemática y artrocinemática de esta articulación durante la ejecución de sus movimientos así como los músculos que acompañan dicho movimiento

### 4.2.1 Osteocinemática y artrocinemática de la articulación del tobillo

Parte de la biomecánica encargada de realizar el estudio de los desplazamientos de los huesos sin tener en cuenta lo que sucede intrínsecamente en dicha articulación; es decir, sin tener en cuenta lo que produce cierto movimiento permitiendo tener un análisis a simple vista. (D’Freitas, 2012) A continuación se plantean los movimientos osteocinemáticos que realizan las articulaciones del cuello de pie específicamente las articulaciones tibiotarsiana y subastragalina, así como también rangos de movimiento y músculos que intervienen.

**Tabla 1.**

*Osteocinemática de las articulaciones principales que conforman el cuello del pie*

Articulación	Movimiento	Rango de movimiento	Músculo	
			Agonista	Sinergista
Tibioperonea Astragalina o Tibiotarsiana	Flexión dorsal o dorsiflexión	0 – 15 o 20 °	Tibial anterior y extensor propio del primer dedo	Extensor común de los dedos del pie
	Flexión plantar o plantiflexión	0 – 40 o 50°	Tibial posterior y flexión propia del primer dedo	Tríceps sural: gastrocnemios y sóleo
Sub-astragalina o Sub- talar	Eversión	0 - 10°	Peroneo anterior	Extensor común de los dedos
	Inversión	0 - 30°	tibial posterior	Sóleo del tríceps

Adaptada de la Biomecánica funcional del pie y el tobillo (Sánchez Hernández, 2016)

De acuerdo con Neuman y col estos son los movimientos fundamentales de las articulaciones principales del cuello del pie, en donde los movimientos de plantiflexión y dorsiflexión ocurren en el plano sagital con el eje medio-lateral en la articulación

denominada “mortaja” por su parecido con la ensambladura que usan los carpinteros (articulación tibioperonea-astragalina o tibiotarsiana). Adicionalmente, el segundo movimiento fundamental la inversión – eversión ocurren en un plano frontal con eje anteroposterior en la articulación subastragalina o subtalar (Cailliet, 2006). Una segunda terminología más aplicada emplea movimientos de supinación y pronación los cuales se producen perpendicular a un eje oblicuo de rotación e implican movimientos combinados es decir más de un movimiento fundamental. Por ejemplo la pronación describe movimientos de eversión y dorsiflexión y la supinación en contraste inversión con plantiflexión (Nordin, 2004)

La artrocinemática se encarga de estudiar y establecer los movimientos que ocurren al interior de la articulación es decir en las carillas articulares. En gran parte las extensiones articulares son curvas de modo que estas son relativamente convexa y la otra cóncava. Esta relación cóncavo-convexo mejora su congruencia y aumenta el área para esparcir las fuerzas de contacto y encaminar el movimiento. Existe más de un movimiento osteocinematico reconocido por cada artrocinematico y estos se demuestran mediante la manera que una superficie articular se mueve entorno a los puntos de otra opuesta en sentido. (Panesso, Trillos, & Tolosa Guzmán, 2008).

Los movimientos artrocinemáticos descritos para cualquier articulación son: el **rodamiento**, sucede en articulaciones incongruentes, que son superficies con curvaturas distintas. Trata de que la superficie que tiene movilidad, rueda encima de la fija, y partes de la primera tomen contacto sucesivamente con puntos diferentes de la siguiente. La dirección del rodamiento de una carilla articular, coincide con el desplazamiento del hueso que interviene (mov.osteocinematico) indiferente de que se movilice la carilla articular cóncava o la convexa (Panesso, Trillos, & Tolosa Guzmán, 2008).

El **Deslizamiento**, es el segundo movimiento artrocinemático y ocurre en áreas consecuentes, planas o curvas, donde la superficie móvil de la primera se desliza sobre fija de la otra, y un punto igual de la primera, hace contacto con varias partes de la segunda (Panesso, Trillos, & Tolosa Guzmán, 2008). La dirección del deslizamiento está regida por la forma de la carilla articular móvil, si es cóncava o convexa, la cual se ilustra en el principio de Kaltenborn (regla cóncavo-convexa) es cuando la superficie que se moviliza es cóncava, entonces el deslizamiento ocurre en la misma dirección del movimiento osteocinemático (Cailliet, 2006) (Efisioterapia, 2007). Si la superficie que se mueve es convexa, entonces el deslizamiento se da en sentido opuesto al movimiento osteocinemático, como sucede con los movimiento de abducción de la articulación glenohumeral, donde la superficie móvil en este la cabeza humeral que es convexa, se mueve hacia arriba, y el deslizamiento articular ocurre en sentido contrario.

Finalmente **rotación**, que consta de un giro sobre el mismo eje, en donde una superficie de la articulación móvil gira sobre otra inmovil o cuando varias partes de la primera entran en contacto paulatino con la misma parte de la segunda (D´Freitas, 2012)

Teniendo en cuenta lo anterior y los movimientos osteocinemáticos correspondientes a cada articulación del cuello del pie se explicará de manera sencilla la artrocinemática del movimiento de dorsiflexión y plantiflexión en la articulación tibiotarsiana o “mortaja”. Durante la dorsiflexión el astrágalo (superficie convexa) gira hacia delante tensionando tejido conectivo importante como el tendón de Aquiles, ligamento colateral posterior y capsula articular posterior. Durante la plantiflexión la superficie del astrágalo rueda hacia posterior elongando el ligamento deltoideo, capsula anterior y músculos flexores dorsales (Neuman y col, 2010)

Los movimientos de inversión y eversión que ocurren en la articulación subastragalina se dan mientras el calcáneo está fijo bajo la carga corporal. Esta situación implica una cinemática mas elevada, lo cual implica que la pierna y el astrágalo giren sobre el

calcáneo mas estable. La movilidad de esta articulación permite al pie adoptar posturas diferentes independiente de la alineación del tobillo y la pierna (Neuman y col, 2010)

Durante los movimientos de eversión e inversión el calcáneo se desliza en el astrágalo el cual se encuentra fijo e inmóvil; y de esta manera osteocinematicamente se visualiza el movimiento del calcáneo hacia lateral durante la eversión y medial en la inversión (Neuman y col, 2010).

#### **4.2.2 Salto vertical**

Es una destreza importante en el desempeño de varios deportes de rendimiento y es por ello que es una tarea motora que conlleva de la coordinación de los segmentos corporales, por medio de la fuerza que producen los músculos para poder desplazar todo el cuerpo hacia la altura y dirección que se requiere conseguir. Durante la ejecución de gestos deportivos en el basquetbol, por las diferentes demandas mecánicas la relevancia del movimiento del salto vertical radica en convertir el trabajo conjunto en energía cinética del movimiento o en su defecto energía potencial. (González, Bregains, & Braidot, 2008)

Para analizar los diferentes tipos de saltos en los deportes, existen varios tipos a realizar, entre ellos se encuentra el “Squat jump” o salto en sentadillo y el salto en contra movimiento. Sin embargo para efectos de esta monografía se analizará el salto en sentadilla con el fin de poder determinar las diferentes fases en dicho gesto y dado su mayor uso durante aspectos importantes del baloncesto.

En el squat jump el deportista comienza desde una posición de sentadilla y luego se impulsa verticalmente con el suelo, con el objetivo de alcanzar la mayor altura. Y el de contra (Izquierdo Martinez, 2015). Este salto vertical cuenta con varias fases para la realización de movimiento. Entre ellas encontramos: la fase de preparación (A), previa al salto; la segunda fase de impulso (B), fase de vuelo (C) y la última de aterrizaje (D). (Figura 3) (Acero, Fernández, Viana, Aguado y Vizcaya, 2008).

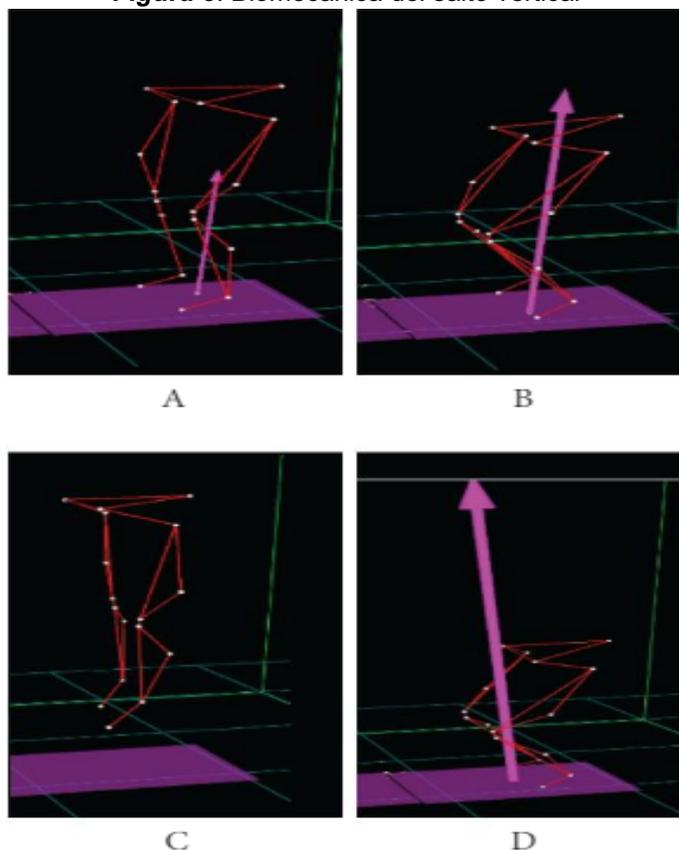
Durante la fase de preparación o fase inicial las extremidades inferiores principalmente el tobillo se evidencia en una flexión dorsal lo cual ocurre en la articulación tibio peronea-astragalina en contacto con el suelo formando un ángulo entre 15 y 20°. Esto con el fin de poder generar una posición inicial del gesto. Durante el desarrollo del salto vertical, se observa como la articulación del tobillo comienza a generar una extensión de la misma, en la siguiente fase de impulso, (B). se dirige el cuerpo hacia arriba, permitiendo que la articulación tibio peroné astragalina se mueva hacia la plantiflexión generando el mayor pico de propulsión de desplazamiento vertical.

Así como lo establece Kopper, Csende, trzaskoma y tihanyi en 2014 durante esta fase se genera el mayor trabajo muscular, resultado del aumento de la actividad de los elementos motores. El papel de los componentes elásticos es ayudar a los elementos contráctiles para que trabajen con mayor eficiencia en la fase de extensión de la articulación.

Siendo así el periodo de vuelo o fase de vuelo, se define como el momento donde no se presentan grandes cambios, solo pequeñas oscilaciones debido a cambios propios entre los distintos deportistas que realizan la actividad (González, Bregains, & Braidot, 2008). Teniendo en cuenta que en esta fase no hay mayor participación de movimiento articular, sin embargo, en la gráfica (C) se evidencia una gran plantiflexión de la articulación tibio peroné astragalina. Y finalmente en la fase de aterrizaje el deportista atenúa la caída de su peso en la cabeza de los metatarsianos (plantiflexión) encontrando un pico de extensión-flexión terminando con los talones apoyados en el suelo (González, Bregains, & Braidot, 2008). Durante esta fase es donde se evidencia el mayor número de lesiones por la absorción de cargas y las fuerzas de reacción del piso. La correcta cocontracción de los músculos que ejercen una función sobre el cuello del pie, las fuerzas se distribuyen de manera adecuada y permiten una estabilización dinámica eficiente evitando sobrecargar algún tejido y generar una lesión.

Los adecuados mecanismos de estabilización dinámica esta dada por el entrenamiento adecuado de características del desempeño muscular como la potencia muscular principalmente seguido del desarrollo de la fuerza.

**Figura 3.** Biomecánica del salto vertical



Fuente: Universidad del Rosario (s.f.) Biomecánica del salto vertical Recuperado de:  
<https://ebook.urosario.edu.co/pdfreader/biomecnica-del-salto-vertical50109105>

### 4.3 ACTIVACIÓN MUSCULAR DURANTE LAS FASES DEL SALTO VERTICAL EN LA ARTICULACIÓN DEL TOBILLO

Durante la ejecución del salto en sentadilla o squat jump en sus fases, la musculatura de miembros inferiores realiza diferentes tipos de contracción muscular para desarrollar el gesto de manera adecuada. Cabe resaltar que la electromiografía es el estudio de la acción y la activación de las unidades motoras de un musculo, las cuales generan un potencial de acción para producir la fuerza, (Pozzo, Farina y Merletti, 2003) en la fase excéntrica y concéntrica (Martinez Isquierdo, 2015). Los científicos sugieren que el mayor trabajo realizado de acuerdo con estos estudios durante el salto vertical, se da durante la fase excéntrica (realiza una mayor fuerza y potencial de acción debido al estiramiento previo del musculo antes de generar el movimiento) en parte por el uso de la energía elástica que se acumula en los componentes elásticos del alargamiento del musculo (Kopper, Csende, Trzasko-may Tihanyi, 2014). (Neuman y col, 2010)

En la primera fase del salto el centro de la masa está acelerando y la activación muscular es mínima (Trzaskoma y Tihanyi, 2014). Se debe a que el cuerpo está en su primera fase de preparación donde el cuerpo no se ha desplazado en ningún plano. Sin embargo cuando comienza la segunda la activación muscular aumenta teniendo en cuenta que se debe detener el impulso vertical del centro de masa (Trzaskoma y tihanyi 2014) allí las unidades motoras presentan una mayor activación.

Algunos estudios afirman que en la contracción concéntrica del movimiento, el musculo en su cambio de longitud afecta la utilización de energía. Si el alargamiento muscular es rápido y la amplitud del movimiento es pequeña, las longitudes de los elementos contráctiles se mantienen constantes, mientras que los elementos elásticos se alargan y, posterior mente, durante la contracción concéntrica una considerable cantidad de energía elástica puede ser reusada; en cambio, si la amplitud del movimiento es mayor y el alargamiento del músculo es más lento, la cantidad de energía elástica que puede ser reutilizada será significativamente menor (Kopper, Csende, Trzaskoma y Tihanyi, 2014).

Es decir, en este tipo de salto es importante las fases previas al salto, ya que según la posición inicial se puede generar mayor aprovechamiento de la fuerza ya que los elementos contráctiles generan una tensión y energía que posteriormente produce una mayor activación muscular. Teniendo en cuenta esto según (Acero, Fernández, Viana, Aguado y Vizcaya, 2008) es importante entender que el salto vertical se conforma por una fase de preparación anterior al salto, en la cual en la articulación del tobillo, se puede evidenciar una activación principalmente de los músculos gastrocnemios, el soleo, el flexor largo de los dedos y el lateral largo y corto del peroné; también en la segunda fase del salto haciendo referencia a la fase de impulso se puede analizar una mayor contracción en los gemelos y soleo (Martinez Isquierdo, 2015) y en la tercera fase de vuelo se mantienen los músculos extendidos y luego se presenta la última fase que es la aterrizaje. En donde la musculatura de las extremidades inferiores debe contraerse para poder disminuir la energía cinética que se genera durante la fase de impulso que presenta el cuerpo en este movimiento debido a la fuerza de la gravedad (Padulo, Powel G. Anatelli, Bianco y Paoli. 2013).

## 5. CONCLUSIONES

Como conclusión, se destaca la importancia del análisis de cada una de las variables de movimientos como la osteocinemática, artrocinemática y activación muscular durante la ejecución del salto vertical en deportistas de baloncesto.

Gracias a sus movimientos osteocinemáticos y artrocinemáticos la articulación del tobillo permite durante la ejecución del salto cumplir con funciones de suma relevancia para la evolución del gesto en las diferentes fases. Lo anterior permite determinar su importancia para lograr un gesto técnicamente adecuado y genere un impacto en el rendimiento deportivo importante en el baloncesto como ganar rebotes, realizar bloqueos, lanzamientos entre otros.

La identificación de los músculos con mayor participación y que desempeñan un papel determinante para elevar el centro de gravedad lo suficiente, permite orientar los procesos de planificación a una mejor activación y desarrollo de los componentes del desempeño muscular que se desee.

El adecuado desarrollo de estos componentes garantiza la protección articular durante su ejecución y por ende una disminución en la prevalencia de lesiones en esta articulación y el tejido blando adyacente

## 6. RECOMENDACIONES

Como análisis de los datos obtenidos y recopilados en la revisión de la literatura durante la realización de nuestra investigación se recomienda a todos los entrenadores y deportistas, tener en cuenta cada análisis biomecánico, desde la observación en cada una de las fases del salto vertical. Ya que a través del estudio de cada articulación, movimiento, fase y activación muscular se puede determinar en qué estado se encuentra el deportista desde la técnica.

Es importante que se cuente con todas las herramientas físicas y teóricas que favorezcan alcanzar una mayor precisión de los resultados obtenidos. Esto con el fin de aprovechar cada investigación y aportar cada vez más elementos, debido a que el salto vertical tiene muchas variables y situaciones nuevas que se presentan durante cada caso estudiado.

También se aconseja identificar el deporte y el tipo de población a estudiar. Principalmente en deportes donde el salto vertical sea uno de los gestos deportivos que más utilicen durante la competencia.

Se recomienda realizar un correcto diagnóstico para asegurarse de que los deportistas no presenten ningún tipo de lesión y evitar problemas durante el desarrollo de cada una de las fases del movimiento, permitiendo una mejor planificación del entrenamiento para la ejecución correcta del gesto y por ende un mejor resultado enfocado en el deporte de rendimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acero Jáuregui, J. A. (11 de Febrero de 2013). *La Biomecánica: Concepto integral y su contexto práctico*. Obtenido de <https://g-se.com/jose-a-acero-jauregui-bp-j57cfb26f0f7ae>

Anatomía I Unidad de Competencia II . (s.f.). *Planimetría anatómica*. Obtenido de [http://cleuadistancia.cleu.edu.mx/cleu/flash/PAG/lecturas/estudios/PLANIMETRIA\\_ANATOMICA.pdf](http://cleuadistancia.cleu.edu.mx/cleu/flash/PAG/lecturas/estudios/PLANIMETRIA_ANATOMICA.pdf)

Cailliet, R. (2006). *Anatomía funcional biomecánica*. Marban.

D´Freitas, N. A. (2012). Cinemática Articular. *Revista de la Sociedad Venezolana de Ciencias Morfológicas*, 15-18.

D´Freitas, N. A. (2012). *Cinemática Articular Joints kinematics*. *Revista de la Sociedad Venezolana de Ciencias Morfológicas Vol. 18*. Obtenido de <file:///D:/Usuario/Downloads/3841-8581-1-SM.pdf>

Drake, R. L., A Mitchell, d. M., & Wayne Vogl, A. (2015). *Gray Anatomía para Estudiantes*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1Q8d7Tj-jO2BnSs5N1JkChixnKhhypBKj/view>

Drake, R. L., A Mitchell, d. M., & Wayne Vogl, A. (2020). *Gray. Anatomía para estudiantes. Cuarta edición*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=AWjuDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Efisioterapia. (2007 ). *Conceptos de terapia manual ortopédica*. Obtenido de <https://www.efisioterapia.net/articulos/conceptos-terapia-manual-ortopedica>

Gollhofer, A. (1991). *Neuromuscular Control of the Human Leg Extensor Muscles in Jump Exercises Under Various Stretch-Load Conditions*. *International Journal of Sports Medicine* 12(1):34-40. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/21126068\\_Neuromuscular\\_Control\\_of\\_the\\_Human\\_Leg\\_Extensor\\_Muscles\\_in\\_Jump\\_Exercises\\_Under\\_Various\\_Stretch-Load\\_Conditions](https://www.researchgate.net/publication/21126068_Neuromuscular_Control_of_the_Human_Leg_Extensor_Muscles_in_Jump_Exercises_Under_Various_Stretch-Load_Conditions)

González Cruz, C., Bregains, F., & Braidot, A. (2008). Análisis cinemático del salto en pacientes sin patologías en extremidades inferiores. *Revista Ingeniería Biomédica*, vol.2 no.3.

González Cruz, C., Bregains, F., & Braidot, A. (2008). *Análisis cinemático del salto en pacientes sin patologías en extremidades inferiores*. *Rev. ing. biomed. vol.2 no.3 Medellín Jan./June*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-97622008000100006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622008000100006)

González, C., Bregains, F., & Braidot, A. (2008). Análisis cinemático del salto en pacientes sin patologías en extremidades inferiores. *Revista Ingeniería Biomédica*, 33-39.

Gutiérrez-Dávila, M., Garrido, J. M., Amaro, F. J., & Rojas, F. J. (2014). *Contribución segmentaria en los saltos con contramovimiento en vertical y en horizontal RICYDE*. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, vol. X, núm. 38, octubre-diciembre, pp. 289-304. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/710/71032223002.pdf>

Hespanhol, J. E., Silva Neto, L. G., & Arruda, M. d. (2006). *Fiabilidad de la prueba de salto vertical con 4 serie de 15 segundos*. *Rev Bras Med Esporte*. vol.12, n.2, pp.95-98. ISSN 1806-9940. Obtenido de [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-86922006000200008&script=sci\\_abstract&tIng=es](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-86922006000200008&script=sci_abstract&tIng=es)

Izquierdo Martinez. (2015). *Biomecanica del salto vertical*. Mexico .

Izquierdo Martínez, L. C., & Cárdenas Sandoval, R. P. (2015). *Biomecánica del salto vertical. Colecciones Lecciones de Medicina y Ciencias de la Salud*. Obtenido de <https://editorial.urosario.edu.co/gpd-biomeca-nica-del-salto-vertical-275030-hcuros9789587386981.html>

López Santiago, M. (2008). *Esguince de tobillo (Primera parte)*. Obtenido de <http://fitsaludsevilla.com/esguince-tobillo-primera-parte/>

Manonelles Marqueta, P., & Tárrega Tarrero, L. (1988). *Epidemiología de las lesiones en el baloncesto. Archivos de Medicina del Deporte Volumen XV Número 68. Págs. 479-483*. Obtenido de [http://femede.es/documentos/Epidemiologia\\_lesiones\\_baloncesto\\_479\\_68.PDF](http://femede.es/documentos/Epidemiologia_lesiones_baloncesto_479_68.PDF)

Martinez Isquierdo, C. L. (2015). *Biomecánica salto vertical*. Bogota: Universidad del rosario.

Nájera Longoria, R. J., De León Fierro, L. G., Fernández-Castany, B. F., Carrasco Legleu, C. E., & Candia Lujan, R. (2015). *Análisis de salto vertical repetido en jugadores de baloncesto Educación Física y Ciencia, vol. 17, núm. 2, diciembre, pp. 1-8*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4399/439943734004.pdf>

Nordin, M. (2004). *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético*. McGraw.

Obregón Sánchez, M. G. (2016). *Fundamentos de ergonomía. Grupo Editorial Patria*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=chchDgAAQBAJ&pg=PA60&lpg=PA60&dq=El+esqueleto+humano+es+un+sistema+de+palancas,+puesto+que+una+palanca+puede+tener+cualquier+forma,+cada+hueso+largo+en+el+cuerpo+puede+ser+visualizado+como+una+barra+r%C3%ADgida+que+tra>

Panesso, M. C., Trillos, M. C., & Tolosa Guzmán, I. (2008). *Biomecánica clínica de la rodilla. Primera edición Documento de investigación Núm. 39. Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano*. Obtenido de [https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/3693/Documento%2039\\_Primeras%20artes%5B1%5D.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/3693/Documento%2039_Primeras%20artes%5B1%5D.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Quiroz Gutiérrez, F. (1945). *Anatomía humana. Editorial Porrua*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/MonicaMoguel/anatomia-humanaquiroz-tomo-1>

Sánchez Hernández, E. V. (2016). Biomecánica funcional del pie y tobillo: comprendiendo. *medigraphic*, <https://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2016/ot161b.pdf>.

Sánchez Hernández, E. V., De Loera Rodríguez, C. O., Cobar Bustamante, A. E., & Martín Oliva, X. (2016). *Biomecánica funcional del pie y tobillo: comprendiendo las lesiones en el deportista. Orthotips Volumen 12, Número 1 Ene.-Mar.* . Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2016/ot161b.pdf>

Solis, O. (2019). *Planimetría Anatómica y Regiones Corporales. Universidad Autónoma de Durango*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-de-durango/fisioterapia/apuntes/planimetria-anatomica-y-regiones-corporales/4906833/view>

Sous Sánchez, J. O. (2010). *Estudio epidemiológico de las fracturas de tobillo causadas por accidentes deportivos en la Isla de Gran Canaria durante el período 1995-2005. Tesis doctoral. Las Palmas de Gran Canaria: Universidad de las Palmas de Gran Canaria*. Obtenido de [https://acceda.ulpgc.es/bitstream/10553/4843/4/0620786\\_00000\\_0000.pdf](https://acceda.ulpgc.es/bitstream/10553/4843/4/0620786_00000_0000.pdf)

Sous Sánchez, J. O., Navarro Navarro, R., Navarro García, R., Brito Ojeda, E., & Ruiz Caballero, J. (2011). *Bases Anatómicas del Tobillo. Canarias médica y quirúrgica Enero – Abril* . Obtenido de [https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/5754/1/0514198\\_00024\\_0001.pdf](https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/5754/1/0514198_00024_0001.pdf)

Viladot Voegelia, A. (Noviembre de 2003). *Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. Revista Española de Reumatología Vol. 30. Núm. 9. páginas 469-477*. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-reumatologia-29-articulo-anatomia-funcional-biomecanica-del-tobillo-13055077>

Viladot, A. (2003). *Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie*. *Revista Española de Reumatología*; 30(9): 469-477. Obtenido de <https://medes.com/publication/10947>

Ziv, G., & Lidor, R. (2009). *Vertical jump in female and male basketball players—A review of observational and experimental studies*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/24428344\\_Vertical\\_jump\\_in\\_female\\_and\\_male\\_basketball\\_players-A\\_review\\_of\\_observational\\_and\\_experimental\\_studies](https://www.researchgate.net/publication/24428344_Vertical_jump_in_female_and_male_basketball_players-A_review_of_observational_and_experimental_studies)