

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE DEPORTES

“CAMPUS MEXICALI”



TÍTULO

**“ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL RANGO DE FLEXIBILIDAD GLOBAL A
ATLETAS DE ARO SPORT MEDIANTE UN SISTEMA DE CAPTURA DE
MOVIMIENTO EN 3D”**

Trabajo terminal

Para obtener el Grado de:

MAESTRO EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE ESCOLAR

PRESENTA

Jaime Flores Zamora

DIRECTORA

Dra. Mirvana Elizabeth González Macías

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

21 DE DICIEMBRE 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE DEPORTES
“CAMPUS MEXICALI”

**“ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL RANGO DE FLEXIBILIDAD GLOBAL A
ATLETAS DE ARO SPORT MEDIANTE UN SISTEMA DE CAPTURA DE
MOVIMIENTO EN 3D”**

Tesis

**Que para Obtener el Grado de:
MAESTRO EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE ESCOLAR**

PRESENTA
JAIME FLORES ZAMORA

COMITÉ DE TITULACIÓN

Dra. Mirvana Elizabeth González Macías

Presidente

Mtro. Emilio Manuel Arrayales Millán

Secretario

Dr. Carlos Villa Angulo

Vocal 1

Dra. Mildrend Ivett Montoya Reyes

Vocal 2

Mtro. Edgar Ney Galarga Triana

Vocal 3

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, DICIEMBRE DE 2023

Copyright © 2023
Derechos Reservados.
JAIME FLORES ZAMORA

DEDICATORIA

Con mucho cariño y agradecimiento, dedico este trabajo a mi compañera de vida e increíble mujer Ana Luisa, que me ha acompañado en este camino con su amor y comprensión. A mis hijos Rodrigo y Romina, que son mi orgullo y mi alegría. A Martha mi madre y a Vene mi hermana, que me han brindado su apoyo incondicional y su sabiduría. Ellos han sido mi motor, mi inspiración, son y serán siempre mi más grande tesoro. Los amo.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Dra. Mirvana Elizabeth González Macías, mi directora de trabajo terminal y Profesor-Investigador de tiempo completo de la Facultad Deportes, Campus Mexicali UABC, por su invaluable orientación y motivación en el desarrollo de esta investigación, por sus constantes palabras de aliento, y por el tiempo que invirtió en mi formación profesional.

También quiero expresar mi gratitud a la Universidad Autónoma de Baja California, mi alma mater, por brindarme la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa institución y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su programa de becas que me permitió realizar mis estudios de posgrado.

El presente estudio se llevó a cabo en la Facultad de Deportes, Campus Mexicali en la Cd. de Mexicali, Baja California, bajo la dirección de la Dra. Mirvana Elizabeth González Macías, Profesor-Investigador de tiempo completo de la Facultad Deportes, Campus Mexicali UABC.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
Índice de Tablas	7
Índice de Figuras	9
ABREVIATURAS	10
RESUMEN	11
Capítulo I	12
Antecedentes	12
1.1 La Flexibilidad y su clasificación	13
1.2 Pruebas y métodos para medir la flexibilidad	17
1.3 Instrumentos para medir la flexibilidad	18
1.3.1 El goniómetro	19
1.3.2 El electrogoniómetro	20
1.3.3 Inclinómetro	21
1.3.4 Cajón sit and reach	22
1.4 Batería del Rango de Flexibilidad Global (BFG)	23
1.5 Descripción general de la BFG	25
1.5.1 Descripción de los elementos de la BFG	26
1.6 Antropometría	32
1.6.1 Somatotipo y somatocarta	33
1.6.2 Cálculo para el somatotipo por fórmula	34
1.6.3 Medidas antropométricas	35
1.7 La biomecánica	39
1.7.1 Sistemas de captura de movimiento	41
1.7.2 Software Nexus de Vicon	44
1.7.3 Marcadores del modelo Plug-in Gait	47
1.7.3 Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía (Facultad de Deportes)	51
Capítulo II	53
2.1 Planteamiento del problema	53
2.2 Justificación	53
2.3 Hipótesis	55
2.4 Objetivo General	55
2.5 Objetivos específicos	55
Capítulo III	56
Metodología	56
3.1 Participantes	56
3.2 Criterios de inclusión y de exclusión de la muestra	56

3.3 Instrumentos	57
3.4 Procedimiento	59
3.5 Análisis Estadístico	66
Capítulo IV	67
Resultados y Discusión	67
Conclusiones	108
Trabajo a futuro	110
Referencias	111
Anexos	113

Índice de Tablas

Tabla 1. Descripción de las mediciones para obtener el somatotipo por fórmula.....	36
Tabla 2. Descripción de las medidas antropométricas para el sistema Nexus.	39
Tabla 3. Definiciones de Biomecánica	40
Tabla 4. Comparación entre varios sistemas de captura de movimiento.	43
Tabla 5. Descripción de los marcadores de la cabeza.....	49
Tabla 6. Descripción de los marcadores del torso	49
Tabla 7. Descripción de los marcadores de los miembros superiores.....	50
Tabla 8. Descripción de los marcadores de los miembros inferiores.....	50
Tabla 9. Descripción de los marcadores de la pelvis	51
Tabla 10. Descripción de los instrumentos	57
Tabla 11. Estadística descriptiva de las variables de la antropometría	67
Tabla 12. Registro de los participantes y su clasificación.	69
Tabla 13. Valores del somatotipo de atletas de aro sport.....	73
Tabla 14. Distribución de las atletas en la Batería de flexibilidad global.....	76
Tabla 15. Identificación del miembro inferior dominante (MID) y miembro inferior no dominante (MIND) para las figuras A, B y E.	79
Tabla 16. Identificación del miembro inferior dominante (MID) y miembro inferior no dominante (MIND) para las figuras A, B y E.	80
Tabla 17. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el sistema de captura de movimiento 3D Nexus de Vicon para la posición A MID.....	82
Tabla 18. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el sistema de captura de movimiento 3D Nexus de Vicon para la posición A MIND.....	84
Tabla 19. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el sistema de captura de movimiento 3D Nexus de Vicon para la posición B MID.	88
Tabla 20. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el sistema de captura de movimiento 3D Nexus de Vicon para la posición B MIND	90
Tabla 21. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el sistema de captura de movimiento 3D Nexus de Vicon para la posición C.....	93
Tabla 22. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el sistema de captura de movimiento 3D Nexus de Vicon para la posición C.....	97
Tabla 23. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el sistema de captura de movimiento 3D Nexus de Vicon para la posición E MID.	99
Tabla 24. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el sistema de captura de movimiento 3D Nexus de Vicon para la posición E MIND.	102

Tabla 25. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el sistema de captura de movimiento 3D Nexus de Vicon para la posición E MIND.	104
Tabla 26. Ángulos por sujeto de correlación de Pearson para la relación de variable BFG y las variables cinemáticas en la posición A MID	105
Tabla 27. Coeficientes de correlación de Pearson para la relación de variable BFG y las variables cinemáticas en la posición A MIND.	106

Índice de Figuras

Figura 1. Goniómetro universal para grandes articulaciones.....	19
Figura 2. Electrogoniómetro	20
Figura 3. Inclinómetro de Fluido.	21
Figura 4. Cajón para el test sit and reach.....	22
Figura 5. Batería de Flexibilidad Global.	24
Figura 6. Representación elemento A de la BFG.	27
Figura 7. Representación elemento B de la BFG.....	28
Figura 8. Representación elemento C de la BFG.....	29
Figura 9. Representación elemento D de la BFG.	30
Figura 10. Representación elemento E de la BFG.	31
Figura 11. Somatocarta.....	34
Figura 12. Diagrama de proceso Sistema Plug-in Gait.....	47
Figura 13. Sistema de marcadores Plug in Gait.....	48
Figura 14. Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía de la Facultad de Deportes UABC.....	52
Figura 15. Diagrama general del procedimiento.....	59
Figura 16. Calibración y preparación del volumen de captura.	61
Figura 17. Prueba estática para etiquetado del esqueleto, pose “T” o de “motociclista”.....	62
Figura 18. Comparación de Atleta realizando el elemento A MID de la BFG.....	63
Figura 19. Tipos de errores en el proceso de etiquetado.....	64
Figura 20. Diagrama de flujo utilizado para la reconstrucción.	65
Figura 21. Ejemplo de línea de tiempo	66
Figura: 22. Percentiles de la OMS Estatura para la Edad en niñas (5 a 19 años)	70
Figura 23. Percentiles de la OMS del IMC para la Edad en niñas (5 a 19 años).	71
Figura 24. Percentiles de peso para la edad en niñas (2 a 20 años) según la CDC	72
Figura 25. Comparación de la muestra de Aro Sport.....	75
Figura: 26. Atleta de aro representando la postura A MID de la Batería de en excelente	77
Figura 27. Postura A MID – A MIND en clasificación de 1 (insuficiente) a 5 (excelente).....	81
Figura 28. Postura B MID – B MIND en clasificación de 1 (insuficiente) a 5 (excelente)	87
Figura 29. Postura C en clasificación de 1 (insuficiente) a 5 (excelente)	92
Figura 30. Postura D en clasificación de 1 (insuficiente) a 5 (excelente).....	95
Figura 31. Postura E en clasificación de 1 (insuficiente) a 5 (excelente)	98

ABREVIATURAS

ARC	=	coordinación y arte competitivo
GR	=	gimnasia rítmica
GA	=	gimnasia artística
GAE	=	gimnasia aeróbica
AS	=	aro deportivo
CH	=	<i>cheerleading</i>
FG	=	flexibilidad global
ROM	=	Rango de movimiento
A MID	=	Elemento A Miembro Inferior Dominante
A MIND	=	Elemento A Miembro Inferior No Dominante
B MID	=	Elemento B Miembro Inferior Dominante
B MIND	=	B Miembro Inferior No Dominante
C	=	Elemento C
D	=	Elemento D
E MID	=	Elemento E Miembro Inferior Dominante
E MIND	=	Elemento E Miembro Inferior No Dominante

RESUMEN

Los datos sobre la composición corporal y el somatotipo son factores clave en relación con el rendimiento deportivo Torres Navarro, (2020). El objetivo de este estudio fue aplicar técnicas de medición antropométrica y la batería de flexibilidad global de Flores 2020, para evaluar el rango de flexibilidad en atletas de aro sport, utilizando el sistema de captura de movimiento en 3D de Vicon, se realizó la evaluación biomecánica en donde las atletas realizaron las posturas ilustradas de la Batería de Flexibilidad Global (BFG). La muestra estuvo conformada por 11 atletas del deporte de aro sport rama femenil, con una edad promedio de (14.09 ± 2.84) años; pertenecientes a Petit Studio. Para la captura de movimiento, se utilizaron once cámaras infrarrojas Bonita10 Vicon, dos cámaras de video Bonita 720C de HD y 39 marcadores reflectantes pasivos. Se analizaron los parámetros cinemáticos angulares, considerando los ejes X, Y e Z, mediante las trayectorias de los marcadores, con el fin de identificar posibles patrones de desarrollo de la flexibilidad en esta muestra específica. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 23. Con el fin de identificar las relaciones entre los parámetros evaluados y las variables de interés, se utilizó el método paramétrico de correlaciones de Pearson. Los resultados de esta investigación dieron a conocer la clasificación de las atletas dentro de la somatocarta. Se identificaron relaciones entre los ángulos de la espalda, la articulación del hombro en las posturas A, B y E del Miembro Inferior Dominante (MID) y de la pelvis y hombro para las posturas A, B, E del Miembro Inferior No Dominante (MIND). Se identificó que articulaciones permiten lograr una calificación elevada dentro de la BFG. De manera relevante se identificó

correlaciones altas (positivas e inversas), así como muy altas (inversas). Para todas las pruebas estadísticas se utilizó el nivel de significación de ($p < .05$).

Capítulo I

Antecedentes

La flexibilidad es una capacidad física que permite al cuerpo moverse libremente a través de un rango completo de movimiento. Esto es importante para muchos deportes y actividades físicas, debido a que brinda las pautas para realizar una amplia variedad de movimientos sin sentirse restringidos o incómodos. Especialmente en los deportes de coordinación y arte competitivo (Aristides, 1993), que tienen como característica que el juez o jueces evalúan las habilidades y desempeño de los atletas en lugar de medir su rendimiento con tiempos o distancias. Algunos ejemplos de estos incluyen a la gimnasia rítmica (GR), la gimnasia artística (GA), gimnasia aeróbica (GAE) y el nado sincronizado. Con varias similitudes se puede agregar a este grupo deportes emergentes como son el pole sport, el aro deportivo y el *cheerleading* que actualmente en México tienen su registro ante la Comisión Nacional de Cultura Física y Deporte (CONADE) siendo Baja California el estado con mayor número de medallas a nivel nacional.

En estos deportes, los atletas son evaluados en función de factores como la técnica, la dificultad, la ejecución y la presentación. Por lo tanto, dichas disciplinas deportivas requieren de un mayor desarrollo de la flexibilidad en comparación con otro tipo de deportes, debido a que de forma directa la amplitud en el rango de movimiento se traduce en un efecto visual de limpieza durante la ejecución de los elementos técnicos.

Por otra parte, de manera general la biomecánica es la ciencia que estudia el movimiento del cuerpo humano y cómo se aplican las fuerzas sobre el cuerpo. En el contexto de la flexibilidad, la biomecánica puede ayudar a entender cómo el cuerpo se mueve a través de un rango de movimiento y cómo los músculos y las articulaciones trabajan juntos para permitir ese movimiento.

1.1 La Flexibilidad y su clasificación

Al hablar de flexibilidad en los deportes como capacidad física, nos encontramos con diversas acepciones derivadas del enfoque o área de estudio en cuestión, como son el deportivo, pedagógico o fisiológico. Según Platonov es el conjunto de cualidades morfofuncionales que garantizan la amplitud de los movimientos (Vargas, 2007) por otra parte, la han definido indistintamente como libertad de movimiento o amplitud de movimientos (Alter, 2004). Además se incorporan otros elementos, al mencionar que la flexibilidad se trata de “desplazar una articulación o una serie de articulaciones a través de una amplitud de movimiento completo, sin restricciones ni dolor, influenciada por músculos, tendones, ligamentos, estructuras óseas, tejido graso, piel y tejido conectivo asociado” (Hernández, 2007). Por otro lado, Merino & Fernández (2009) en un análisis reflexivo clasifican los 11 tipos de flexibilidad en 4 grandes grupos con sus subdivisiones, quedando de la siguiente manera:

Grupo 1. Flexibilidad de la fuerza: En esta clasificación se agrupan los trabajos de esta capacidad según cómo se aplican las fuerzas que intervienen en el movimiento, teniendo dos principales divisiones.

- **Flexibilidad activa:** Capacidad para alcanzar grandes excursiones articulares gracias a la contracción de los músculos implicados (los que pertenecen a dichas articulaciones). Subdividida en activa libre, activa asistida y activa resistida.
- **Flexibilidad pasiva:** Capacidad para alcanzar grandes excursiones articulares bajo la acción de fuerzas externas, sin que se contraiga la musculatura o las articulaciones movilizadas. Subdividida en pasiva libre y pasiva forzada.

Grupo 2. Flexibilidad Cinética: Según haya o no movimiento en el desarrollo de esta capacidad con dos divisiones.

- **Flexibilidad dinámica:** Capacidad de utilizar una gran amplitud articular durante un movimiento o una secuencia de movimientos. Subdividida en dinámica balística, dinámica natural y dinámica lenta.
- **Flexibilidad estática:** Capacidad para mantener una postura en la que se emplee una gran amplitud articular (sin subdivisiones).

Grupo 3. Flexibilidad Cuantitativa: Refiriéndose a la cantidad de articulaciones involucradas, en este grupo se encuentran tres divisiones.

- **Flexibilidad general:** Capacidad de alcanzar grandes amplitudes articulares solicitando simultáneamente a muchas o a casi todas las articulaciones del cuerpo.
- **Flexibilidad analítica:** Capacidad de alcanzar una gran amplitud articular en una sola articulación.

- **Flexibilidad sintética:** Capacidad de alcanzar grandes amplitudes articulares en dos o varias articulaciones simultáneamente.

Grupo 4. Flexibilidad a demanda: Determinada por los requerimientos de movilidad (amplitud de movimiento) de la actividad a desarrollar.

- **Flexibilidad funcional:** Capacidad de alcanzar grandes amplitudes articulares necesarias para realizar una actividad específica.
- **Flexibilidad de reserva:** Capacidad de alcanzar una amplitud articular superior a la requerida por una actividad específica para evitar rigideces que puedan afectar la coordinación del movimiento o a su nivel de expresividad.
- **Flexibilidad anatómica:** Capacidad de alcanzar la máxima amplitud que poseen las articulaciones.
- **Flexibilidad genérica:** Capacidad de alcanzar grandes amplitudes articulares que no sean específicas de una actividad concreta.

Sin embargo, para fines del presente trabajo se utilizará el término de Flexibilidad Global (FG) tomando en cuenta el concepto de Vernetta et al (2020) quienes la define como:

“Rango de Movimiento (ROM) disponible para una articulación o grupo de articulaciones que no resulta en dolor. ROM es una medida angular que determina la posición relativa de dos segmentos corporales unidos por un punto en común: la articulación. Esta variable angular se usa para evaluar la flexibilidad.”

Ratificando el concepto de flexibilidad utilizada en este estudio tomando una definición de 2020 y el termino global se acuñe por ubicarse dentro de la clasificación del grupo 3 cuantitativa-general y 4 a demanda-funcional (Merino & Fernández, 2009). Considerando que es la expresión que mejor define el objeto de estudio para la batería propuesta. Esto se debe a que los atletas de arte competitivo han logrado un amplio rango articular, que se transforma en un efecto visual limpio y continuo en el desarrollo de los movimientos deportivos, que no se muestra en otros deportes. Además, los elementos técnicos realizados requieren del uso simultáneo de varias articulaciones del cuerpo.

1.2 Pruebas y métodos para medir la flexibilidad

Existen diferentes pruebas y métodos para medir la flexibilidad es necesario precisar qué es lo que se quiere medir, pues algunas de estas pruebas solo miden el rango de movimiento de una sola articulación, generalizando demasiado el resultado o asumiendo que si una articulación es flexible las demás también lo serán. Este es el caso del *Sit and Reach* (SR) que como su nombre lo indica consiste en sentarse y alcanzar la mayor distancia posible (Ayala et al., 2012).

Esta prueba fue creada por Wells y Dillon en 1952 y se ha utilizado en innumerables investigaciones sobre actividades deportivas, sobre todo en aquellos donde se abarcan varias capacidades y se le asigna al SR la responsabilidad de medir la flexibilidad, “por su facilidad de aplicación y su alta reproducibilidad es una de las técnicas de medición más empleadas en los estudios realizados sobre el tema” (Ayala et al., 2012), utilizada para representar la flexibilidad de manera general, siendo que solo evalúa una medida de resistencia al estiramiento de los músculos de la parte posterior de miembros inferiores y en menor medida de la espalda baja (Carrasco et al., 2013).

Otras pruebas utilizadas son el spagat lateral o spagat frontal, que solo se utilizan para medir la movilidad de la articulación de la cadera (Martínez López, 2002). La desventaja es que cuando se aplica a atletas de arte competitivo, la prueba está restringida cuando el individuo llega al suelo y aún no logra exponer su máxima amplitud de movimiento.

En lo referente a miembros superiores está la prueba de rotación de hombros con bastón (Martínez López, 2002), que a diferencia de lo que indica su nombre tiene un resultado lineal en centímetros y no en grados, de igual manera para un deportista de Coordinación y Arte Competitivo (ARC) esta prueba no expresa de manera funcional su ROM, ni tiene una aplicación práctica con los elementos técnicos de las disciplinas.

En un estudio de Vernetta y colaboradores en 2020 confirmaron que las pruebas más utilizadas para medir la flexibilidad en gimnasia son: el split (o spagat dependiendo del autor), el sit and reach, (ambos explicados anteriormente), la prueba de hombro y el test de floop o puente. Los resultados de estas mediciones, se indicaron mayormente de manera lineal en centímetros, algunos estudios en grados y en una ocasión por trigonometría (Irurtia et al., 2010). Solo dos casos han utilizado una batería adimensional, para medir esta capacidad (Batista et al., 2015, 2019).

1.3 Instrumentos para medir la flexibilidad

Existen diferentes instrumentos para medir la flexibilidad como el goniómetro (Taboadela, 2007), que permite calcular los ángulos entre dos segmentos corporales, comúnmente utilizado en fisioterapia para llevar un control de la evolución en el miembro afectado del paciente, pero de poca practicidad como prueba de control en el entrenamiento deportivo, esto se debe a que tanto el método como la posición influyen de manera significativa en la medición goniométrica (Catelotti et al., 2020).

1.3.1 El goniómetro

Es el principal instrumento que se utiliza para medir los ángulos en el sistema osteoarticular, que suele estar fabricado en material plástico (generalmente transparente), o bien, en metal (acero inoxidable) (Taboadela, 2007) (fig.1).

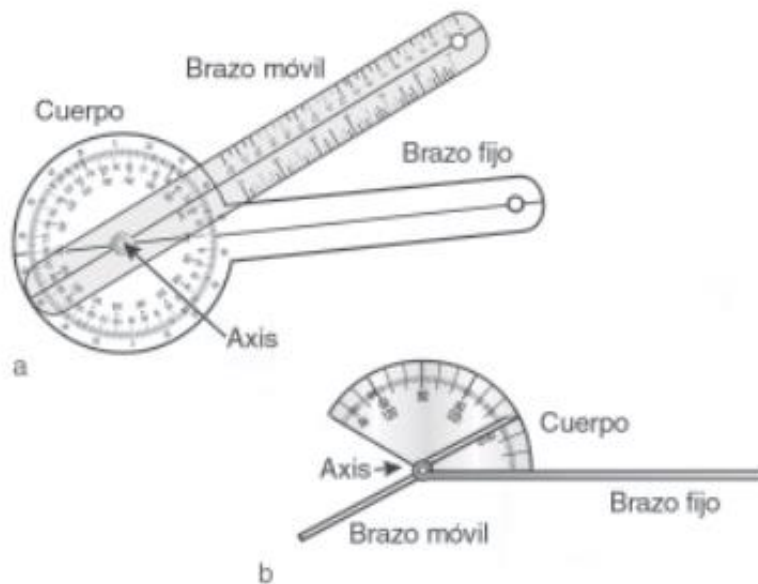


Figura 1. Goniómetro universal para grandes articulaciones.

Nota. Construido en plástico transparente que presenta un transportador de 360° como cuerpo con divisiones de su escala cada 1°; b) goniómetro metálico para dedos que presenta como cuerpo un transportador que corresponde a los 5/6 de un semicírculo, con escala desde los 30° hasta los 180° y divisiones cada 5° (Taboadela, 2007).

1.3.2 El electrogoniómetro

Los electrogoniómetros son sofisticados instrumentos electrónicos, de alto costo, que utilizan electrodos a nivel del eje, del brazo proximal y distal, y que registran la medición a través de un software en la pantalla de una computadora (Taboadela, 2007) (fig. 2).



Figura 2. Electrogoniómetro.
Nota. Recuperado de Taboadela (2007).

1.3.3 Inclinómetro

El inclinómetro es un instrumento de medición de ángulos que se utiliza cuando no es posible aplicar correctamente el goniómetro, como en la medición de la flexión/extension de la columna lumbar, o bien, cuando se dificulta la determinación de reparos óseos, como en la medición de la inversión-eversión del retropié (Taboadela, 2007) (fig. 3).

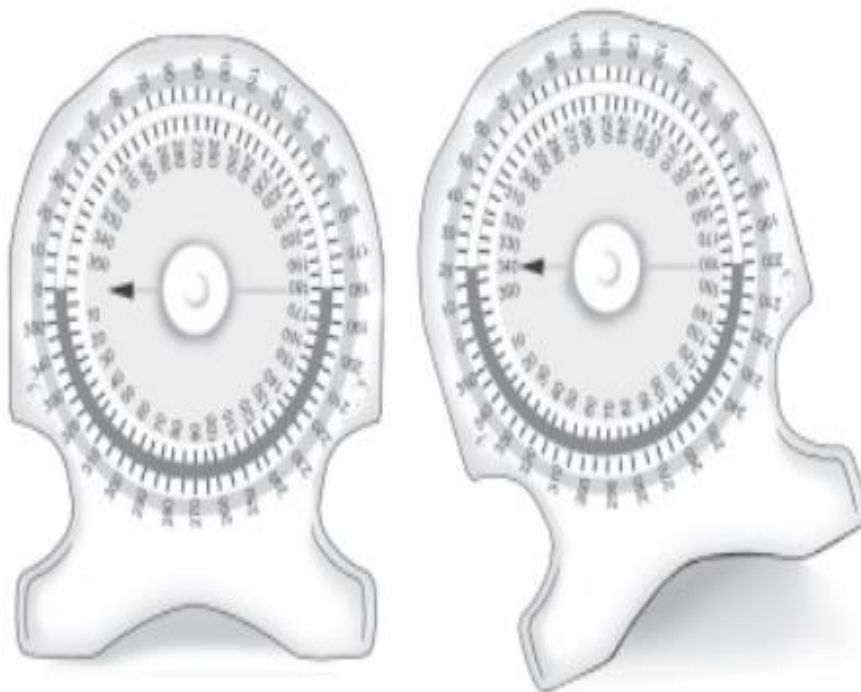


Figura 3. Inclinómetro de Fluido.
Nota. Recuperado de (Taboadela, 2007).

1.3.4 Cajón sit and reach

El cajón utilizado para el test de Wells y Dillon originalmente consistía en una plataforma elaborada con dos bancas de gimnasio que al centro tenía líneas de medición separadas cada media pulgada con una superficie aproximada de 21 x 8 pulgadas (fig. 4).



Figura 4. Cajón para el test sit and reach.
Nota. Modificado de (Sainz De Baranda et al., 2012).

Es importante recordar que para los deportes de ARC se utilizan varias o casi todas las articulaciones en elementos técnicos, por lo tanto, dependiendo de la habilidad del

evaluador puede llevar un tiempo considerable medir todas estas utilizando el goniómetro. En el caso del cajón para realizar la prueba sit and reach, este se vuelve ineficiente por el amplio rango de movilidad que presentan los atletas de arte competitivo.

1.4 Batería del Rango de Flexibilidad Global (BFG)

Un procedimiento acorde para medir la flexibilidad de los atletas de arte competitivo es la BFG que aparece en la figura 5, dado que evalúa simultáneamente a muchas o casi todas las articulaciones del cuerpo (evaluación multiarticular), esto la vuelve práctica pues logra reducir el tiempo empleado para dicho propósito. Así mismo las posiciones que los atletas deben replicar durante la evaluación se asemejan a los elementos técnicos que realizan en los entrenamientos o competencias, en consecuencia, la BFG se vuelve adecuada y funcional al contemplar la gran amplitud articular que muestran los atletas, inherente en estos deportes.

Es conveniente subrayar que no se requiere utilizar instrumentos costosos o invasivos, por el contrario, la BFG utiliza imágenes que asignan un valor dentro de una escala progresiva pero adimensional, contemplando la dominancia lateral en las extremidades inferiores de los atletas, es por ello que ciertas posiciones de la batería como el elemento A, B y E se les agregó el “apellido” MID (miembro inferior dominante) o MIND (miembro inferior no dominante). Dicho de otra manera, si partimos del plano sagital se ejecutan dichas posiciones contemplando ambos lados, debido a que los atletas generalmente tienen diferentes rangos de flexibilidad en las extremidades.

En concreto para realizar la prueba únicamente se requiere de una hoja con la referencia visual del elemento a replicar por el atleta (fig.5) y la hoja de recolección de

datos donde se promedian los puntajes obtenidos en cada elemento para conocer la flexibilidad global del atleta.



Figura 5. Batería de Flexibilidad Global.

Nota. Elaboración propia.

1.5 Descripción general de la BFG

La evaluación consiste en realizar ocho figuras específicas utilizados en deportes de arte competitivo, los ejercicios propuestos tienen su origen en el código de puntuación de gimnasia artística femenil (FIG, 2016) y el código de aro deportivo (Federación Internacional de Pole Sports Campeonatos de Aerial Sports, 2020), por lo tanto, son ejecutados habitualmente en los entrenamientos y en las coreografías de competición.

Previo al test, los atletas deben realizar un calentamiento específico para poder mostrar su ROM.

Para cada pose se atribuyen seis valores de clasificación referidos a las amplitudes máximas posibles, en la figura 5 se observa la escala ascendente de 0 a 5 puntos, donde: 0=No logrado, 1=Insuficiente, 2=Regular, 3=Bueno, 4=Muy bueno, 5=Excelente.

El atleta debe sostener la pose durante al menos dos segundos y se registran únicamente números enteros en los resultados, por lo tanto, en los movimientos con amplitudes intermedias entre dos figuras de un elemento se debe asignar el valor inferior inmediato.

El modelo anterior tiene influencia de lo planteado por Batista et al. (2015). Durante una investigación realizada a gimnastas juveniles de Portugal en la que presentan un modelo adimensional para medir la flexibilidad.

1.5.1 Descripción de los elementos de la BFG

Antes de profundizar en la presentación de las figuras existen varios aspectos que se deben tener en mente para comprender el punto de vista desde donde se analizarán las mismas.

En primer lugar, los movimientos corporales son el resultado de la actividad de dos o más músculos que actúan a la vez, con respecto a la acción de los músculos, se puede decir que no tienen la capacidad de empujar, sólo pueden tirar y esto se logra cuando se contraen. En consecuencia, los gestos motores realizados por un músculo (o grupo de músculos) pueden ser revertidos por otros. Razón por lo cual, los músculos son capaces de producir una gran cantidad de movimientos.

En segundo lugar, existen músculos que tiene mayor responsabilidad para producir un determinado movimiento, a estos músculos se les denomina agonistas o principales. Asimismo, los músculos que se oponen o revierten un movimiento se les denomina antagonistas. Cuando un músculo principal se encuentra activo (contraído), su antagonista está estirado y relajado (Marieb, 2008).

A continuación, se presenta los esquemas para cada figura de la BFG en la parte superior se observan las miniaturas con los ejemplos de las amplitudes posibles, del lado derecho una lista de los músculos implicados tomando en cuenta una posición inicial y la dirección en la ejecución de los movimientos, en el centro una representación anatómica de los músculos implicados, para finalizar con un recuadro que enlista la posición de los miembros en la figura final.

❖ *Elemento A MID y A MIND*

Iniciando en posición anatómica, se proceda a levantar un pie del piso con la intención de sujetarlo con la mano, sin soltarlo rotar el hombro para llevar pierna hacia atrás realizando una extensión de cadera, columna y hombro, una vez arriba sujetar la pierna con el otro brazo (fig. 6).

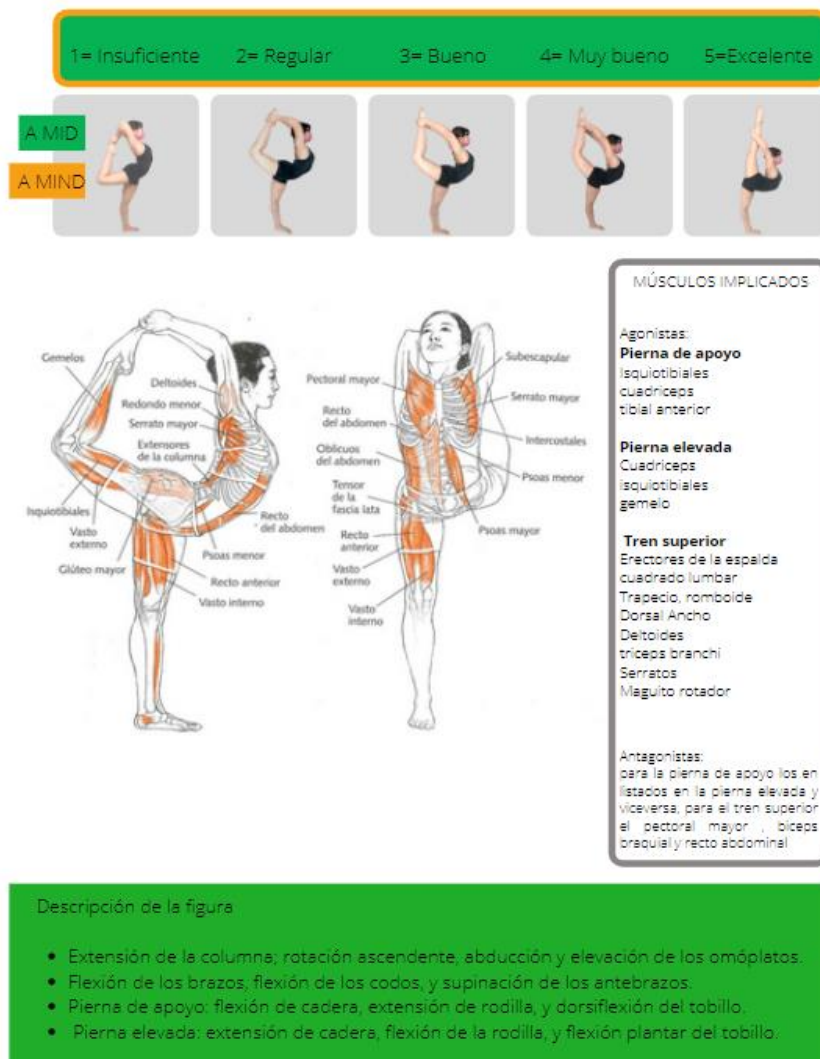


Figura 6. Representación elemento A de la BFG.
Nota. Elaboración propia.


❖ *Elemento B MID y B MIND*

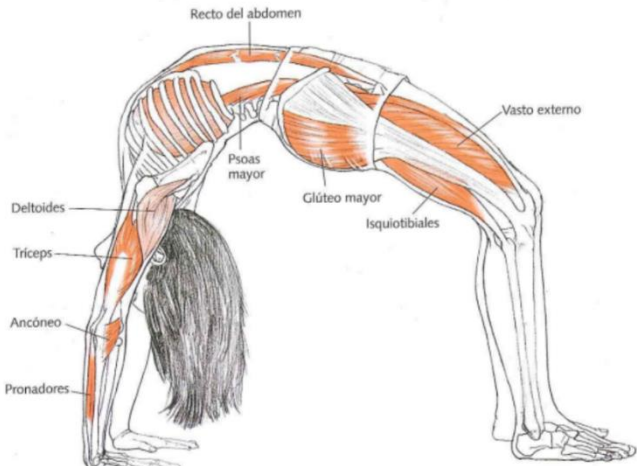
Se inicia recostado decúbito dorsal, para proceder a colocar las manos en el piso por arriba de la cabeza y subir la cadera extendiendo brazos, dejando una pierna en el piso y subiendo la otra (fig. 7).

1= Insuficiente 2= Regular 3= Bueno 4= Muy bueno 5=Excelente

B MID

B MIND





MÚSCULOS IMPLICADOS

Agonistas:

Pierna de apoyo
Isquiotibiales
vasto externo
Gemelos
Sóleo
tibial anterior
glúteo mayor

Pierna elevada
Psoas
Cuadricéps:
tibial anterior

Tren superior
Erectores de la espalda
cuadrado lumbar
Trapezio, romboide
Dorsal Ancho
Deltoides
tríceps brachi
Serratos
Maguito rotador

Antagonistas:
para la pierna de apoyo los
en listados en la pierna
elevada y viceversa, para el
tren superior el pectoral
mayor , biceps braquial y
recto abdominal

Descripción de la figura

- Extensión completa de la columna; contranutación sacroiliaca;
- Extensión, rotación interna y aducción de las caderas;
- Rotación ascendente y abducción de los omóplatos
- Extensión de los codos; pronación de los antebrazos; dorsiflexión de las muñecas.
- Pierna elevada: flexión de cadera, extensión de rodilla, y flexión plantar del tobillo.
- Pierna de apoyo : extensión de cadera, flexión de la rodilla, y dorsiflexión plantar del tobillo.

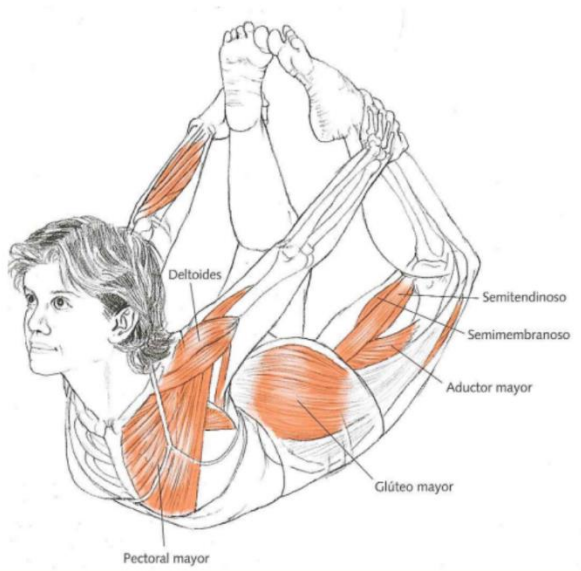
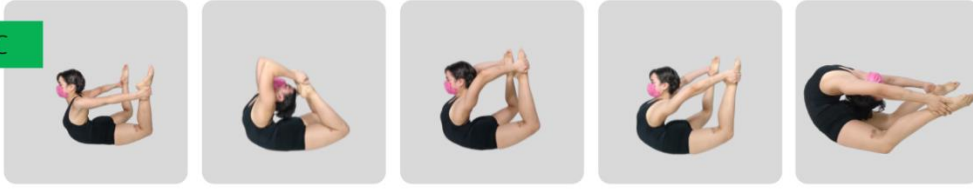
Figura 7. Representación elemento B de la BFG.
Nota. Elaboración propia.

❖ Elemento C

Se inicia decúbito ventral, ambas manos buscan agarrar los tobillos, posterior a esto se realiza una extensión de piernas y espalda, sin soltar los pies, se realiza una rotación externa de hombros (fig. 8).

1= Insuficiente 2= Regular 3= Bueno 4= Muy bueno 5=Excelente

C



MÚSCULOS IMPLICADOS

Agonistas:

- Isquiotibiales
- Cuadriiceps
- Gemelos
- Sóleo
- tibial anterior
- Glúteo mayor
- cuadrado lumbar
- Erectores de la espalda
- Manguito rotador
- Cuadriiceps:

Antagonistas:

- Recto abdominal
- Psoas
- Pectoral mayor

Descripción de la figura

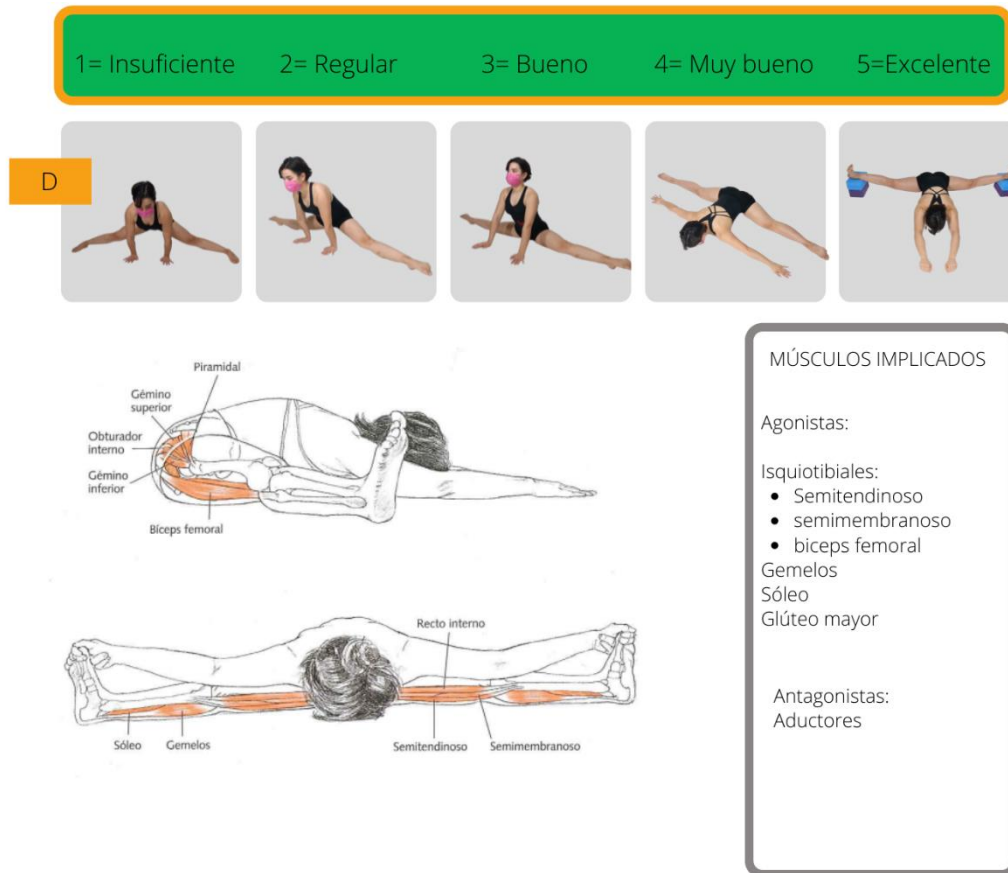
- Extensión completa de la columna; contranutación del sacro.
- Extensión, rotación interna y aducción de las caderas.
- Extensión y aducción de los antebrazos
- Aducción y elevación de los omóplatos.
- Extensión de los codos; pronación de los antebrazos; dorsiflexión de las muñecas.
- Extensión de cadera, se busca la extensión de rodilla, y flexión plantar del tobillo.

Figura 8. Representación elemento C de la BFG.

Nota. Elaboración propia.

❖ Elemento D

Sentado con las piernas abiertas, llevar el torso hacia el frente y abajo manteniendo la espalda recta y los brazos estirados. Para las primeras posiciones es válido colocar las manos en el piso como se observa en la figura 9.



Descripción de la figura

- Leve flexión de la columna (tendiendo hacia la extensión axial); nutación del sacro,
- Abducción, rotación externa y flexión de las caderas.
- Extensión de las rodillas: flexión plantar de los tobillos.

Figura 9. Representación elemento D de la BFG.

Nota. Elaboración propia.

❖ *Elemento E*

Iniciando en bipedestación se colocan las manos en el piso (lo más cerca de los pies, sin que se doble la rodilla) y se procede a elevar una pierna manteniendo la rodilla estirada (fig. 10).

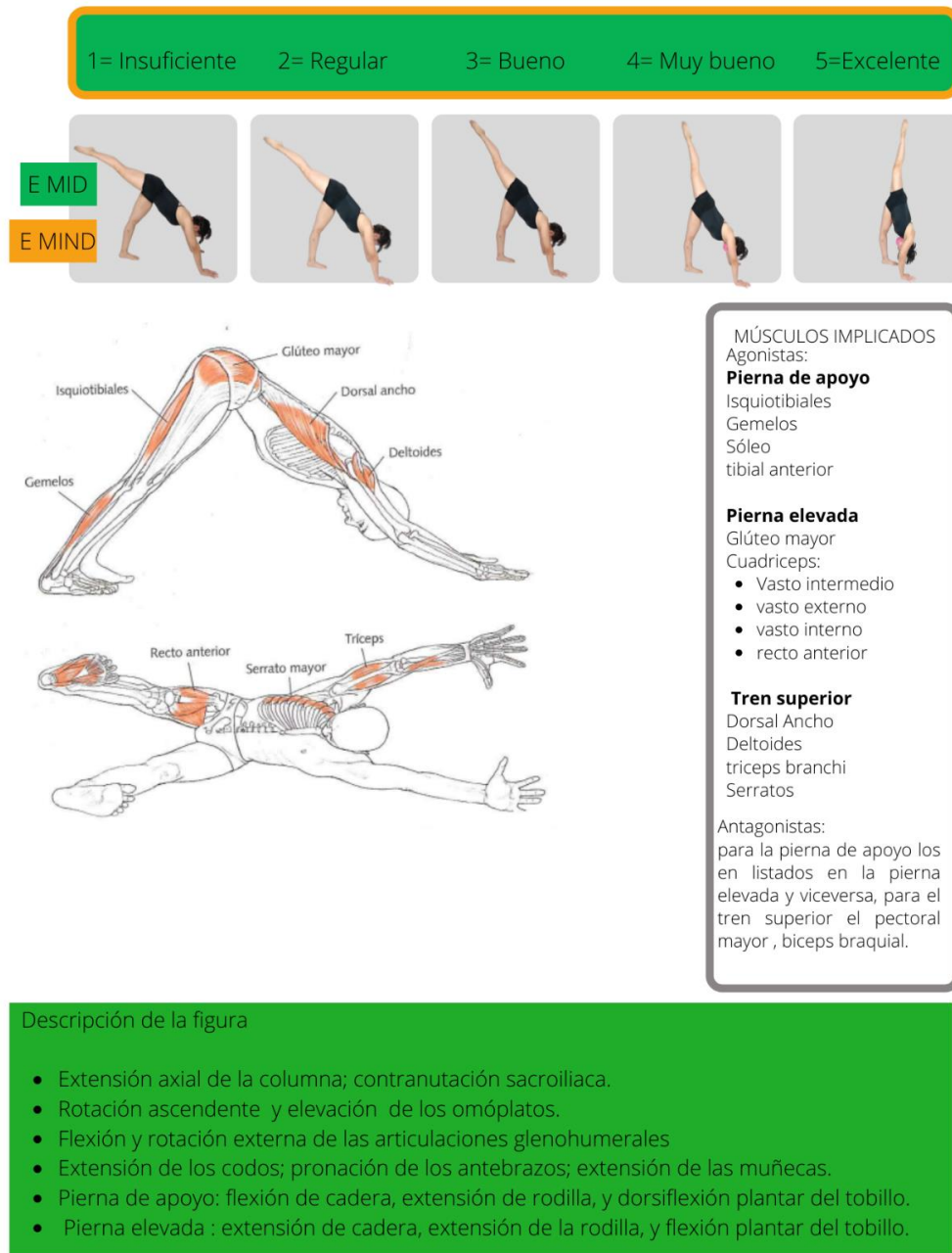


Figura 10. Representación elemento E de la BFG.

Nota. Elaboración propia.

1.6 Antropometría

A lo largo del tiempo, en la literatura médico-deportiva se puede encontrar gran cantidad de estudios científicos que relacionan las capacidades físicas de los atletas con determinadas características antropométricas.

La antropometría es una rama de la ciencia relativamente nueva, ya que su nacimiento oficial data de 1976. Según lo plasmado en el libro de Valoración antropométrica se divide a su vez en tres principales áreas que se enlistan a continuación:

- a. *La antropometría dinámica.*
- b. *La antropometría fisiológica,*
- c. *La antropometría aplicada al deporte, que es la de interés en este capítulo.*

Esta rama de la ciencia se dedica a determinar la condición física óptima de los atletas, con el objetivo de mejorar su rendimiento en el deporte, puede ser útil para determinar la condición física global de los atletas, así como también para evaluarlos en función de su categoría y peso en deportes específicos (Belando & Chamorro, 2009).

Resulta particularmente interesante para la detección y seguimiento de talentos deportivos, lo que significa que puede ser utilizada para identificar a jóvenes deportistas con un gran potencial, ayudarles a desarrollar su talento y habilidades. La observación del movimiento en los atletas, busca la correspondencia entre las características morfológicas y las respuestas fisiológicas, se podría considerar como un puente entre la relación estructura--función (Belando & Chamorro, 2009). Así mismo, mencionan que la biomecánica y fisiología humana han establecido que, la forma y función del cuerpo

están íntimamente relacionadas y juegan un papel determinante en la ejecución deportiva.

Esto sugiere que la capacidad de realizar eficientemente un trabajo o ejercicio físico está íntimamente ligada con la cantidad y la proporción entre los diferentes tejidos y segmentos corporales. En consecuencia, estos parámetros se vinculan también con la economía necesaria para la realización de manera eficiente los gestos deportivos.

1.6.1 Somatotipo y somatocarta

Existen distintos métodos para describir las características generales del cuerpo humano, de manera puntual el uso del somatotipo. Este método considera la forma del cuerpo, excluyendo el efecto del tamaño, y proporciona una visión general de la apariencia global del cuerpo.

El concepto actual de somatotipo no sugiere una clasificación física permanente, ya que es una evaluación del fenotipo en un momento específico de la vida y puede cambiar durante la infancia, la adolescencia, o en otras etapas debido al crecimiento, la nutrición, el entrenamiento o enfermedades (Heath & Carter, 1967).

El somatotipo se calcula utilizando tres componentes básicos: endomorfia, mesomorfia y ectomorfia.

- *La endomorfia se refiere al nivel de grasa corporal,*
- *La mesomorfia se refiere a la masa muscular y*
- *La ectomorfia se refiere a la estructura ósea y la delgadez (López et al., 2007).*

A partir de estos tres componentes, se puede determinar la clasificación somatotípica de un individuo, la cual se puede apreciar mejor al colocarla en un gráfico

bidimensional llamada somatocarta (fig. 11), donde es posible ubicar la dominancia de una componente sobre los demás.

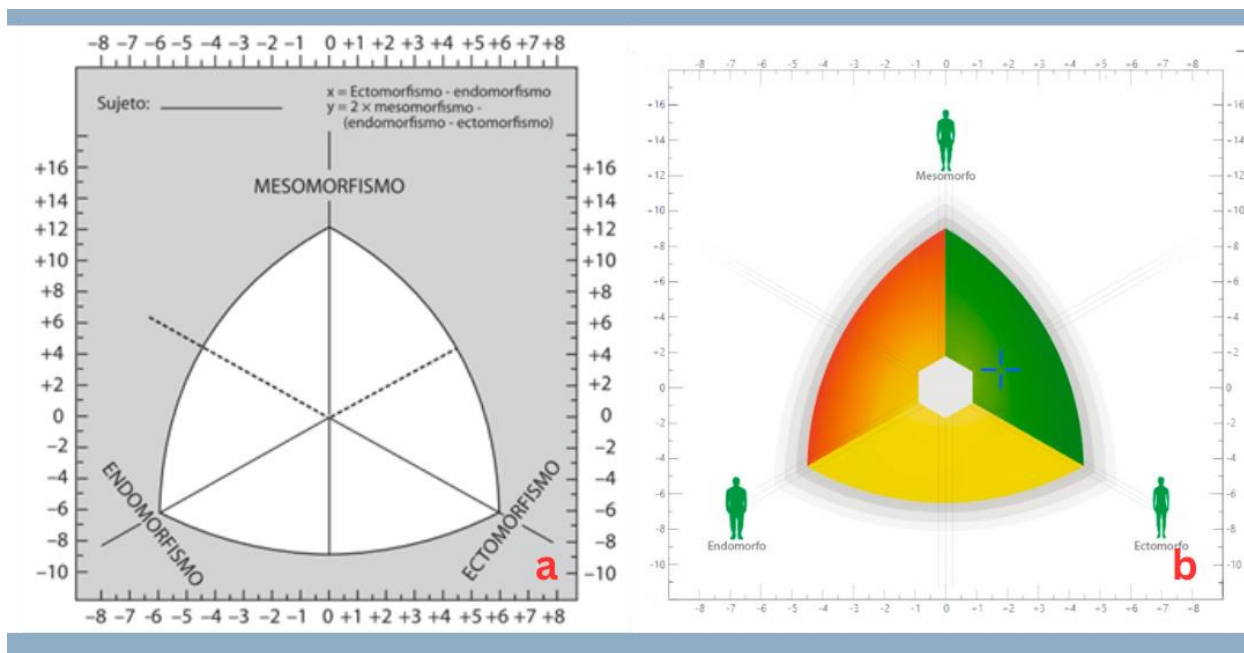


Figura 11. Somatocarta.

Nota. (a) recuperado y modificado de Bezares Sarmiento et al., (2012) somatocarta (b) recuperado y modificado de nutrimind.net.

1.6.2 Cálculo para el somatotipo por fórmula

Para obtener el somatotipo, se utilizan las siguientes medidas antropométricas:

Mesomorfismo.

$$\text{Mesomorfia} = 0.858 \cdot A + 0.601 \cdot B + 0.188 \cdot C + 0.161 \cdot D - 0.131 \cdot E + 4.5$$

Donde:

A = amplitud del húmero en centímetros.

B = amplitud del fémur en centímetros.

C = circunferencia del brazo relajado corregido (se resta el pliegue tricipital).

D=circunferencia de la pantorrilla corregida (se resta el pliegue de la pantorrilla en centímetros).

E= estatura en centímetros.

Endomorfismo

*Endomorfia = 0.7182 + (0.1451 * PC) - (0.00068 * PC²) + (0.0000014 * PC³).*

Donde:

*PC = (p. tricipital + p.subescapular + p.supraespinal) * (170.18 / estatura (cm)).*

Ectomorfismo

Primero es necesario obtener el índice ponderal (IP).

IP=estatura / raíz cúbica (peso).

*Ectomorfia= 0.732 * IP-28.58 (Bezares Sarmiento et al., 2012).*

Una vez que se obtienen las tres medidas, se pueden clasificar en una escala de 1 a 7, donde 1 indica una baja presencia de esa dimensión y 7 indica una alta presencia. (López et al., 2007).


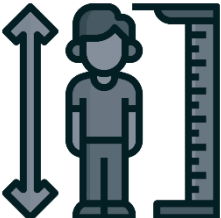
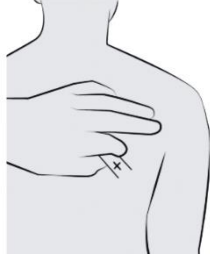

Es importante tener en cuenta que el somatotipo “puede caracterizar a poblaciones generalizadas o específicas, y aplicarse con éxito en todas las edades. Además de ser una herramienta útil para la detección del potencial atlético en el deporte” (López et al., 2007).

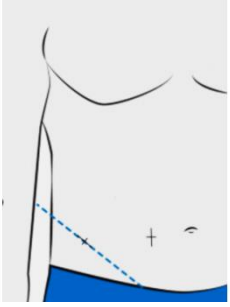
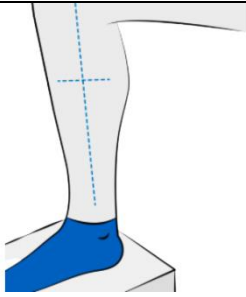
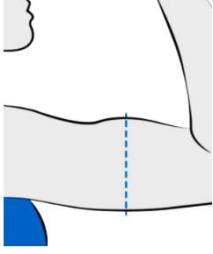
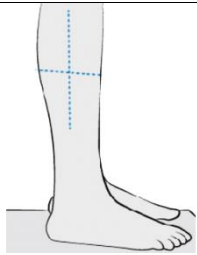
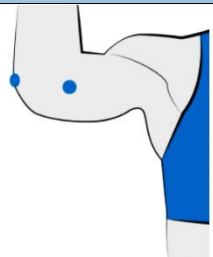
1.6.3 Medidas antropométricas

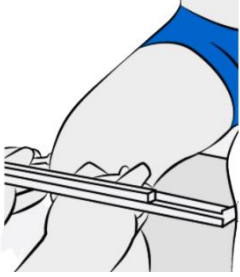
Para el cálculo por fórmula del somatipo (mesomorfia, endomorfia y ectomorfia) mencionados en el apartado anterior, es necesario obtener ciertas medidas antropométricas como son: el peso, la talla, los pliegues (subescapular, tricipital,

supraespinal, pantorrilla), las circunferencias (brazo contraído, pantorrilla) y los diámetros (húmero y fémur). En la tabla 1 se presentan las medidas utilizadas en las atletas de este estudio así como la imagen de referencia y descripciones de las medidas que se tomaron para la obtención del somatotipo por fórmula.

Tabla 1. Descripción de las mediciones para obtener el somatotipo por fórmula.

Medidas	Descripción	Imagen de referencia
Peso corporal	Vector que tiene magnitud y dirección, y apunta aproximadamente hacia el centro de la Tierra. Fuerza con la cual un cuerpo actúa sobre un punto de apoyo, originado por la aceleración de la gravedad, cuando actúa sobre la masa del cuerpo.	
Estatura / talla	Distancia vertical desde la horizontal (superficie de sustentación) hasta el vértex (parte superior y más prominente de la cabeza). Se toma en posición erecta (sin calzado), con los miembros superiores a un costado del cuerpo, las palmas y dedos de las manos rectos y extendidos hacia abajo, mirando hacia el frente.	
Pliegues		
Subescapular	El sujeto debe pararse con los brazos a los costados. El pulgar palpa el ángulo inferior del omóplato para determinar el punto inferior más sobresaliente. Está situado a dos centímetros del ángulo inferior de la escápula, en dirección oblicua abajo y hacia afuera formando un ángulo de 45°.	
Tricipital	El pliegue es vertical y paralelo al eje longitudinal del brazo. El pliegue se toma en la superficie más posterior del brazo, sobre el tríceps, cuando se ve de costado. Situado en el punto medio acromio-radial en la parte posterior del brazo.	

Supraespinal	Este pliegue es levantado por compresión en donde la línea imaginaria que va desde la marca ilioespinal al borde axilar anterior se intersecta con la línea que se proyecta, en sentido horizontal, desde el borde superior del hueso ilíaco, a nivel de la marca o punto iliocrestídeo. Está localizado en la intersección formada en la línea del borde superior del íleon y una línea imaginaria que va desde la espina ilíaca anteroposterior derecha hasta el borde axilar anterior.	
Pantorrilla	Con el sujeto ya sea sentado o con el pie apoyado en una caja (rodilla a 90 grados), y con la pantorrilla relajada, se toma el pliegue vertical en la cara medial de la pantorrilla, a nivel de su perímetro máximo.	
Perímetros		
Brazo contraído	Es la circunferencia máxima de la parte superior del brazo derecho, elevado a una posición horizontal y hacia el costado, con el antebrazo flexionado en un ángulo de aproximadamente 45 grados.	
Pantorrilla	Es el máximo perímetro de la pantorrilla. La medición se realiza en la cara lateral de la pierna	
Diámetros		
Biepicondilar del húmero	Es la distancia medida entre los epicóndilos medial y lateral del húmero, brazo es levantado anteriormente hacia el plano horizontal y el antebrazo a 90 grados.	

Biepicondilar del fémur	Es la distancia entre el cóndilo medial y lateral del fémur. El sujeto deberá estar sentado con una flexión de rodilla de 90°.	
-------------------------	---	---

Nota. recopilado de Norton & Olds (1995) con imágenes modificadas de nutrimind.net.

“La antropometría, como cualquier otra área de la ciencia, depende de la adhesión a reglas particulares de medición determinadas por cuerpos normativos nacionales e internacionales” (Norton & Olds, 1995). En relación con esta investigación, el protocolo para la recolección de medidas antropométricas es el propuesto por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (*International Society for Advancement in Kinanthropometry*, ISAK.) En la tabla 2 se muestran las medidas recolectadas para el funcionamiento de sistema de captura de movimiento en 3D de Vicon (del cual se hablará más adelante) sin embargo es pertinente señalar que aún las tecnologías más novedosas para la evaluación Biomecánica toman como base los conocimientos sobre la antropometría, proporciones del cuerpo humano y su relación con la eficiencia del movimiento.

Tabla 2. Descripción de las medidas antropométricas para el software Nexus.

Medida en ambos lados	Descripción
Parte superior del cuerpo	
Ancho del codo	Ancho a lo largo del eje de flexión, aproximadamente entre el epicóndilo medial y lateral del húmero.
Espesor de la mano	Espesor anterior/posterior entre las superficies palmar y dorsal de la mano.
Desplazamiento del hombro	Desplazamiento vertical desde la base del acromion al centro de la articulación del sujeto.
Ancho de la muñeca	Espesor anterior/posterior de la muñeca.
Parte inferior del cuerpo	
Ancho de tobillo	Distancia medio lateral del maléolo. Con el participante de pie.
Ancho de rodilla	Distancia medio lateral de la rodilla. Con el participante de pie.
Longitud de la pierna	Distancia entre la espina iliaca anterosuperior y el maléolo interno, a través de la articulación de la rodilla.

Nota. Recopilado de González et al. (2018).

1.7 La biomecánica

Los orígenes de la biomecánica se remontan a la antigua Grecia, donde los filósofos naturales estudiaron la estructura y el movimiento del cuerpo humano. Sin embargo, la biomecánica como disciplina científica moderna se desarrolló a finales del siglo XIX y principios del XX. Una de las primeras personas en aplicar principios matemáticos y científicos al estudio del movimiento humano fue el francés Guillaume Duchenne, quien

realizó estudios empíricos de la contracción muscular en 1850. En la década de 1890, el alemán Carl Freiherr Von Linde utilizó técnicas termodinámicas para estudiar el metabolismo. Procesos en el cuerpo humano durante el ejercicio (Estrada, 2018).

Para entender cuál es el papel que juega la biomecánica en este estudio. En la tabla 3 se presentan diversas acepciones con sus respectivos autores.

Tabla 3. Definiciones de Biomecánica.

Autor	Definición
Attinger 1984	Se ocupa de los sistemas biológicos, en particular del ser humano, utilizando, conceptos métodos y leyes procedentes de la mecánica.
Hay 1985	Estudio de las fuerzas internas y externas y de cómo estas inciden sobre el cuerpo humano.
Zatsiorki 1988	La biomecánica es la ciencia de las leyes del movimiento mecánico en los sistemas vivos.

Para el estudio científico de la actividad deportiva es necesario la participación de diferentes disciplinas científicas cuya finalidad es describir, explicar y controlar las variables que intervienen en los gestos deportivos como es el caso de la biomecánica que se auxilia de ramas de la ciencia como: biología, fisiología, medicina, ingeniería mecánica e industrial, ingeniería de sistemas, ciencias biomédicas y ergonomía entre otras (Ramón Suárez, 2009).

Dentro de la biomecánica existe un campo de acción dedicado al deporte, mismo que centra su interés en el movimiento humano relacionado con la actividad física y deportiva. Se encarga de estudiar los movimientos del cuerpo humano durante las

actividades deportivas y cómo esos movimientos afectan al cuerpo. La biomecánica del deporte involucra el análisis de la estructura y función del cuerpo, la mecánica del movimiento y la interacción del cuerpo con el medio ambiente. Se utiliza para diseñar entrenamientos, programas de ejercicios, aumentar el rendimiento del atleta, así como para desarrollar y mejorar equipos deportivos.

Por lo tanto, para el entrenador la biomecánica deportiva es una herramienta de utilidad que le permite tomar decisiones con respecto a la técnica del gesto deportivo. Para el éxito deportivo se deben tomar en cuenta las leyes de la mecánica.

La mecánica se divide en dos ramas principales: a) la rama cinemática, que se encarga del estudio de los movimientos del cuerpo (en este caso, el cuerpo humano en la realización de gestos de movimiento deportivo); y b) el campo de la dinámica, que estudia el movimiento del cuerpo (cuerpo humano). En este caso, se tiene en cuenta las causas que lo producen. Del mismo modo, la dinámica se divide en dos ramas: a) la rama de la mecánica newtoniana considerando las leyes de la gravitación universal, los efectos sobre los cuerpos en movimiento, las leyes de Newton, etc., y b) la dinámica no newtoniana. Explica cómo nos movemos en términos de conceptos como el trabajo y la energía (Estrada, 2018).

1.7.1 Sistemas de captura de movimiento

Para el análisis de los gestos deportivos la biomecánica actualmente utiliza los sistemas de captura del movimiento, los cuales requieren de un hardware específico además de un software para el procesamiento de los datos obtenidos. A estas técnicas de grabación de movimiento del cuerpo humano, que capturan datos espacio

temporales y que los representan digitalmente se les ha denominado Mocap (*Motion capture*).

El sistema Mocap permite la captura de parámetros de movimiento lineales y coordenadas angulares, velocidades, aceleraciones para extremidades y articulaciones (Gómez Echeverry et al., 2018). Los sistemas de captura de movimiento se dividen en 4 grandes grupos dependiendo de la tecnología que utilizan:

1. **Electromagnéticos:** *El sujeto a analizar porta un traje con estructuras rígidas compuestas de metal o plástico colocados en las principales articulaciones, dichas estructuras están unidos por potenciómetros que son los encargados de recopilar la información, su principal desventaja es que solo mide las posiciones relativas de los miembros, pero no el desplazamiento del sujeto en un espacio determinado.*
2. **Electromecánicos:** *Este sistema utiliza una serie de sensores electromagnéticos constituidos por tres espiras ortogonales que miden el flujo magnético, determinando posición y orientación en relación espacial con un transmisor cercano.*
3. **Inerciales:** *Se colocan sensores en distintas partes del cuerpo (acelerómetros triaxiales y giroscopios). Tienen la ventaja que se obtienen datos precisos de aceleración y orientación del individuo, pero al igual de los sistemas electromecánicos no pueden medir traslaciones globales.*
4. **Ópticos:** *Son los más utilizados actualmente pues permiten recoger datos confiables, rastreando superficies del sujeto identificadas dinámicamente*


utilizando una o más cámaras sincronizadas para proporcionar proyecciones simultáneas (Bravo et al., 2016).



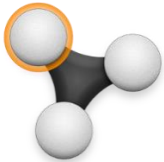

Los sistemas de captura de movimiento ópticos se dividen en los que utilizan marcadores para recoger datos y sin marcadores. De manera general ambos permiten grabar en tiempo real y entregan la posición cartesiana (x, y, z) en un marco de referencia inercial.

Dentro de los sistemas con marcadores existen los pasivos y activos, en el caso de los primeros, estos no generan luz, la reflejan a diferencia de los activos que utilizan diodos emisores de luz. Bravo et al (2016), señalan que “una desventaja en los sistemas ópticos con marcadores es la oclusión; aquí los marcadores no aparecen en varias tomas de la cámara, debido a la obstrucción de la línea de visión de los objetos de la escena o por otras partes del cuerpo del sujeto”. Para resolver este problema existen softwares de pos-procesamiento de datos que tienen la capacidad de generar marcadores virtuales con el fin de tratar con los marcadores ocluidos.

Algunos de los softwares que se utilizan para analizar la captura de movimiento se encuentran: Nexus de Vicon, Kinovea, Qualisys, OptiTrack, OpenSim entre otros, en la tabla 4 se enlistan los más utilizados sus ventajas y desventajas.

Tabla 4. Comparación entre varios sistemas de captura de movimiento.

Software	Ventajas	Desventajas
<p>Nexus Vicon</p> 	<p>Alta precisión y resolución de movimiento. Compatible con una amplia gama de dispositivos de captura de movimiento. Contiene herramientas de análisis cinéticas y cinemáticas. Visualización de los sujetos en 3D. Integración de plataformas de fuerza AMTI y electromiografía.</p>	<p>Requiere de capacitación para su uso. Utiliza hardwares específicos. Costo elevado. En funciones avanzadas requiere de lenguaje de programación.</p>

	<p>Provee soporte técnico. Utiliza marcadores reflectantes que permiten el desplazamiento del sujeto de estudio en un área delimitada. 35 años en el mercado.</p>	
<p>Kinovea</p> 	<p>Fácil de usar para principiantes. Herramientas de medición y análisis de movimiento. Es de código abierto y gratuito.</p>	<p>No es tan preciso como otros softwares de captura de movimiento. No es compatible con tantos dispositivos de captura de movimiento. Solo visualiza y permite el análisis en 2D.</p>
<p>Qualisys</p> 	<p>Mediciones de alta precisión y resolución de movimiento. Herramientas de análisis avanzadas.</p>	<p>Costo elevado. Requiere de capacitación para su uso.</p>
<p>Optitrack</p> 	<p>Alta tasa de cuadros y baja latencia. Ideal para la captura de movimiento en tiempo real.</p>	<p>Requiere hardware específico para su uso. Costo elevado. Gran curva de aprendizaje.</p>
<p>Opensim</p> 	<p>Herramientas para modelar el movimiento del cuerpo humano Simulación de diferentes condiciones y escenarios.</p>	<p>Requiere conocimientos de programación para su uso. No es tan preciso como otros software de captura de movimiento más caros.</p>

1.7.2 Software Nexus de Vicon

A finales de los años 70, un grupo de investigadores de todo el mundo colaboraron con la finalidad de encontrar un método capaz de rastrear el movimiento y encontrar los marcadores en tercera dimensión(3D) de dicho movimiento. A raíz de esta

investigación el Dr. Julian Morrison fundó Oxford Metrics, en 1984 comienza la venta de sistemas Vicon® solo con cámaras análogas para la reconstrucción en 3D.

El Dr. Morris fue el primero en desarrollar los sistemas de captura de movimiento óptico, dicho sistema fue utilizado en el área clínica para rastrear de manera cualitativa y cuantitativa el progreso del tratamiento en pacientes con problemas de marcha, a la par de crear una base de datos específica y compararla con la base de datos de población general, con la intención de generar confianza en el tratamiento fisioterapéutico o la intervención quirúrgica.

En la actualidad el nombre de la compañía es Vicon® y ofrece tecnología de captura de movimiento para diferentes sectores dividido en 4 líneas de desarrollo: Vicon Shogun® para el área de entretenimiento, Vicon tracker® para ingeniería, Vicon Evok® para localización basado en realidad virtual y Vicon Nexus® para el área de las ciencias. Comúnmente utilizada en el campo de la biomecánica para medir y analizar la cinemática y la cinética humanas. El sistema se compone de una serie de cámaras de alta velocidad y alta resolución que se colocan delimitando del área de interés, con un conjunto de marcadores reflectantes que se colocan en el cuerpo del sujeto y una computadora con el software de captura de movimiento en 3D instalado.

El proceso de captura de movimiento en 3D de Vicon, comienza con la colocación de los marcadores reflectantes en las áreas anatómicas relevantes del sujeto, utilizando una configuración predefinida o también llamado modelo biomecánico el cual representa física y fisiológica el movimiento humano tomando en cuenta segmentos corporales, huesos y articulaciones en relación con variables de fuerza, torque,

dirección entre otras con el fin de describir lo complejo del sistema musculoesquelético (Chaffin, 1969; Kim, 2010; King, 1984; Xiao & Fu, 2016).

El modelo biomecánico utilizado para esta investigación es el, “*Fullbody Plug-in Gait*” (modelo de cuerpo completo) integrado en el software de captura de movimiento en 3D de Vicon por la ventaja de contar con un algoritmo que relaciona el comportamiento de los marcadores a partir de ciertos parámetros ingresados al sistema. A su vez proporciona la cinética y cinemática de cuerpo completo, este modelo es ampliamente utilizado y confiable, se basa en el modelo validado de Newington Helen Hayes. El modelo *Plug-in Gait* calcula directamente los centros de la articulación del modelo cinemático desde las posiciones del marcador XYZ medido cuadro por cuadro. Por lo tanto, las longitudes y orientaciones de los segmentos modelados dependen directamente en las posiciones de los marcadores(Vicon, 2021).

A partir de las trayectorias de los marcadores reales, el modelo *Plug-in Gait* genera marcadores virtuales trayectorias que representan cantidades cinemáticas y cinéticas (ángulos, momentos,etc) y representaciones de los segmentos modelados. En la figura 12 se puede observar un diagrama de cómo funciona el modelo *Plug in Gait*.

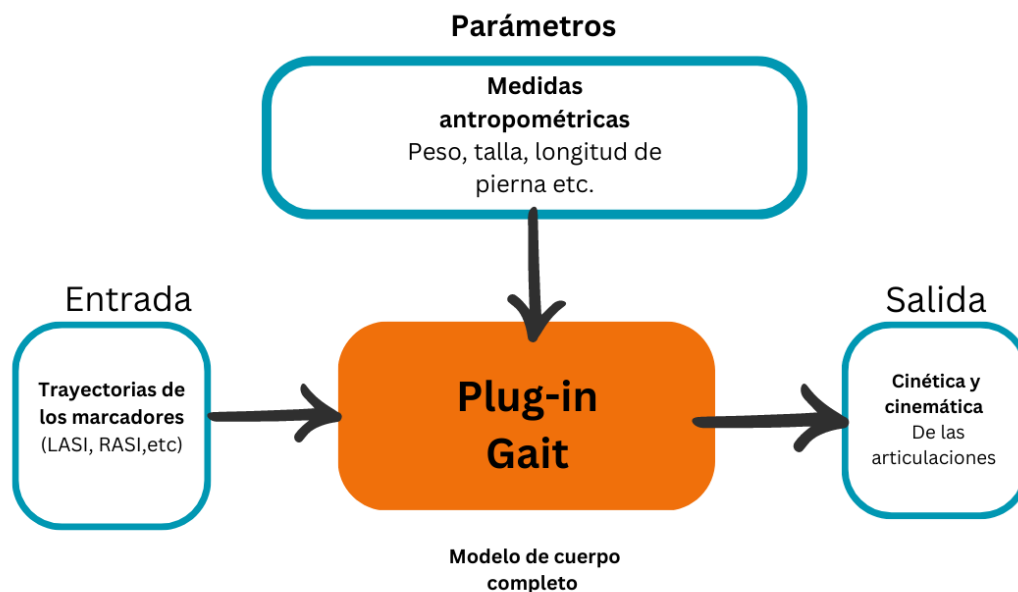


Figura 12. Diagrama de proceso modelo Plug-in Gait.
Nota. Modificado de la Guía de usuario Nexus (Vicon, 2021).

1.7.3 Marcadores del modelo Plug-in Gait

En el apartado anterior se mencionó que el modelo Plug-in Gait, para su funcionamiento utiliza marcadores pasivos reflectantes que son colocados sobre el sujeto de estudio, estos marcadores tienen una colocación anatómica específica la cual se muestra en la figura 13.

Plug-in-Gait Marker Placement

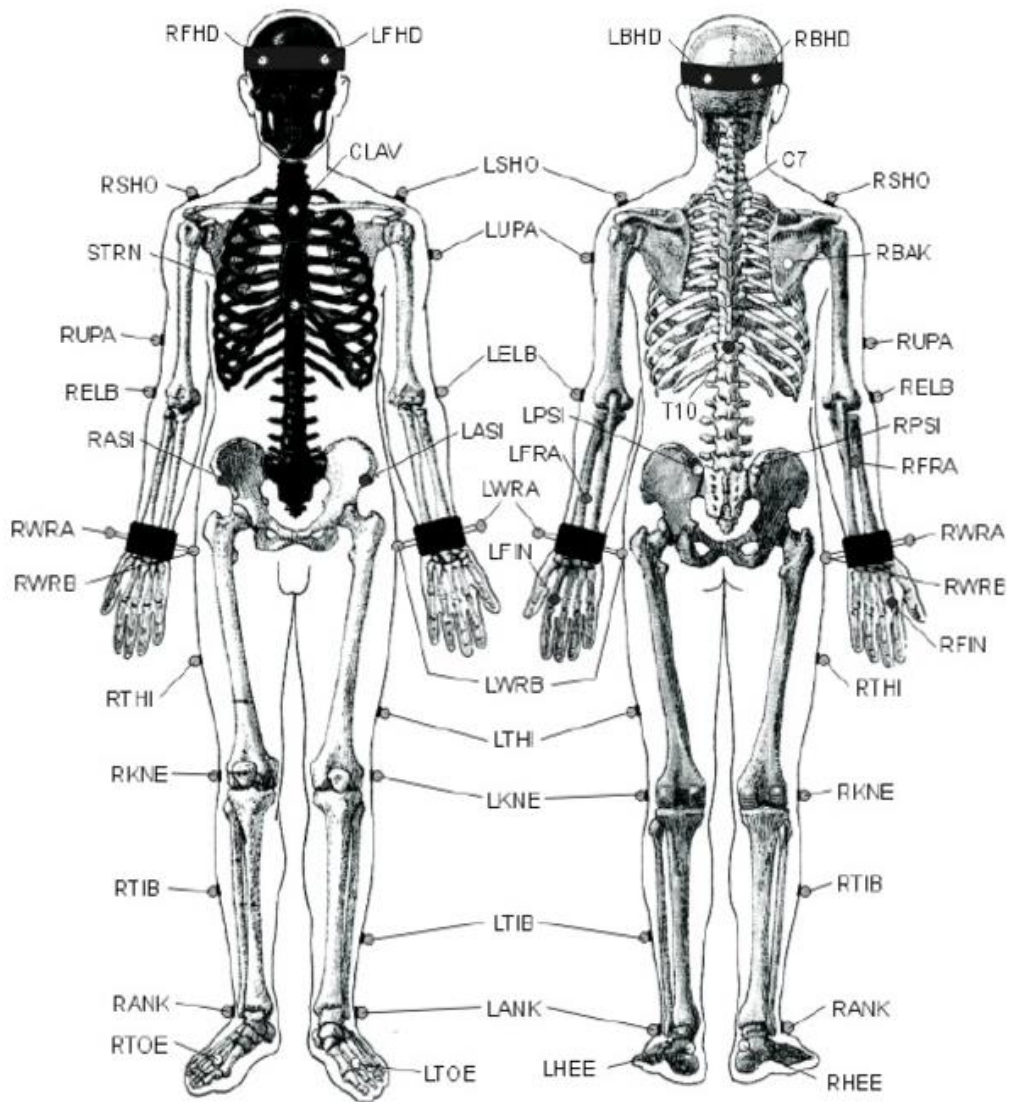


Figura 13. Diagrama de colocación de marcadores modelo de cuerpo completo.

Nota. Muestra la ubicación anatómica de los 39 marcadores reflectantes.

En las tablas 5 a la 9 se enlistan la etiqueta de los marcadores según la designación de Vicon, así como su localización en el cuerpo.

Tabla 5. Descripción de los marcadores de la cabeza.

Etiqueta del marcador	Definición	Posición del Paciente
LFHD	Left front head	Sien derecha
RFHD	Right front head	Sien izquierda
LBHD	Left back head	Parte posterior izquierda de la cabeza (definen el plano transversal de la cabeza, junto con los marcadores frontales)
RBHD	Right back head	Parte posterior derecha de la cabeza (definen el plano transversal de la cabeza, junto con los marcadores frontales)

Nota. Tomado de Plug-in Gait Reference Guide (Vicon, 2022).

Tabla 6. Descripción de los marcadores del torso.

Etiqueta del marcador	Definición	Posición en el paciente
C7	7th Cervical Vertebrae	En la apófisis espinosa de la séptima vertebra cervical
T10	10th Thoracic Vertebrae	En la apófisis espinosa de la décima vértebra torácica
CLAV	Clavicle	En la muesca yugular donde las clavículas coinciden con el esternón
STRN	Sternum	En el apéndice xifoides del esternón
RBAK	Right Back	En cualquier lugar sobre la escápula derecha (Este marcador no tiene un marcador equivalente en el lado izquierdo. Esta asimetría ayuda la rutina de auto etiquetado determina correctamente de izquierda sobre el tema. La colocación no es crítica ya que no está incluido en el complemento Cálculos del modelo de marcha.)

Nota. Tomado de Plug-in Gait Reference Guide (Vicon, 2022).

Tabla 7. Descripción de los marcadores de los miembros superiores.

Marcadores del miembro superior izquierdo			Marcadores del miembro superior derecho		
Etiqueta del marcador	Definición	Posición del Paciente	Etiqueta del marcador	Definición	Posición del Paciente
LSHO	Left shoulder marker	En la articulación acromioclavicular lado izquierdo	RSHO	Right shoulder marker	En la articulación acromioclavicular lado derecho
LUPA	Left upper arm marker	En la superficie lateral superior 1/3 del brazo izquierdo (colocar asimétricamente con RUPA)	RUPA	Right upper arm marker	En la superficie lateral superior 1/3 del brazo derecho (colocar asimétricamente con LUPA)
LELB	Left elbow	En el epicóndilo lateral del codo izquierdo	RELB	Right elbow	En el epicóndilo lateral que se aproxima del eje de la articulación del codo derecho
LFRM	Left forearm marker	En el 1/3 inferior de la superficie lateral del antebrazo izquierdo (colocar asimétricamente con RFRM)	RFRM	Right forearm marker	En el 1/3 inferior de la superficie lateral del antebrazo derecho (colocar asimétricamente con LFRM)
LWRA	Left wrist marker A	En la muñeca izquierda del lado del pulgar, lo más cerca del centro de la articulación posible	RWRA	Right wrist marker A	En la muñeca derecha del lado del pulgar, lo más cerca del centro de la articulación posible
LWRB	Left wrist marker B	En la muñeca izquierda del lado del dedo meñique, lo más cerca del centro de la articulación posible	RWRB	Right wrist marker B	En la muñeca derecha del lado del dedo meñique, lo más cerca del centro de la articulación posible
LFIN	Left fingers	Lo más próximo al nudillo medio de la mano izquierda	RFIN	Right fingers	Lo más próximo al nudillo medio de la mano derecha

Nota. Tomado de Plug-in Gait Reference Guide (Vicon, 2022).

Tabla 8. Descripción de los marcadores de los miembros inferiores.

Marcadores del miembro superior izquierdo			Marcadores del miembro superior derecho		
Etiqueta del marcador	Definición	Posición del Paciente	Etiqueta del marcador	Definición	Posición del Paciente
LTHI	Left thigh	Por arriba del 1/3 inferior de la superficie del muslo izquierdo, en línea con los centros de las articulaciones de la cadera y la rodilla	RTHI	Right thigh	Por arriba del 1/3 superior de la superficie del muslo derecho
LKNE	Left knee	En el eje de flexión-	RKNE	Right knee	En el eje de flexión-

		extensión de la rodilla derecha			extensión de la rodilla izquierda
LTIB	Left tibial	Por arriba del 1/3 inferior de la superficie lateral externa de la pierna izquierda	RTIB	Right tibial	Por arriba del 1/3 superior de la superficie de la pierna derecha
LANK	Left ankle	En el maléolo lateral izquierdo a lo largo de una línea imaginaria que pasa por el eje transmaleolar	RANK	Right ankle	En el maléolo lateral derecho a lo largo de una línea imaginaria que pasa por el eje transmaleolar
LHEE	Left heel	En el calcaneo izquierdo a la misma altura por encima de la superficie plantar del pie, como el marcador LTOE	RHEE	Right heel	En el calcaneo derecho a la misma altura por encima de la superficie plantar del pie, como el marcador RTOE
LTOE	Left toe	Por arriba de la cabeza del segundo metatarso, en la parte media del pie izquierdo	RTOE	Right toe	Por arriba de la cabeza del segundo metatarso, en la parte media del pie derecho

Nota. Tomado de Plug-in Gait Reference Guide (Vicon, 2022).

Tabla 9. Descripción de los marcadores de la pelvis.

Etiqueta del marcador	Definición	Posición del Paciente
LASI	Left ASIS	Espina iliaca anterosuperior izquierda
RASI	Right ASIS	Espina iliaca anterosuperior derecha
LPSI	Left PSI	Espina iliaca superior posterior izquierda (inmediatamente debajo de las articulaciones sacro-iliacas, en el punto donde la columna se une a la pelvis)
RPSI	Right PSI	Espina iliaca superior posterior derecha (inmediatamente debajo de las articulaciones sacro-iliacas, en el punto donde la columna se une a la pelvis)

Nota. Tomado de Plug-in Gait Reference Guide (Vicon, 2022).

1.7.3 Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía (Facultad de Deportes)

El laboratorio de biomecánica y ergonomía de la facultad de deportes de la Universidad Autónoma de Baja California (fig. 14) localizado en la avenida Monclova, Parcela 44, en Mexicali, Baja California. Está conformado por cuatro plataforma de fuerza AMTI, equipo de electromiografía, once cámaras de iluminación infrarroja que

tienen una resolución de hasta un megapixel y una distancia focal variable con velocidad de 250 cuadros por segundo; dos cámaras de video con una frecuencia de 120 hz a una resolución de 1280 y 720 HD; una computadora DELL para la captura de información con el sistema de captura de movimiento en 3D (Software Nexus de Vicon), el cual utiliza el modelo *Plug-in Gait* de 39 marcadores pasivos reflectantes. Todo esto permite la obtención de valores cuantitativos acerca de la ejecución de cualquier gesto motor (parámetros espaciotemporales, cinemáticos, cinéticos y electromiográficos) para detectar posibles alteraciones músculo-esqueléticas.

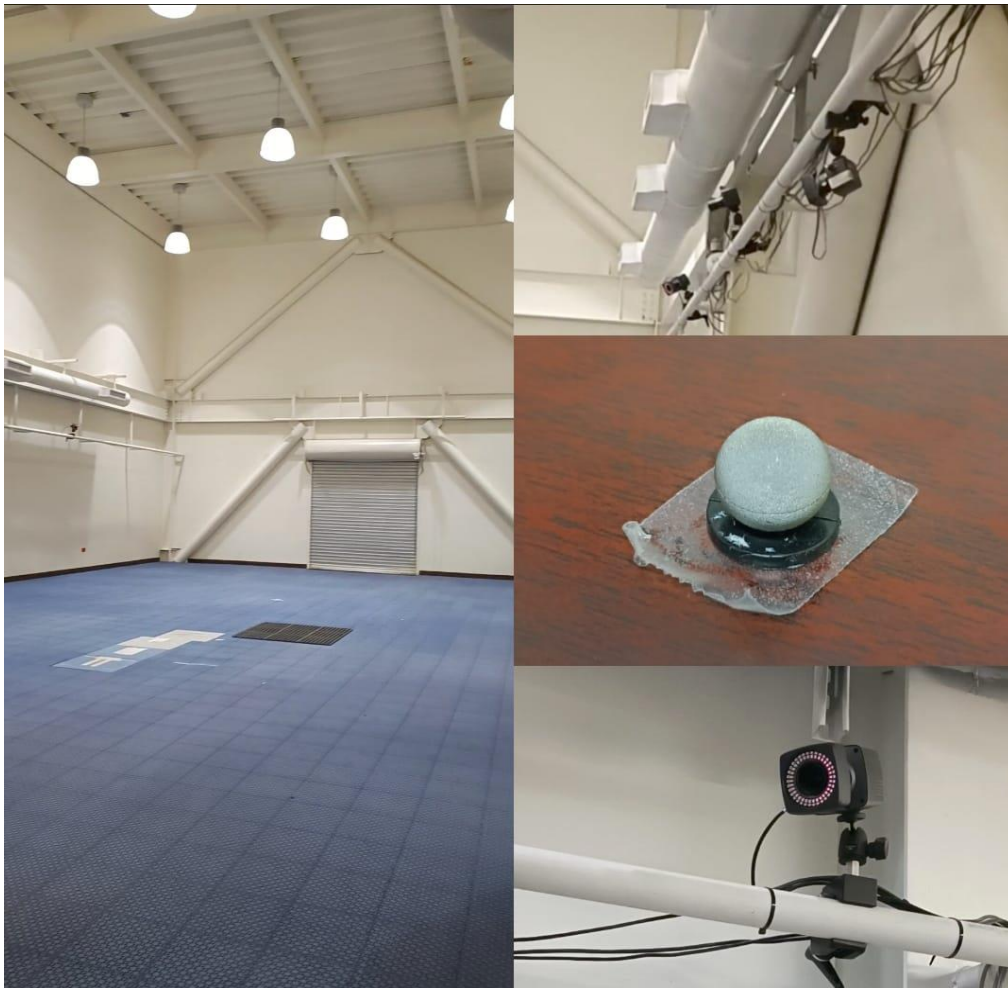


Figura 14. Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía de la Facultad de Deportes UABC.

Capítulo II

2.1 Planteamiento del problema

En el ámbito deportivo, el conocimiento de la estructura corporal y la funcionalidad biomecánica de los atletas puede ser determinante para mejorar el rendimiento y prevenir lesiones. Por ello, es necesario contar con herramientas precisas y confiables para realizar mediciones antropométricas, evaluar la flexibilidad y la biomecánica. En este sentido, el software de captura de movimiento en 3D de Vicon, se ha consolidado como una herramienta tecnológica útil para el registro de movimiento óptico en 3D, la calibración, etiquetado del esqueleto (avatar) y la reconstrucción de la captura de movimiento en diversos deportes. Sin embargo, uno de los deportes que no ha sido objeto de estudio con esta herramienta es el aro sport, un deporte de reciente creación que combina elementos de gimnasia rítmica, danza y acrobacia con un aro como implemento. Dado que este deporte implica una gran demanda de flexibilidad y coordinación, se hace necesario evaluar la funcionalidad biomecánica de los atletas que lo practican.

2.2 Justificación

En población general, la flexibilidad puede ayudar a mejorar la higiene postural, prevenir lesiones y favorecer el rango de movimiento en las articulaciones. En cuanto a los deportes de arte competitivo, esta es una capacidad clave en una amplia variedad de gestos motores e indudablemente, necesaria para la práctica del aro sport, debido a que la amplitud del rango de movimiento de los atletas influye de manera directamente

proporcional en la estética durante el desarrollo de la acción motriz, lo que se traduce en un efecto visual de dominio de los elementos técnicos.

Para evaluarla la flexibilidad en estos deportes, se requieren instrumentos confiables y prácticos, en este sentido, la BFG propuesta por Flores, en 2020, resulta adecuada, debido a que, es práctica, económica, no invasiva, altamente reproducible, permite realizar una evaluación multiarticular de los atletas y presenta un grado de complejidad idóneo para la disciplina antes mencionada. Sin embargo, los resultados que emite son de tipo adimensional, no permiten analizar la estructura corporal y la funcionalidad biomecánica de los atletas.

Por otro lado, el software de captura de movimiento en 3D de Vicon es una herramienta tecnológica que permite obtener datos tridimensionales de la postura y el movimiento humano. No obstante, no hemos encontrado el uso de esta tecnología para analizar la flexibilidad, por lo tanto, con la obtención del análisis biomecánico y divulgación de la información resultante de la presente investigación, se busca ayudar a los entrenadores a tomar decisiones informadas con respecto a la identificación de posibles patrones de desarrollo de la flexibilidad y somatotipo adecuado que podría contribuir a mejorar el rendimiento deportivo en atletas de aro sport, estudiando las posiciones de la BFG con el sistema de captura de movimiento en 3D de Vicon.

Cabe señalar que la práctica de los deportes de arte competitivo se realiza en edades tempranas donde la flexibilidad alcanza su máximo potencial, por tanto, el uso de la BFG se vuelve una herramienta de medición valiosa para la detección de talentos en edad escolar.

2.3 Hipótesis

Existe una relación entre las medidas antropométricas de las atletas de aro sport y su flexibilidad. Además, la tecnología de captura de movimiento en 3D de Vicon es una herramienta eficaz para el análisis biomecánico de las posiciones de la batería de flexibilidad global realizadas por las atletas.

2.4 Objetivo General

Aplicar técnicas de medición antropométrica y la batería de flexibilidad global de Flores 2020, para evaluar el rango de flexibilidad en atletas de aro sport, y analizar biomecánicamente las posiciones de dicha batería, utilizando un software de captura de movimiento en 3D de Vicon, con el fin de identificar posibles patrones de desarrollo de la flexibilidad en esta población específica.

2.5 Objetivos específicos

1. Realizar mediciones antropométricas de los atletas utilizando el protocolo de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK)
2. Evaluar la flexibilidad utilizando la batería propuesta por Flores (2020).
3. Evaluar y analizar las posiciones de la batería BFG de las atletas, con el sistema de captura de movimiento en 3D de Vicon.
4. Determinar los ángulos que presentan las articulaciones de las atletas al realizar cada una de las figuras de la BFG, para otorgarles un valor cuantitativo mediante un análisis biomecánico.

Capítulo III

Metodología

3.1 Participantes

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, no experimental de tipo descriptivo- correlacional y corte transversal, según lo plasmado por Sampieri (2014).

La muestra estuvo conformada por 11 atletas de deportes de aro deportivo rama femenil, con un rango de edad de 8 a 20 años (14.09 ± 2.84).

3.2 Criterios de inclusión y de exclusión de la muestra

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:




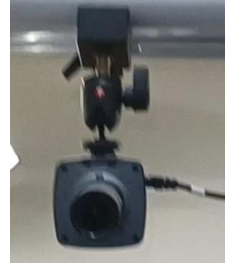

- Atletas infantiles y juveniles de deportes de arte competitivo.
- Afiliados a la federación de su deporte.
- Sin lesiones ni enfermedades.
- Residentes de la ciudad de Mexicali.






Fueron excluidos los atletas que presentaron en los últimos 6 meses alguna patología osteomuscular, con capacidades diversas y quienes no presentaron la adecuada indumentaria para realizar las pruebas.

3.3 Instrumentos

En la tabla 10 se presentan los instrumentos utilizados para la evaluación, mismos que se encuentran instalados dentro del Laboratorio de Ergonomía y Biomecánica de la facultad de deportes Mexicali.

Tabla 10. Descripción de los instrumentos.

Cantidad	Instrumento	Marca y/o Modelo	Imagen de referencia
11	<p>Cámaras infrarrojas.</p> <p>De iluminación infrarroja con una resolución de hasta un megapíxel, distancia focal variable y velocidad de 250 cuadros por segundo (cps), las cuales se encargan de rastrear los marcadores reflectantes pasivos.</p> <p>(González Macías et al., 2018)</p>	Bonita 10 Vicon®	
39	<p>Marcadores reflectantes pasivos.</p> <p>Necesarios la construcción del avatar en el software <i>Plug-in Gait</i> de Vicon. Estos serán seguidos por las cámara infrarrojas.</p>	Vicon.	
1	<p>Varita Activa Vicon.</p> <p>Utilizada para el proceso de calibración.</p>		
2	<p>Cámara de video HD con frecuencia de 100HZ.</p> <p>Para grabar las posiciones a una resolución de 1280 x 720 HD.</p>	Bonita 720C Vicon.	
4	<p>Plataformas de fuerza .</p> <p>Como parte del equipo integrado al software nexus, Las plataformas miden los tres componentes ortogonales de la fuerza a lo largo de los ejes X, Y y Z, y los momentos sobre los tres ejes.</p>	AMTI©	

	(González Macías et al., 2018)		
1	Cinta de medir. Para obtener perímetros corporales.	Lufkin®	
1	Estadiómetro. Necesario para obtener las talla de los atletas.	SECA®	
1	Antropómetro Largo. Se utilizó para medir los diámetros en la antropometría necesaria para la somatocarta y las medidas requeridas por Nexus de Vicon.	modelo 01290 marca Lafayette®	
1	Batería de Flexibilidad Global. Flores et al. (2020)	INDAUTOR Registro 03-2022-010313472200-01.	
1	Plícometro. Se utilizó para medir los pliegue corporales necesario para obtener el somatotipo.	Slim Guide.	

3.4 Procedimiento

Como primer paso del procedimiento, se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los padres de familia. Mismo que se puede encontrar en el Anexo 1.

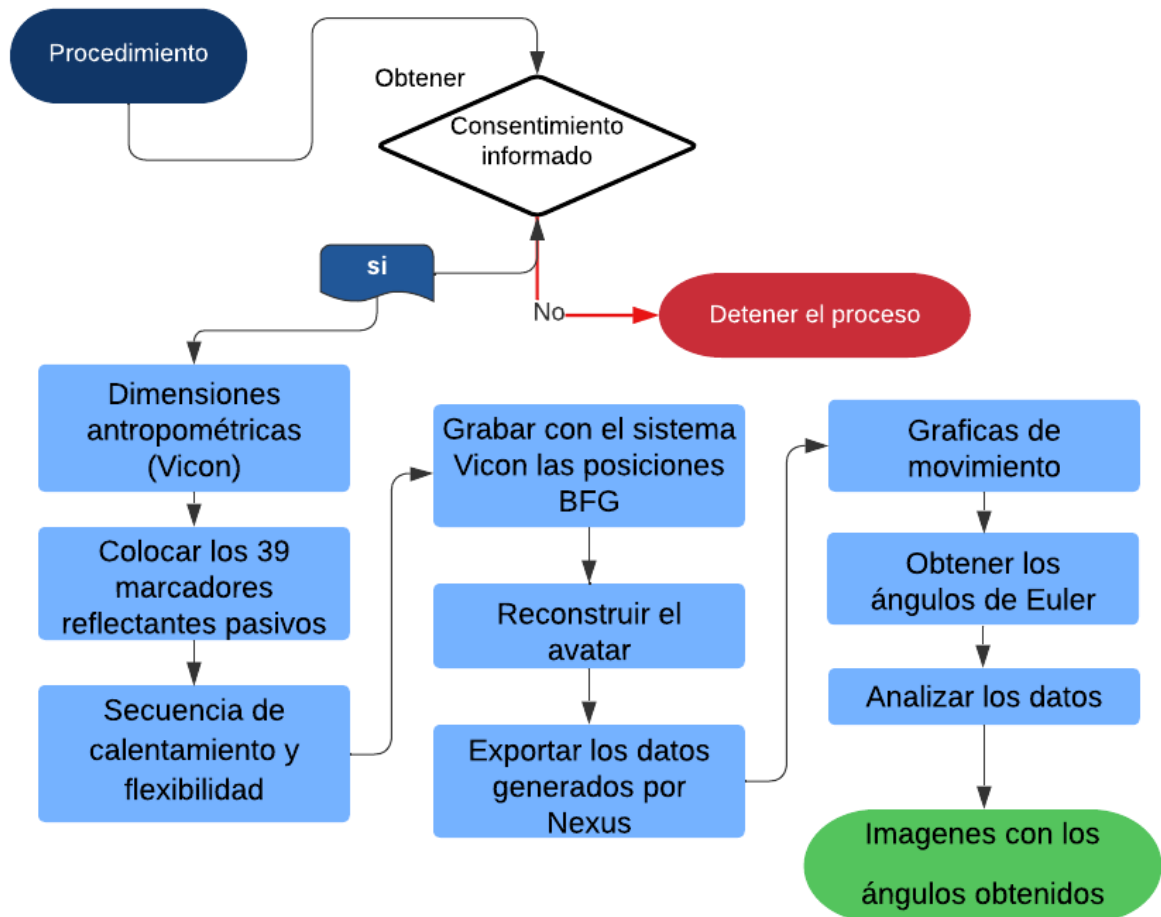


Figura 15. Diagrama general del procedimiento.

De ahí en adelante la investigación se dividió en cuatro etapas:

La primera etapa tuvo el objetivo de realizar las mediciones necesarias para el somatotipo en listadas en la tabla 1, para dicho propósito se asistió directamente hasta

los centros de entrenamiento de cada disciplina (Centro deportivo UABC, Danselle Studio y Petit Studio). Las mediciones se llevaron a cabo dentro de los horarios de entrenamiento de cada uno de los atletas, con la intención de no interferir en su etapa precompetitiva. Estas mediciones se realizaron siguiendo las recomendaciones del protocolo de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) marcadas en el manual de Norton & Olds (1995).

La **segunda etapa** se llevó a cabo en los centros de entrenamiento, la cual consistió en medir la flexibilidad con la batería propuesta por Flores (2020), siguiendo el protocolo establecido en la misma.

La **tercera etapa** consistió en la evaluación Biomecánica con tecnología de captura de movimiento óptico en 3D con el sistema Nexus de Vicon®, que se realizó en el Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía de la Facultad de Deportes, descrito en el apartado 1.7.3 de este documento. La cual tuvo el siguiente protocolo de actuación:

Calibración del sistema: Se realizaron movimientos en forma de infinito frente cada una de las cámaras utilizando la varita activa, con estos movimientos Nexus captura los fotogramas de refinamiento que posteriormente sirven para fusionar las 11 cámaras infrarojo y 2 de video HD en 3D, definir el volumen de captura, las plataformas de fuerza y el sistema de coordenadas xyz (fig. 16).

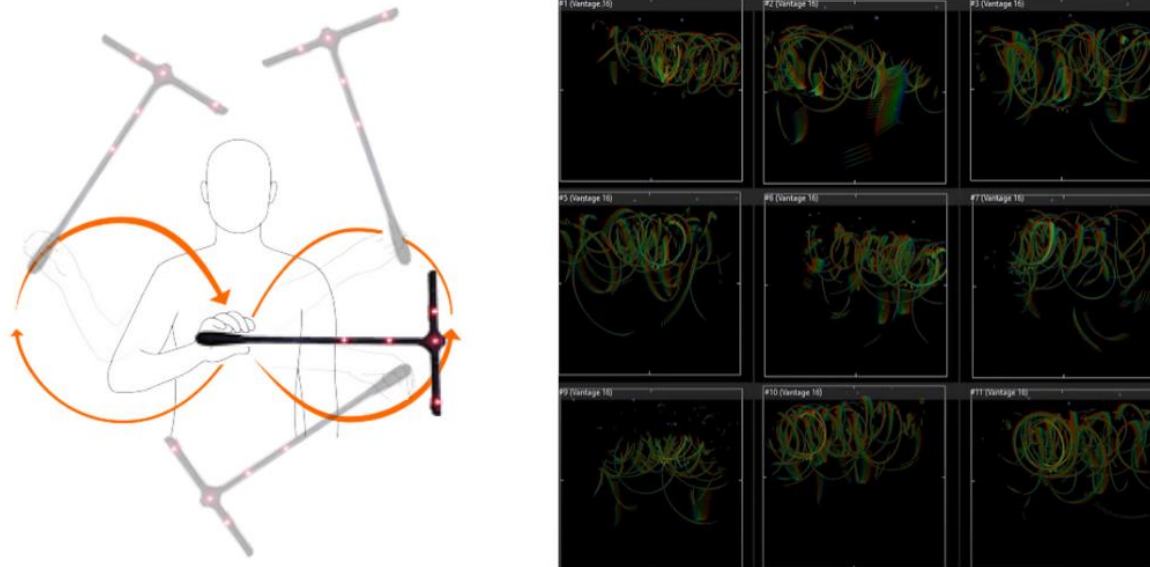


Figura 16. Calibración y preparación del volumen de captura.

Con el volumen de captura y las cámaras sincronizadas después de completar la calibración, se tomaron las medidas antropométricas solicitadas para el software de captura de movimiento en 3D de Vicon descritas en la tabla 2. Posteriormente los atletas realizaron un calentamiento dinámico y secuencia de flexibilidad con estiramientos activos y pasivos (Anexo 2) al completar los estiramientos, Después se colocaron los 39 marcadores reflectantes pasivos conforme a la modelo de *Plug-in Gait* de cuerpo completo siguiendo la ubicación descrita en las tablas 5 a 10 y la figura 13.

Con los marcadores colocados, los atletas pasaron al centro del laboratorio para continuar con el proceso de etiquetado del esqueleto (avatar) dentro del sistema, mediante la prueba estática, donde el sujeto se coloca de pie manteniendo la pose de “motociclista” o pose “T” durante algunos segundos (Vicon, 2021) (fig. 17).

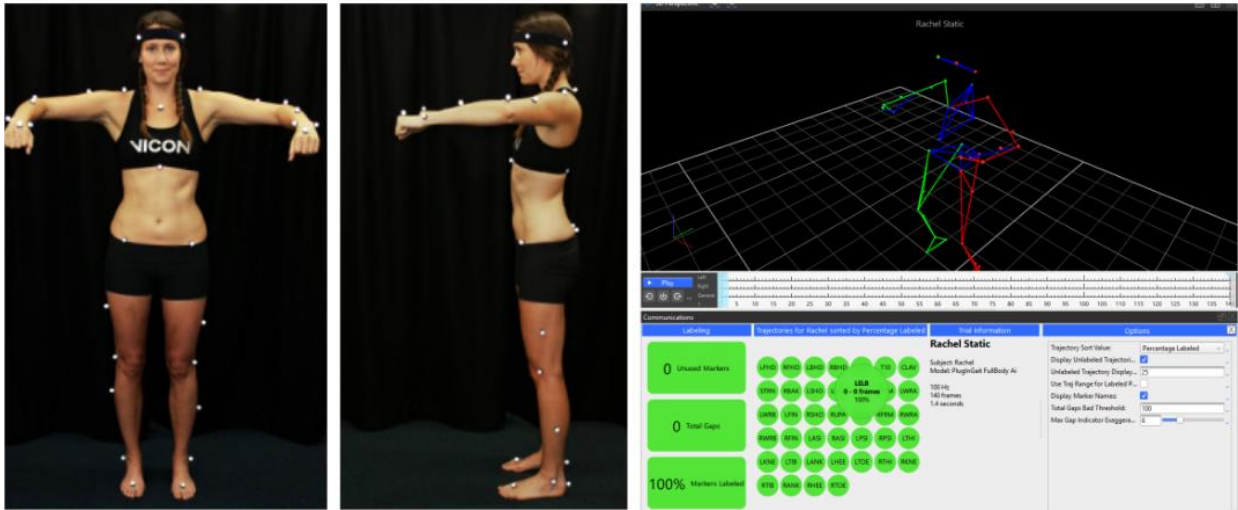


Figura 17. Prueba estática para etiquetado del esqueleto, pose “T” o de “motociclista”.

Nota. Recopilado y modificado de la guía de usuario Vicon.

La calibración del etiquetado del esqueleto (avatar) queda completada cuando en la pestaña del software Nexus de calidad (Quality), aparecen en verde todos los marcadores en el sistema, como se ilustra en la figura 17. Este proceso se realizó en todos los atletas antes de grabar cada postura de la BFG.

Una vez reconstruido la prueba estática exitosamente con el etiquetado del esqueleto dentro del sistema, el siguiente paso consistió en grabar la captura de movimiento óptico en 3D, las atletas realizaron las posturas ilustradas en la BFG y expresadas en el apartado 1.5.1, con el siguiente orden: E MID, E MIND, D, C, B MID, B MIND, A MID, A MIND (fig. 18)

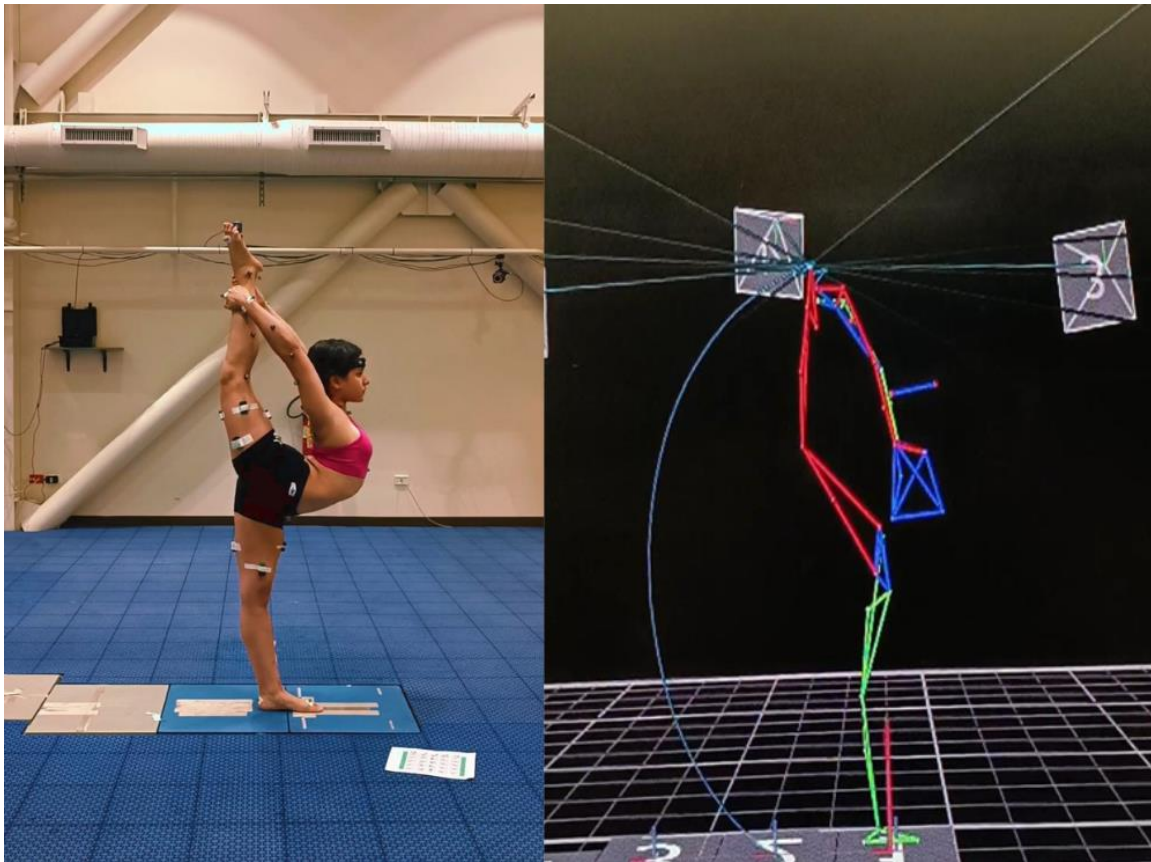


Figura 18. Comparación de atleta realizando el elemento A MID de la BFG.

Nota. Vista Plug-in Gait en el software de captura de movimiento en 3D de Vicon.

Cabe señalar que la etapa tres tuvo un tiempo aproximado de 2 horas y 20 minutos por participante, contemplando: la toma de medidas antropométricas Vicon, la secuencia de calentamiento-flexibilidad, la colocación de los marcadores, calibración del volumen de captura, calibración de la prueba estática y la captura de movimiento 3D de las posiciones de la BFG.

La cuarta etapa de esta investigación fue la reconstrucción del avatar, la cual se realizó sin los atletas, únicamente con las grabaciones en el software de captura de

movimiento en 3D de Vicon en el equipo de cómputo DELL al interior del Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía.

Con la finalidad de entender la necesidad del proceso de reconstrucción se debe tener en mente que, la ubicación, rastreo e identificación de los marcadores dentro del volumen de captura se logra cuando, cada marcador es observado por al menos tres cámaras al mismo tiempo. En este sentido cabe señalar que durante el desarrollo de la grabación existen momentos en los que uno o varios marcadores son ocluidos por alguna parte del cuerpo, por cuestiones inherentes a las posiciones realizadas o al ángulo desde donde la cámara observa el gesto motor.

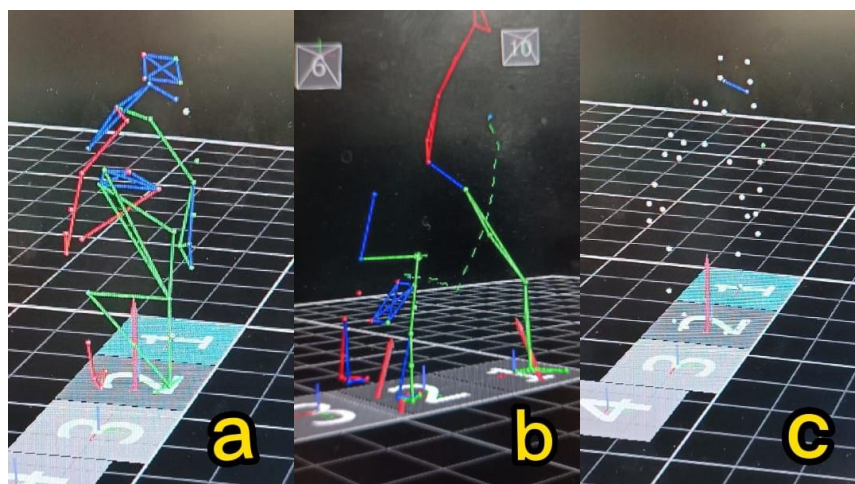


Figura 19. Tipos de errores en el proceso de etiquetado.

Nota. a) Marcadores mal etiquetados, b) marcadores perdidos, c) marcadores sin etiqueta.

Aunque las reconstrucciones de las grabaciones de cada una de las poses de la batería tienen sus particularidades atribuidas al individuo y su rango de flexibilidad, de manera general todas se realizaron con el siguiente tratamiento expresado en la figura 20 y 21.

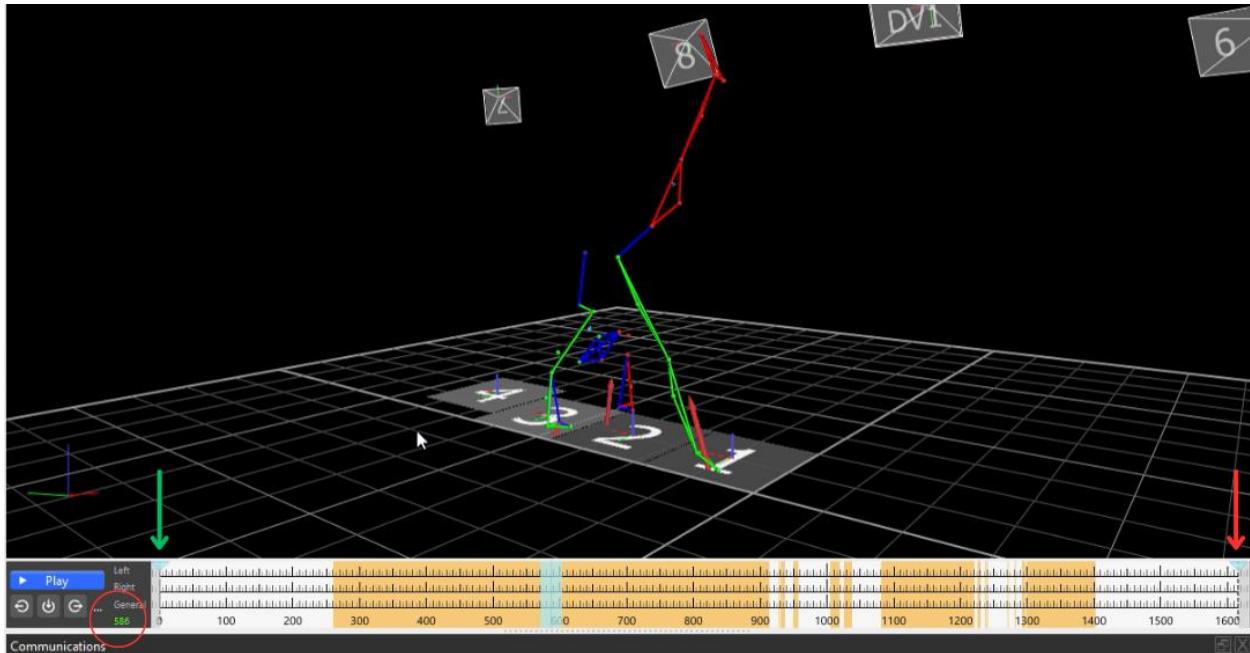


Figura 21. Ejemplo de línea de tiempo.

Nota. Se observan 1618 frames, el círculo rojo señala el número de frame que se muestra, la flechas señalan el inicio y final.

3.5 Análisis Estadístico

Se presenta el análisis descriptivo de todas las variables evaluadas, como las medias, desviaciones estándar y se evaluó la normalidad utilizando la prueba de Shapiro-Wilks. De igual forma se determinaron las correlaciones de Pearson y así como el contraste de hipótesis de la Prueba de Kruskal-Wallis. El cálculo estadístico se realizó mediante el software de estadística SPSS versión 23.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

De acuerdo con el objetivo 1 se realizaron las mediciones antropométricas de los atletas utilizando el protocolo de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) a la par se evaluó la flexibilidad utilizando la batería propuesta por Flores (2020).

En la tabla 11 se presentan los valores de la estadística descriptiva para las variables relacionadas con la antropometría y la flexibilidad donde se observó que la edad media para muestra fue de 14.09 ± 2.84 , el peso 49.1 ± 11.3 , talla 155.4 ± 8.0

Tabla 11. Estadística descriptiva de las variables de la antropometría.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Edad	10	20	206	3.31
Talla soma en cm	137.0	165.0	154.45	8.08
Peso soma Kg	32.7	64.4	49.01	11.30
IMC	17.03	25.42	20.32	3.24
Pliegue Subescapular	5.0	12.0	9.36	2.46
Pliegue Tríceps	5.0	23.0	11.36	5.08
Pliegue Bíceps	3.0	16.0	6.18	3.7
Pliegue Supra espinal	5.0	20.0	10.27	4.47
Pliegue Abdominal	8.0	27.0	14.18	5.87
Pliegue Pantorrilla	7.0	25.0	11.81	5.41
Perímetro Brazo contraído	22.0	31.0	26.68	3.57
Perímetro Cintura	60.0	79.0	67.63	6.16
Perímetro Cadera	71.0	97.0	85.72	8.58

Perímetro pantorrilla	27.5	36.5	31.63	3.43
Diámetro Fémur	8.10	10.50	8.95	.70
Diámetro Húmero	5.40	6.70	5.95	.39
Diámetro Muñeca	4.60	5.40	5.03	.26
Masa Grasa %	12.40	34.40	19.73	6.23
Masa Ósea %	15.30	20.2	17.57	1.79
Masa Residual	20.80	21.0	20.85	.06
Masa Muscular	29.20	46.6	41.83	5.14
Endomorfo	2.1	5.7	3.4	1.13
Mesomorfo	2.3	5.8	4.28	1.27
Ectomorfo	.70	4.3	2.59	1.33
Eje X	-5.0	1.80	-.82	2.28
Eje Y	-2.90	5.80	2.55	3.18
Promedio BFG	1.5	5.0	3.04	.99

La tabla 12 contiene el registro de las atletas dando relevancia a las variables que nos permiten observar los valores referentes al somatotipo de las atletas. Valores como la talla y el peso son además un referente para conocer el desarrollo del crecimiento con respecto a la edad considerando que la mayoría de la participantes se encuentran aún en etapa de desarrollo y que los deportes de arte competitivo tienen su iniciación en edades tempranas que a su vez corresponde con la edad escolar de primaria y secundaria.

Por si solos estos valores no dicen mucho, pero la utilidad de la antropometría radica en colocar los datos como el peso, talla e IMC de manera ordenada en las curvas de crecimiento dadas por la Organización Mundial de la Salud (figura 22 y 23) y el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) por sus siglas en inglés.

Tabla 12. Registro de los participantes y su clasificación.

Edad	Peso (Kg)	Talla (cm)	IMC	Cintura	Cadera	Masa grasa	Masa Ósea	Masa muscular	Endomorfo	Mesomorfo	Ectomorfo
10	34.82	139.90	17.42	60	71	14.80	18.70	45.90	2.10	4.30	2.80
11	41.82	155.30	17.03	64.5	79	16.70	18.80	43.80	2.80	2.40	4.30
12	40.80	154.20	17.18	62	78	12.40	20.20	46.60	2.20	3.60	4.00
12	37.70	151.20	17.35	64.5	79	14.90	19.20	45.10	2.80	3.40	3.60
15	65.77	163.10	24.30	75.5	95	23.40	15.50	40.10	4.40	5.70	1.20
15	54.02	153.40	22.07	67	86	20.40	16.00	42.70	4.00	5.30	1.50
13	63.91	158.30	25.42	79	97	34.40	15.50	29.20	5.70	5.80	.70
16	57.02	156.90	23.04	72	94	26.00	16.90	36.10	4.60	5.70	1.40
16	52.08	164.60	18.66	67	89	18.50	17.90	42.70	3.50	2.30	4.00
15	39.85	149.60	18.06	61	81.50	17.30	19.30	42.50	3.00	4.00	3.40
20	59.80	162.40	22.98	71.5	93.50	18.30	15.30	45.50	2.50	4.60	1.60

En la figura 22, los cuadros de color azul pertenecen a los valores de la estatura de las atletas y su ubicación dentro de la tabla de percentiles de estatura para la edad de la Organización Mundial de la Salud, aquí se puede observar que solo una atleta se encuentra en el percentil 85 de la población a nivel mundial (muy alta para su edad), mientras que el 60% del grupo se encuentra en el percentil 50 lo que indica una estatura promedio con respecto a su edad y solo 20% de las atletas por debajo del percentil 15, lo que indica que se encuentran en baja estatura con respecto a su edad.

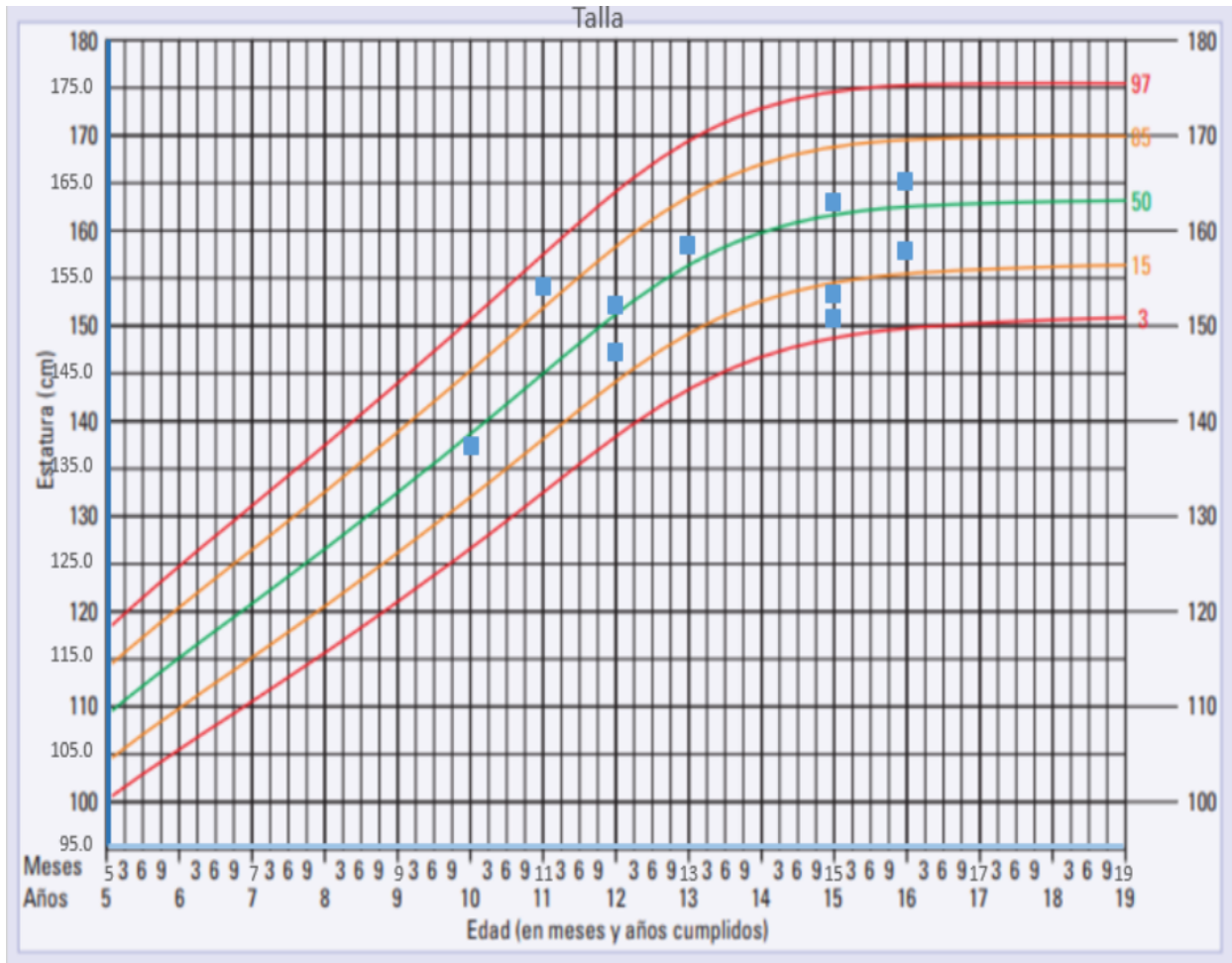


Figura: 22. Percentiles de la OMS Estatura para la Edad en niñas (5 a 19 años).

En lo referente al IMC con respecto a la edad presentado en la tabla 23, se observa que dos atletas están consideradas con sobre peso según la OMS, mientras que, el 30% de las atletas se ubican en el percentil 50 con un peso normal o saludable con respecto a la edad y el 50 % de las atletas se encuentran en el percentil 15, lo que indica bajo eso.

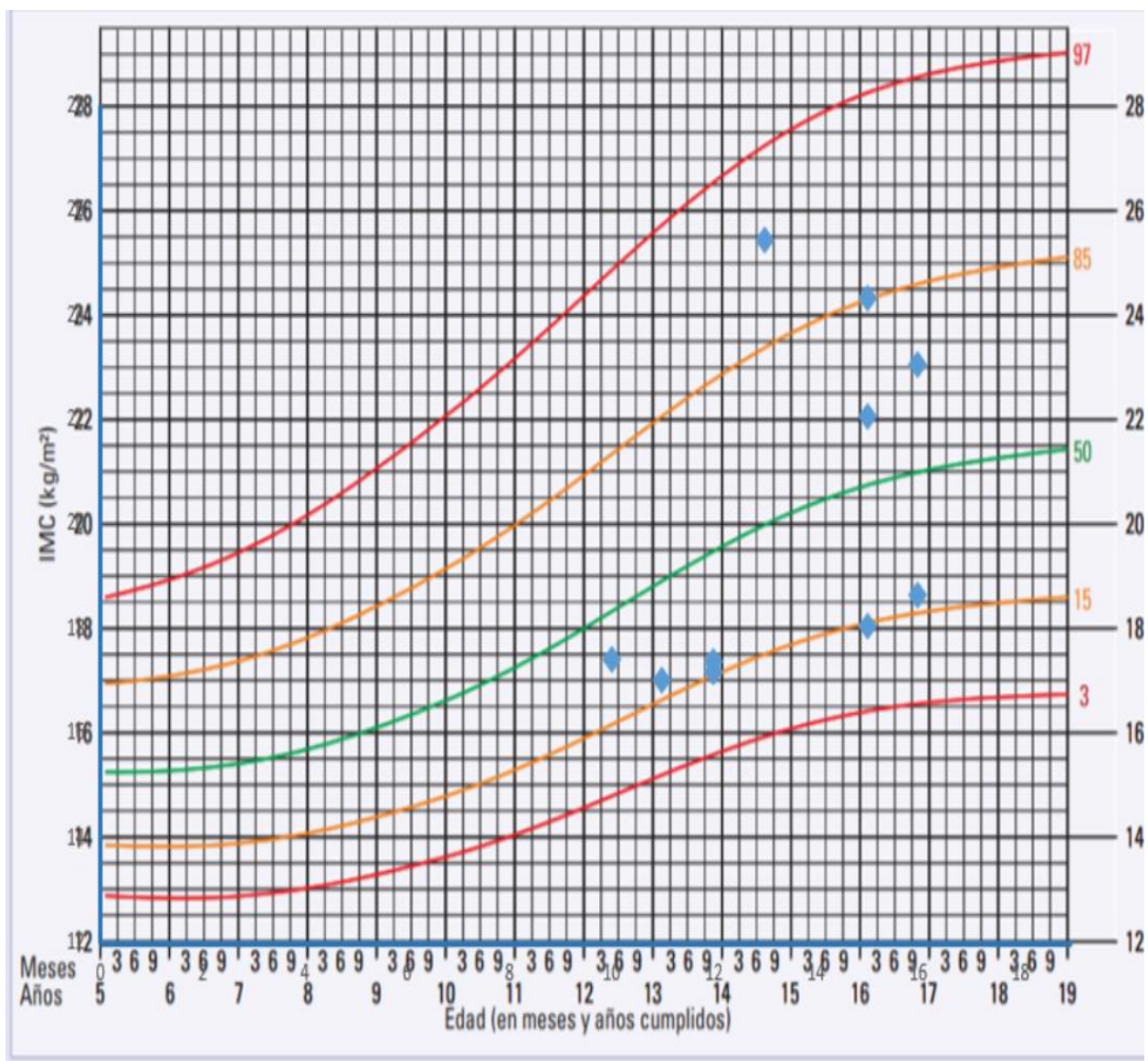


Figura 23. Percentiles de la OMS del IMC para la Edad en niñas (5 a 19 años).

En la figura 24 se puede comparar el peso de las atletas con los valores de peso para la edad del CDC (Centro para el Control y Prevención de Enfermedades). Donde se puede observar que el 20% de las atletas estudiadas se encuentra en el percentil 50 considerado un peso saludable, 60 % de ellas por debajo del percentil 25 considerado bajo peso y 20 % por debajo del percentil 3 que indica desnutrición.

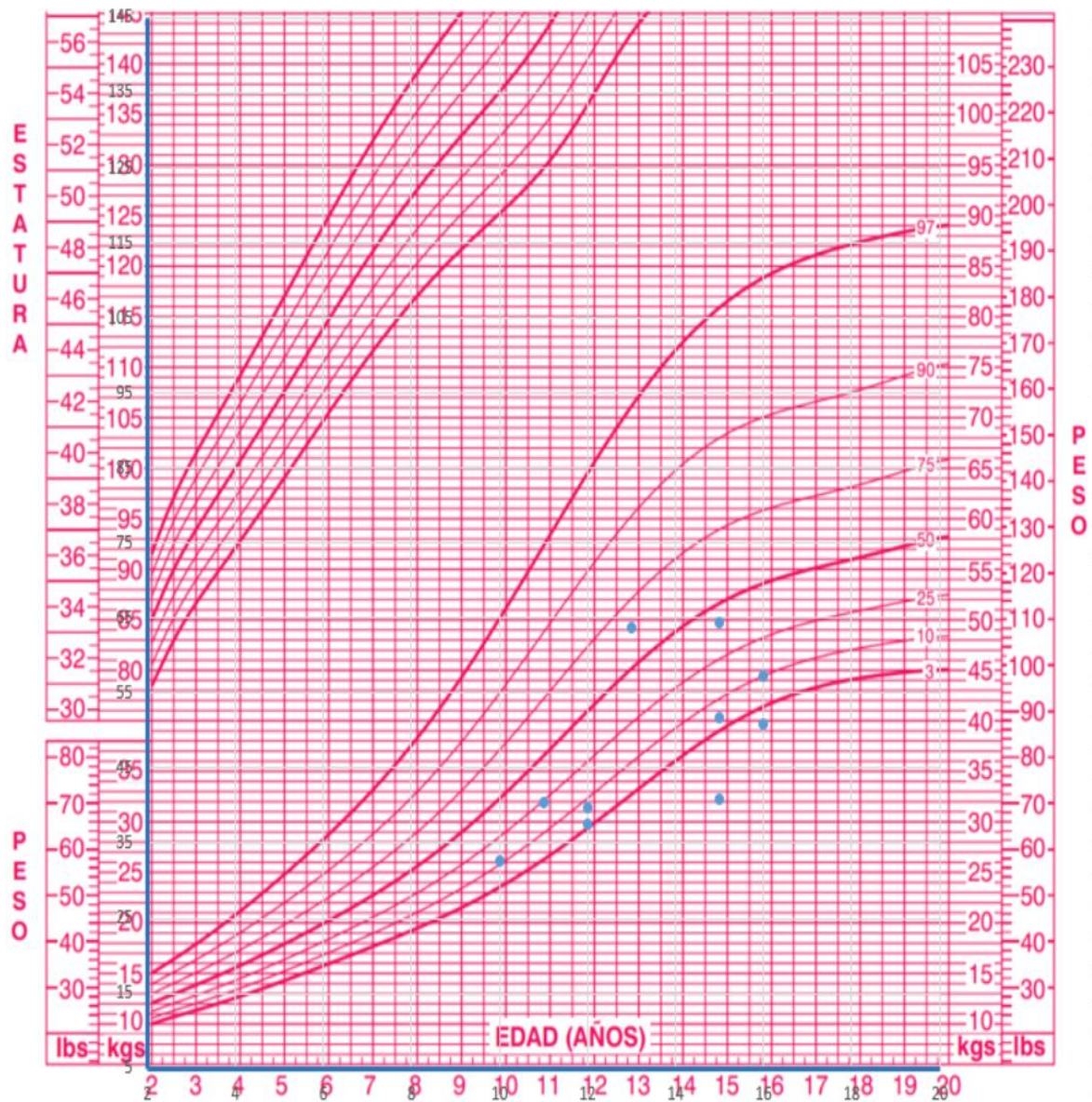


Figura 24. Percentiles de peso para la edad en niñas (2 a 20 años) según la CDC.

En la tabla 13 se observan los promedios y desviación estándar para la edad, peso, talla, IMC, endomorfia, mesomorfia, ectomorfia, porcentaje de masa grasa y porcentaje de masa muscular comparados con los valores de atletas de gimnasia artística y gimnasia rítmica de atletas elite del estudio de publicado por Pons et al., (2015). Se

toman en consideración por ser deportes de arte competitivo con características similares en los elementos técnicos y la flexibilidad como se ha abordado en el capítulo uno.

En ese sentido al comparar los valores de la edad: 14.09 ± 2.84 Aro, 14.1 ± 2.8 Gimnasia Artística(GA) , 13.9 ± 2.6 Gimnasia Rítmica (GR), en la talla: 155.4 ± 8.0 Aro, 148.3 ± 9.7 GA, 156.1 ± 9.3 GR y porcentaje de masa muscular: 41.5 ± 5.3 Aro, 45.5 ± 2.2 GA, 45.3 ± 2.6 GR, se observa que son muy similares teniendo de 1 a 3 puntos porcentuales de diferencia entre las 3 disciplinas, sin embargo en lo que respecta al peso: 49.1 ± 11.3 Aro, 41.3 ± 9.2 GA 40.2 ± 8.1 GR y al porcentaje de grasa: 19.9 ± 6.6 Aro, 11.4 ± 2.3 GA, 10.7 ± 2.9 GR, se observa una diferencia considerable de 8 puntos porcentuales en comparación con el estudio presentado por Pons et al., (2015) mostrando que las atletas elite de gimnasia rítmica son las que tienen un menor porcentaje de grasa corporal y que esta variable afecta al peso también.

Tabla 13. Valores del somatotipo de atletas de aro sport.

Variables	Aro Sport	Gimnasia Artística	Gimnasia Rítmica
Edad	14.09 ± 2.84	14.1 ± 2.8	13.9 ± 2.6
Talla (cm)	155.4 ± 8.0	148.3 ± 9.7	156.1 ± 9.3
Peso (Kg)	49.1 ± 11.3	41.3 ± 9.2	40.2 ± 8.1
IMC	20.1 ± 3.3	18.5 ± 2.2	16.3 ± 1.9
Endo	3.5 ± 1.2	2.2 ± 0.8	1.9 ± 0.6
Meso	4.3 ± 1.3	3.8 ± 0.8	2.2 ± 0.7
Ecto	2.7 ± 1.4	3.1 ± 0.9	5.1 ± 1.1
X	-0.8 ± 2.4	0.9 ± 1.5	3.1 ± 1.6
Y	2.3 ± 3.2	2.4 ± 2.2	-2.4 ± 2.1

Masa grasa%	19.9 ± 6.6	11.4 ± 2.3	10.7 ± 2.9
Masa muscular %	41.5 ± 5.3	45.5 ± 2.2	45.3 ± 2.6

Nota. Comparación con atletas elite de gimnasia artística y gimnasia rítmica. Tomados de Pons (2015).

Continuado con el somatotipo en la somatocarta de la figura 25 se muestran los rangos de valores antropométricos considerados típicos para diferentes disciplinas deportivas de rama femenil a nivel elite (Pons et al., 2015). Resaltadas entre ellas, de color amarillo la gimnasia artística, en color rosa la gimnasia rítmica, y resaltado en color azul el nado sincronizado. Los triángulos de color verde representan a las atletas analizadas en esta investigación.

La distribución de las atletas dentro de la somatocarta resulto de la siguiente manera, el 60 % de la muestra se ubica muy cerca a los deportes de arte competitivo (gimnasia rítmica, gimnasia artística y nado sincronizado) y el 40 % restante están fuera, cabe señalar que estos atletas son los que presentan el nivel amateur de competencia y por consiguiente menor tiempo en la actividad deportiva.

Esto coincide con las investigaciones sobre somatotipo de López et al.,(2007), Ramos et al., (2021), Torres Navarro, (2020) donde concluyen que los deportistas de élite suelen presentar un perfil estándar que se ajusta a las necesidades de su deporte específico. En este sentido las atletas de aro con un mayor nivel técnico tienen a la par un somatotipo que coincide con el presentado en la figura 25 donde se resaltan los deportes de arte competitivo, por lo tanto, los datos sobre su composición corporal y su somatotipo son factores clave en relación con el rendimiento deportivo, además de gran utilidad para los entrenadores, pues permiten tener una meta clara sobre el

somatotipo idóneo para este deporte de reciente creación y del cual no se encuentran en la literatura actual datos de referencia.

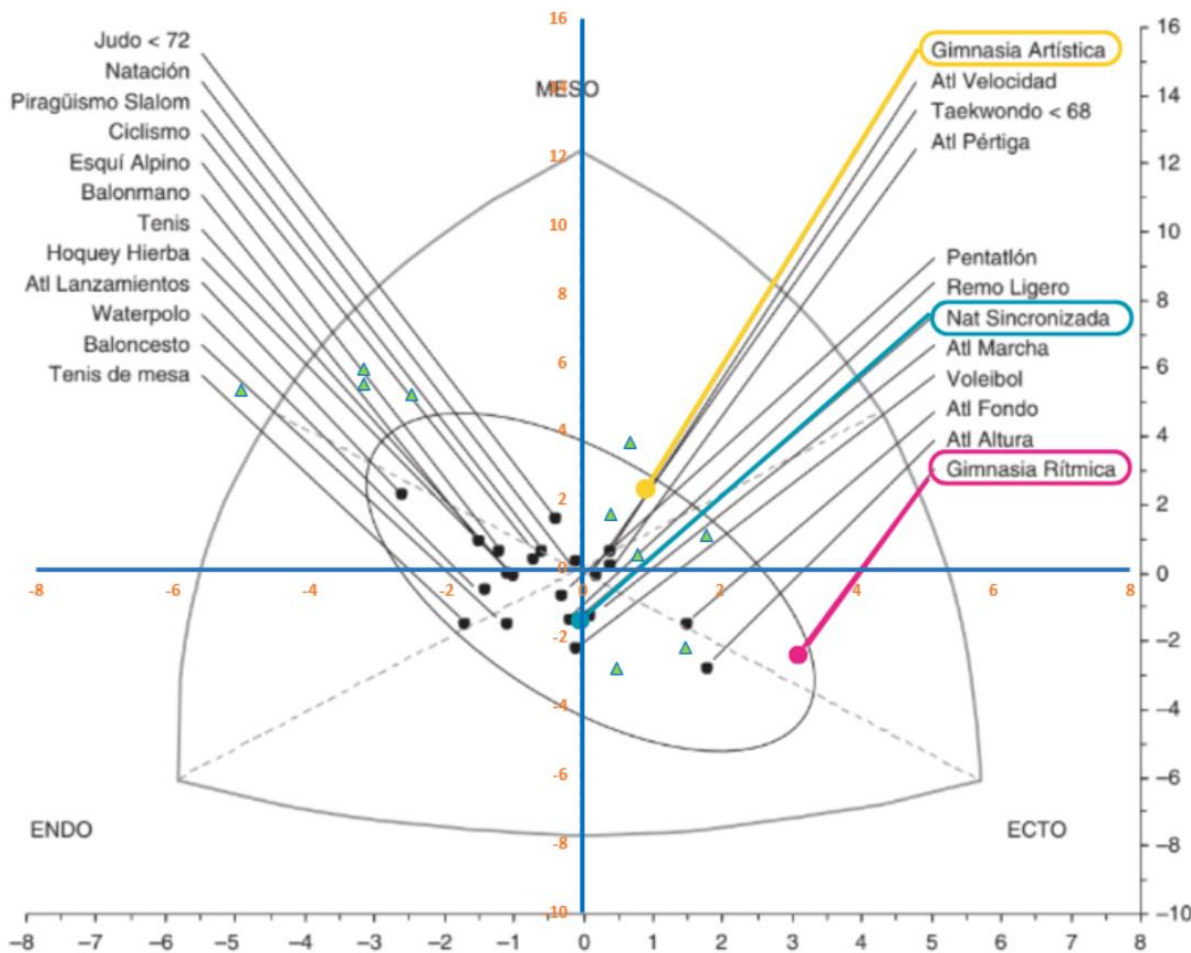


Figura 25. Comparación de la muestra de aro sport.

Nota. Con el somatotipo de diferentes deportes a nivel elite rama femenil

Modificado de Pons y colaboradores (2015).

Continuando con la batería de flexibilidad, los valores obtenidos se reportan en la tabla 14, en dicha tabla, se muestra la cantidad de atletas según el nivel de flexibilidad global.

Se observa que un 20% de las atletas se situó en la clasificación de insuficiente, otro 20 % en la clasificación de regular y el 60 % restante en la clasificación de bueno y muy bueno de la BFG.

Tabla 14. Distribución de las atletas en la Batería de Flexibilidad Global.

BFG	No Logrado	Insuficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
E MID			2	4	4	1
E MIND		1	3	6		1
D			3	1	4	3
C		2		3	3	3
B MID			2	5	3	1
B MIND		1	2	7		1
A MID	1	1	2	4	4	1
A MIND	1	2	3	3	1	1

En la figura 26 se observa el interior del Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía de la Facultad de Deportes, al fondo, del lado derecho (hacia la frente de la atleta) una de las cámaras de alta definición, mientras que por detrás de la pierna levantada se alcanza a ver una de las 11 cámaras infrarrojas que rastrean el movimiento de los 39 marcadores reflectantes pasivos. Al centro de se encuentra una atleta representando la figura A MIND de la BFG con una clasificación de Excelente.



Figura: 26. Atletas de aro representando la postura A MID de la Batería de en excelente.

En la tabla 15, se presentan los promedios de las atletas evaluadas con BFG de Flores (2020), se observó que las atletas donde el miembro inferior dominante (MID), es la pierna derecha; presentan una sumatoria de promedios de 13.37, en donde el 60% de ellas está por encima del valor medio (2.5) lo que corresponde a una clasificación que va de satisfactorio a bueno dentro de la BFG, mientras que el 36.3% está por debajo de la mismas. Por otro lado, las atletas donde el miembro inferior dominante (MID) es la pierna izquierda la sumatoria de promedios es de 20.37,

posicionándose el 83.33% de las atletas por encima del valor medio de la BFG correspondiente a una clasificación de bueno a muy bueno y solo el 16.67% por debajo de esta.

De lo anterior podemos inferir que las atletas en las que la pierna izquierda es el MID presentan mejores niveles de flexibilidad. Estos resultados difieren de la investigación realizada por Batista et al.,(2015), donde se menciona que las atletas de gimnasia rítmica de ese estudio declararon que su miembro inferior dominante fue la pierna derecha y con la que se observó mayor flexibilidad, dicha mediciones se realizaron una escala tipo Likert, lo cual tiene similitud con la BFG. Otro aspecto que señala la investigación de Batista es la relación entre valores de flexibilidad del miembro inferior dominante y el no dominante mismos que no deben variar en más del 15% pues indicaría desequilibrios musculares y mayor riesgo de lesión, en ese sentido ninguna de las atletas de aro que fueron evaluadas para el presente estudio mostro una diferencia importante.

Tabla 15. Identificación del miembro inferior dominante (MID) y miembro inferior no dominante (MIND) para las figuras A, B y E.

Sujeto	MID	MIND	Promedio BFG
1	DR	IZQ	1.87
2	IZQ	DR	3.25
3	IZQ	DR	3.37
4	IZQ	DR	4
5	DR	IZQ	1.5
6	IZQ	DR	2.25
7	IZQ	DR	2.5
8	IZQ	DR	3.5
9	DR	IZQ	3.25
10	DR	IZQ	3
11	IZQ	DR	5

Nota:36.3% MID es la DR = 4 atletas 63.6 % MID es IZQ = 7 atletas

En la tabla 16 se presentan los promedios y desviaciones estándar de las mediciones antropométricas requeridas por el software de captura de movimiento en 3D de Vicon de cada uno de los participantes, previo a la evaluación biomecánica, habiendo utilizado una cinta métrica flexible y un vernier Layette de 30 cm. Dichos valores sientan un precedente para futuras investigaciones donde los sujetos de estudio sean niñas deportistas.

Tabla 16. Identificación del miembro inferior dominante (MID) y miembro inferior no dominante (MIND) para las figuras A, B y E.

Mediciones antropométricas (cm)														
	Longitud de Pierna		Diámetro de rodilla		Diámetro de tobillo		Desplazamiento de hombro		Diámetro de codo		Diámetro de muñeca		Espesor de mano	
	Izq	Der	Izq	Der	Izq	Der	Izq	Der	Izq	Der	Izq	Der	Izq	Der
Promedios	83.81	83.81	9.04	8.99	6.36	6.33	3.32	3.72	6.01	6.00	5.05	5.04	2.61	2.59
Desviación estándar	3.17	3.16	.72	.72	.40	.41	.48	1.54	.36	.37	.23	.26	.14	.14

Antes de continuar con los resultados obtenidos por el software de captura de movimiento en 3D de Vicon es necesario señalar que se vuelve complicado comparar los valores referentes a la biomecánica de la flexibilidad en deportes de arte competitivo en general por falta investigaciones al respecto y más aún en el caso del aro sport por ser un deporte de reciente creación.

En lo referente al objetivo 5 de esta investigación, el cual buscaba determinar los ángulos que presentan las articulaciones de las atletas al realizar cada una de las figuras de la BFG, para otorgarles un valor cuantitativo. En la tabla 17 y 18 se presentan la estadística descriptiva de valores para cada una de las articulaciones en la postura A MID y AMIND respectivamente.

Con el fin de tener un referente visual de la postura A, se presenta la figura 27 en donde se observa el nivel 1, considerado insuficiente dentro de la BFG y el nivel 5 considerando excelente.

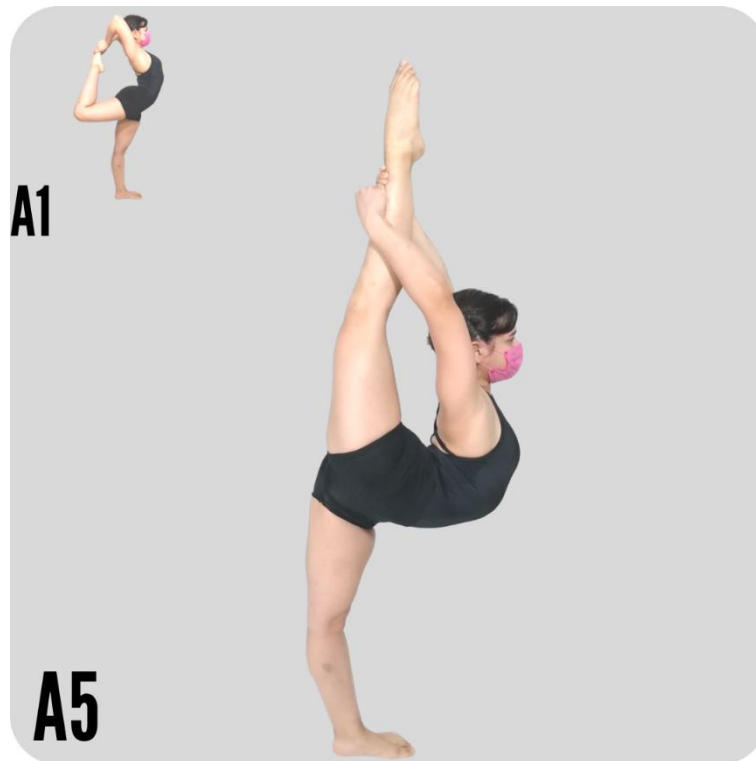


Figura 27. Postura A MID – A MIND en clasificación de 1 (insuficiente) a 5 (excelente).

La tabla 17 representa los valores obtenidos a través del software de captura de movimiento en 3D de Vicon dichos valores son los grados de las articulaciones en un momento específico durante la realización de la posición A del miembro inferior dominante, en estos valores se observa que la media del hombro en Y (abducción) del lado izquierdo fue 113.23 y del lado derecho fue 116.88, mientras que los valores de Z

(rotación) para la misma articulación fueron -90.65 y -90.56. respectivamente. Para la columna vertebral en X (flexión) del lado izquierdo y derecho fue -80.84, siendo las articulaciones que presentaron un valor más alto lo que indica que realizaron un mayor desplazamiento.

Tabla 17. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el software de captura de movimiento en 3D de Vicon para la posición A MID.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Tobillo Izquierdo_X	-81.43	10.69	-31.32	31.34
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Y	-3.38	1.65	-.42	1.55
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Z	-11.79	25.30	8.48	11.95
Ángulo de Codo Izquierdo_X	42.03	130.61	64.59	34.44
Ángulo de Cadera Izquierdo_X	-61.40	103.34	16.20	67.00
Ángulo de Cadera Izquierdo_Y	-35.72	5.64	-19.70	13.06
Ángulo de Cadera Izquierdo_Z	-36.97	27.10	-11.92	20.00
Ángulo de Rodilla Izquierdo_X	-25.86	89.91	24.19	38.58
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Y	-24.40	5.23	-6.29	10.33
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Z	-22.60	25.10	-2.05	14.05

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Pelvis Izquierdo_X	-172.82	164.68	44.03	95.23
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Y	-83.24	82.99	-8.16	43.95
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Z	-233.97	21.43	-49.39	78.91
Ángulo de Hombro Izquierdo_X	-33.10	27.59	-2.34	16.19
Ángulo de Hombro Izquierdo_Y	-204.47	172.19	113.23	116.13
Ángulo de Hombro Izquierdo_Z	-156.07	229.30	-90.65	114.25
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_X	-108.50	-67.86	-80.84	29.08
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Y	-4.87	11.55	2.44	6.52

Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Z	-29.53	25.47	-2.91	19.20
Ángulo de Tórax Izquierdo_X	-20.45	9.06	-4.62	9.26
Ángulo de Tórax Izquierdo_Y	-13.32	5.94	-1.19	7.10
Ángulo de Tórax Izquierdo_Z	-104.95	92.36	-13.40	51.37
Ángulo de Tobillo Derecho_X	-78.01	8.85	-24.81	27.84
Ángulo de Tobillo Derecho_Y	-4.84	4.19	-1.31	2.72
Ángulo de Tobillo Derecho_Z	-28.08	31.32	9.00	17.68
Ángulo de Codo Derecho_X	.00	121.16	61.30	31.77
Ángulo de Cadera Derecho_X	-61.07	103.29	19.25	67.57
Ángulo de Cadera Derecho_Y	-37.63	-15.83	-22.57	9.89

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Cadera Derecho_Z	-60.67	9.53	-17.19	21.73
Ángulo de Rodilla Derecho_X	-17.55	112.99	33.12	45.59
Ángulo de Rodilla Derecho_Y	-39.38	4.73	-7.57	15.07
Ángulo de Rodilla Derecho_Z	-25.47	18.23	-5.80	13.75
Ángulo de Pelvis Derecho_X	-172.82	164.68	44.03	95.23
Ángulo de Pelvis Derecho_Y	-82.99	83.24	8.16	43.95
Ángulo de Pelvis Derecho_Z	-21.43	233.97	49.39	78.91
Ángulo de Hombro Derecho_X	-33.72	11.83	-5.18	14.51
Ángulo de Hombro Derecho_Y	-189.53	176.60	116.88	113.21
Ángulo de Hombro Derecho_Z	-152.81	242.24	-90.56	118.12
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_X	-108.5	-67.86	-80.84	29.08
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Y	-11.55	4.87	-2.44	6.52
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Z	-25.47	29.53	2.91	19.20
Ángulo de Tórax Derecho_X	-20.45	9.06	-4.62	9.26
Ángulo de Tórax Derecho_Y	-5.94	13.32	1.19	7.10
Ángulo de Tórax Derecho_Z	-92.36	104.95	13.40	51.37

La tabla 18 representa los valores obtenidos a través del software de captura de movimiento en 3D Vicon dichos valores son los grados de las articulaciones en el momento que las altas mostraron su mayor rango de flexibilidad durante la realización de la posición A del miembro inferior no dominante

En los valores podemos observar que el hombro izquierdo en Y (abducción) presenta una media de 148.28, de 113.91 del lado derecho, los valores de Z (rotación) fueron de -124.16 y -92.93, mientras que para la columna vertebral en X los valores fueron de -78.

Al comparar los valores de hombro y columna de la postura A MID y A MIND se observa que aumentan en hombro para la postura con el miembro inferior no dominante de base, mientras que reducen para la columna vertebral esto se puede deber a un esfuerzo compensatorio. Al tener menor flexibilidad en la pierna de base y aun así buscar alcanzar un mayor rango de flexibilidad dentro de esta postura, es la fuerza de la pierna que se encuentra en la parte posterior que jala los hombros hacia atrás siendo el complejo articular del hombro más móvil que la columna y por lo tanto donde se ven incrementado los valores.

Tabla 18. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el software de captura de movimiento en 3D de Vicon para la posición A MIND.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Tobillo Izquierdo_X	-74.81	10.94	-31.84	30.14
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Y	-4.31	5.96	-.58	2.96
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Z	-12.88	45.13	12.09	17.37
Ángulo de Codo Izquierdo_X	43.92	126.34	75.03	40.71
Ángulo de Cadera Izquierdo_X	-61.59	104.07	18.15	67.54
Ángulo de Cadera Izquierdo_Y	-49.68	-0.92	-22.81	16.75

Ángulo de Cadera Izquierdo_Z	-70.47	12.53	-12.60	24.27
Ángulo de Rodilla Izquierdo_X	-20.02	118.98	36.41	52.16
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Y	-69.64	2.34	-10.35	20.58
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Z	-33.73	37.38	1.38	22.81
Ángulo de Pelvis Izquierdo_X	-155.52	101.15	20.22	87.20
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Y	-78.37	76.83	-21.33	45.61
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Z	-203.87	124.86	-28.52	87.00
Ángulo de Hombro Izquierdo_X	-18.22	21.87	5.15	12.12
Ángulo de Hombro Izquierdo_Y	132.67	182.75	148.28	51.47
Ángulo de Hombro Izquierdo_Z	-163.30	-113.97	-124.16	42.82
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_X	-110.49	-58.34	-78.91	30.08
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Y	-16.64	18.48	1.29	11.19
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Z	-24.94	37.33	0.11	20.54

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Tórax Izquierdo_X	-29.36	11.33	-6.33	10.58
Ángulo de Tórax Izquierdo_Y	-9.42	14.40	1.08	7.64
Ángulo de Tórax Izquierdo_Z	-95.61	86.39	-26.58	56.01
Ángulo de Tobillo Derecho_X	-70.39	-6.08	-31.32	26.17
Ángulo de Tobillo Derecho_Y	-11.59	1.99	-1.95	4.04
Ángulo de Tobillo Derecho_Z	-9.53	42.99	9.85	17.07
Ángulo de Codo Derecho_X	35.75	119.98	75.20	37.56
Ángulo de Cadera Derecho_X	-59.98	102.00	14.33	61.22
Ángulo de Cadera Derecho_Y	-40.45	-18.22	-25.36	11.95
Ángulo de Cadera Derecho_Z	-62.01	16.94	-20.85	24.69
Ángulo de Rodilla Derecho_X	-19.10	103.50	25.40	49.64
Ángulo de Rodilla Derecho_Y	-36.24	9.58	-9.11	16.42
Ángulo de Rodilla Derecho_Z	-27.60	26.25	-8.04	15.71
Ángulo de Pelvis Derecho_X	-155.52	101.15	20.22	87.20

Ángulo de Pelvis Derecho_Y	-76.83	78.37	21.33	45.61
Ángulo de Pelvis Derecho_Z	-124.86	203.87	28.52	87.00
Ángulo de Hombro Derecho_X	-20.36	21.13	2.23	12.56
Ángulo de Hombro Derecho_Y	-198.55	170.89	113.97	114.47

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Hombro Derecho_Z	-163.56	244.56	-92.36	120.38
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_X	-110.49	-58.34	-78.91	30.08
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Y	-18.48	16.64	-1.29	11.19
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Z	-37.33	24.94	-.11	20.54
Ángulo de Tórax Derecho_X	-29.36	11.33	-6.33	10.58
Ángulo de Tórax Derecho_Y	-14.40	9.42	-1.08	7.64
Ángulo de Tórax Derecho_Z	-86.39	95.61	26.58	56.01

Con el fin de tener un referente visual de la postura B se presta la figura 28 en donde se puede observar el nivel 1 considerado insuficiente dentro de la BFG y el nivel 5 considerado excelente.



Figura 28. Postura B MID – B MIND en clasificación de 1 (insuficiente) a 5 (excelente).

La tabla 19 presenta los valores obtenidos a través del software de captura de movimiento en 3D de Vicon dichos valores son los grados de las articulaciones en un momento específico durante la realización de la posición B del miembro inferior

dominante, en estos valores se observa que la media del hombro en Y (abducción) del lado izquierdo fue 157.42 y del lado derecho fue 156.06, mientras que los valores de Z (rotación) para la misma articulación fueron -121.34 y -115.85, respectivamente. Para la columna vertebral en X (flexión) del lado izquierdo y derecho fue -83.53, para este elemento de la batería resaltan también los valores de pelvis en X (flexión) de 56.05 del lado izquierdo y 56.38 de lado derecho, en Z (rotación) los valores fueron 70.02 para el lado izquierdo y derecho.

Tabla 19. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el software de captura de movimiento en 3D de Vicon para la posición B MID.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Tobillo Izquierdo_X	-58.35	14.04	-11.9768	27.25129
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Y	-5.04	3.67	.4244	2.40432
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Z	-24.40	27.50	-2.8049	13.52472
Ángulo de Codo Izquierdo_X	21.83	41.54	31.1841	6.82333
Ángulo de Cadera Izquierdo_X	-55.34	79.02	-14.8503	54.69608
Ángulo de Cadera Izquierdo_Y	-39.14	-3.53	-25.9468	10.58647
Ángulo de Cadera Izquierdo_Z	-48.07	-1.73	-24.9424	13.90246
Ángulo de Rodilla Izquierdo_X	-1.99	49.33	24.8365	17.44734
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Y	-21.40	4.39	-5.8835	6.86597
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Z	-9.69	14.29	2.5750	7.67860
Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Pelvis Izquierdo_X	-95.45	126.70	56.0586	58.57371
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Y	-83.82	87.99	-31.7913	73.56270
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Z	-180.19	195.32	70.0231	118.44369
Ángulo de Hombro Izquierdo_X	-5.59	31.03	12.4981	11.13399
Ángulo de Hombro Izquierdo_Y	136.75	172.08	157.4264	10.79008
Ángulo de Hombro Izquierdo_Z	-165.40	-43.44	-121.3458	32.87954
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_X	-97.77	-65.33	-83.5241	11.41782
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Y	-15.60	6.45	-1.2283	7.50911
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Z	-30.69	35.82	-7.9444	22.95150
Ángulo de Tórax Izquierdo_X	-185.33	183.99	-79.7670	167.06958
Ángulo de Tórax Izquierdo_Y	-27.47	18.48	-6.7235	14.00568
Ángulo de Tórax Izquierdo_Z	-255.09	267.33	-14.4550	169.60396
Ángulo de Tobillo Derecho_X	-66.61	18.89	-33.2437	27.52047

Ángulo de Tobillo Derecho_Y	-2.49	1.24	-.4753	1.12679
Ángulo de Tobillo Derecho_Z	-9.83	16.17	4.0652	8.23119
Ángulo de Codo Derecho_X	15.60	44.05	29.9244	8.30686
Ángulo de Cadera Derecho_X	-60.19	96.00	43.4446	63.18268
Ángulo de Cadera Derecho_Y	-35.93	-16.36	-27.7837	7.40637

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Cadera Derecho_Z	-63.80	15.38	-18.9975	26.38266
Ángulo de Rodilla Derecho_X	-7.08	33.85	9.4839	12.07091
Ángulo de Rodilla Derecho_Y	-25.79	8.76	-2.8457	11.83183
Ángulo de Rodilla Derecho_Z	-26.07	14.25	-12.1622	14.08390
Ángulo de Pelvis Derecho_X	-95.45	126.70	56.0586	58.57371
Ángulo de Pelvis Derecho_Y	-87.99	83.82	31.7913	73.56270
Ángulo de Pelvis Derecho_Z	-195.32	180.19	-70.0231	118.44369
Ángulo de Hombro Derecho_X	-24.59	35.15	3.0417	15.01854
Ángulo de Hombro Derecho_Y	143.55	169.34	156.0601	7.35087
Ángulo de Hombro Derecho_Z	-177.23	-59.34	-115.8564	33.59677
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_X	-97.77	-65.33	-83.5241	11.41782
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Y	-6.45	15.60	1.2283	7.50911
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Z	-35.82	30.69	7.9444	22.95150
Ángulo de Tórax Derecho_X	-185.33	183.99	-79.7670	167.06958
Ángulo de Tórax Derecho_Y	-18.48	27.47	6.7235	14.00568
Ángulo de Tórax Derecho_Z	-267.33	255.09	14.4550	169.60396

La tabla 20 presenta los valores obtenidos a través del software de captura de movimiento en 3D de Vicon dichos valores son los grados de las articulaciones en un momento específico durante la realización de la posición B del miembro inferior no dominante, en estos valores se observa que la media del hombro en Y (abducción) del lado izquierdo fue 157.48 y del lado derecho fue 139.03, mientras que los valores de Z (rotación) para la misma articulación fueron -119.28 y -109.25, respectivamente. Para la columna vertebral en X (flexión) del lado izquierdo y derecho fue -85.39, en la tabla 20 resaltan también los valores de pelvis en X (flexión) de 27.15 del lado izquierdo y 43.03 de lado derecho, en Z (rotación) los valores fueron -13.23 para el lado izquierdo y 23.09 para el derecho.

En este caso los valores de pelvis en la postura B miembro inferior no dominante son menores que los obtenidos con la pierna dominante, esto se debe a que para mantener la pierna arriba se requiere no solo flexibilidad sino fuerza de los músculos flexores de cadera.

Tabla 20. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el software de captura de movimiento en 3D de Vicon para la posición B MIND.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Tobillo Izquierdo_X	-69.39	9.55	-37.4563	28.28636
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Y	-2.92	2.18	-1.1069	1.57482
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Z	-15.75	23.13	2.4635	11.64870
Ángulo de Codo Izquierdo_X	23.33	41.44	29.6832	6.04250
Ángulo de Cadera Izquierdo_X	-57.04	101.48	42.5046	63.72606
Ángulo de Cadera Izquierdo_Y	-38.13	-3.77	-19.9485	11.83181
Ángulo de Cadera Izquierdo_Z	-59.70	4.54	-14.5265	21.82859
Ángulo de Rodilla Izquierdo_X	-4.19	36.76	12.7021	13.68862
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Y	-17.57	5.64	-2.2834	7.80049
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Z	-23.18	16.95	-5.8090	13.19848

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Pelvis Izquierdo_X	-80.47	93.94	27.1546	69.16041
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Y	-84.96	81.85	15.8292	67.25591
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Z	-143.53	154.96	-13.2337	119.12211
Ángulo de Hombro Izquierdo_X	-12.94	38.81	6.7184	16.56863
Ángulo de Hombro Izquierdo_Y	144.78	174.84	157.4847	10.35225
Ángulo de Hombro Izquierdo_Z	-158.22	-66.70	-119.2801	26.43359
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_X	-104.53	-70.27	-85.3919	12.07549
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Y	-72	20.05	7.8777	6.90333
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Z	-23.73	28.68	6.3371	20.42016
Ángulo de Tórax Izquierdo_X	-183.29	183.41	-29.0260	172.16500
Ángulo de Tórax Izquierdo_Y	-162.46	24.04	-9.0827	52.35189
Ángulo de Tórax Izquierdo_Z	-266.84	247.55	-34.9038	169.48306
Ángulo de Tobillo Derecho_X	-55.37	15.12	-11.6260	24.47447
Ángulo de Tobillo Derecho_Y	-2.60	1.83	-3.3090	1.31600
Ángulo de Tobillo Derecho_Z	-12.90	16.80	2.5459	8.88086
Ángulo de Codo Derecho_X	17.76	43.09	30.6349	8.38511
Ángulo de Cadera Derecho_X	-193.76	76.44	-25.2953	75.24610
Ángulo de Cadera Derecho_Y	-250.89	-19.01	-46.4413	68.07845

VARIABLES	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Cadera Derecho_Z	-48.30	11.76	-26.5599	17.26888
Ángulo de Rodilla Derecho_X	-5.94	47.46	22.3317	17.11051
Ángulo de Rodilla Derecho_Y	-52.39	2.22	-10.7824	15.95747
Ángulo de Rodilla Derecho_Z	-19.28	10.19	-4.1549	9.42135
Ángulo de Pelvis Derecho_X	-80.47	241.01	43.0662	94.48411
Ángulo de Pelvis Derecho_Y	-81.85	241.01	12.9648	99.24275
Ángulo de Pelvis Derecho_Z	-154.96	241.01	23.0197	133.52815
Ángulo de Hombro Derecho_X	-10.88	27.86	6.3428	12.10958
Ángulo de Hombro Derecho_Y	.00	160.60	139.0306	46.56026
Ángulo de Hombro Derecho_Z	-165.38	.00	-109.2502	48.85404
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_X	-104.53	396.54	-42.9546	146.17718
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Y	-20.05	396.54	29.0684	122.07010
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Z	-28.05	396.54	32.3194	122.28777
Ángulo de Tórax Derecho_X	-1168.68	183.41	-150.9092	373.01240
Ángulo de Tórax Derecho_Y	-540.70	162.46	-37.8860	174.44286
Ángulo de Tórax Derecho_Z	-247.55	266.84	21.8693	154.81863

A manera de referente visual de la postura C se presenta la figura 29 en donde se puede observar el nivel 1 considerado insuficiente dentro de la BFG y el nivel 5 considerado excelente.



Figura 29. Postura C en clasificación de 1 (insuficiente) a 5 (excelente).

La tabla 21 presenta los valores obtenidos a través del software de captura de movimiento en 3D de Vicon dichos valores son los grados de las articulaciones en un momento específico durante la realización de la posición C, en estos valores se

observa que la media del hombro en Y (abducción) del lado izquierdo fue 124.22 y del lado derecho fue 128.80, mientras que los valores de Z (rotación) para la misma articulación fueron -94.74 y -98.35, respectivamente. Para la columna vertebral en X (flexión / extensión) del lado izquierdo y derecho fue -104.88, para esta figura resaltan también los valores de pelvis en X (flexión) de 42.38 del lado izquierdo y 42.38 de lado derecho, en Z (rotación) los valores fueron -24.66 para el lado izquierdo y 24.67 para el derecho.

Los valores obtenidos en esta figura C son los más altos para la variable columna vertebral en X en comparación con los valores de todas las demás figuras de la BFG, al ser negativos indica que el movimiento realizado es una extensión de espalda y junto con los hombros son las articulaciones más involucradas en esta posición.

Tabla 21. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el software de captura de movimiento en 3D de Vicon para la posición C.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Tobillo Izquierdo_X	-66.08	-21.08	-53.0449	12.19289
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Y	-1.87	1.08	-.1769	1.06797
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Z	-9.29	16.81	2.2440	8.69076
Ángulo de Codo Izquierdo_X	15.33	101.40	52.3725	32.61649
Ángulo de Cadera Izquierdo_X	-46.96	-15.41	-31.4022	10.07132
Ángulo de Cadera Izquierdo_Y	-35.29	-12.74	-24.2399	6.12311
Ángulo de Cadera Izquierdo_Z	-52.36	15.26	-21.6979	18.49958
Ángulo de Rodilla Izquierdo_X	26.61	96.72	56.1449	19.88803
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Y	-35.06	32.02	-7.8932	18.48448
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Z	-24.56	25.56	6.1063	15.03493

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Pelvis Izquierdo_X	-92.72	89.40	42.3867	50.81250
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Y	-180.10	56.75	-11.6047	58.50693
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Z	-1.83	179.93	24.6677	58.47701
Ángulo de Hombro Izquierdo_X	-80.08	18.11	-24.3940	33.21561
Ángulo de Hombro Izquierdo_Y	79.54	162.10	124.2229	22.99942

Ángulo de Hombro Izquierdo_Z	-163.13	100.86	-94.7477	73.82904
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_X	-138.10	-80.84	-104.8818	17.62561
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Y	-2.72	19.26	3.5065	6.15839
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Z	-6.60	3.29	.1632	3.04847
Ángulo de Tórax Izquierdo_X	-80.56	16.47	-32.3497	31.37090
Ángulo de Tórax Izquierdo_Y	-49.44	4.47	-4.0152	15.26140
Ángulo de Tórax Izquierdo_Z	-186.97	63.94	-29.2432	78.40891
Ángulo de Tobillo Derecho_X	-66.03	-27.82	-52.5337	10.62385
Ángulo de Tobillo Derecho_Y	-3.41	2.45	-.4692	1.67151
Ángulo de Tobillo Derecho_Z	-14.07	16.42	3.1705	10.62240
Ángulo de Codo Derecho_X	12.86	104.24	49.8003	31.44996
Ángulo de Cadera Derecho_X	-44.30	-10.74	-29.6046	10.58896
Ángulo de Cadera Derecho_Y	-38.71	-15.88	-25.8323	6.15446

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Cadera Derecho_Z	-50.52	-4.16	-31.0999	12.68033
Ángulo de Rodilla Derecho_X	20.87	107.22	58.8637	22.23275
Ángulo de Rodilla Derecho_Y	-48.58	4.99	-14.8602	16.29506
Ángulo de Rodilla Derecho_Z	-24.00	26.20	.5026	13.39579
Ángulo de Pelvis Derecho_X	-92.72	89.40	42.3867	50.81250
Ángulo de Pelvis Derecho_Y	-56.75	180.10	11.6047	58.50693
Ángulo de Pelvis Derecho_Z	-179.93	1.83	-24.6677	58.47701
Ángulo de Hombro Derecho_X	-78.11	17.49	-27.1570	31.11840
Ángulo de Hombro Derecho_Y	87.54	180.22	128.8098	26.98003
Ángulo de Hombro Derecho_Z	-160.71	51.80	-98.3552	62.13947
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_X	-138.10	-80.84	-104.8818	17.62561
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Y	-19.26	2.72	-3.5065	6.15839
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Z	-3.29	6.60	-.1632	3.04847
Ángulo de Tórax Derecho_X	-80.56	16.47	-32.3497	31.37090
Ángulo de Tórax Derecho_Y	-4.47	49.44	4.0152	15.26140
Ángulo de Tórax Derecho_Z	-63.94	186.97	29.2432	78.40891

A manera de referente visual de la postura D se presta la figura 29 en donde se puede observar el nivel 1 considerado insuficiente dentro de la BFG y el nivel 5 considerado excelente

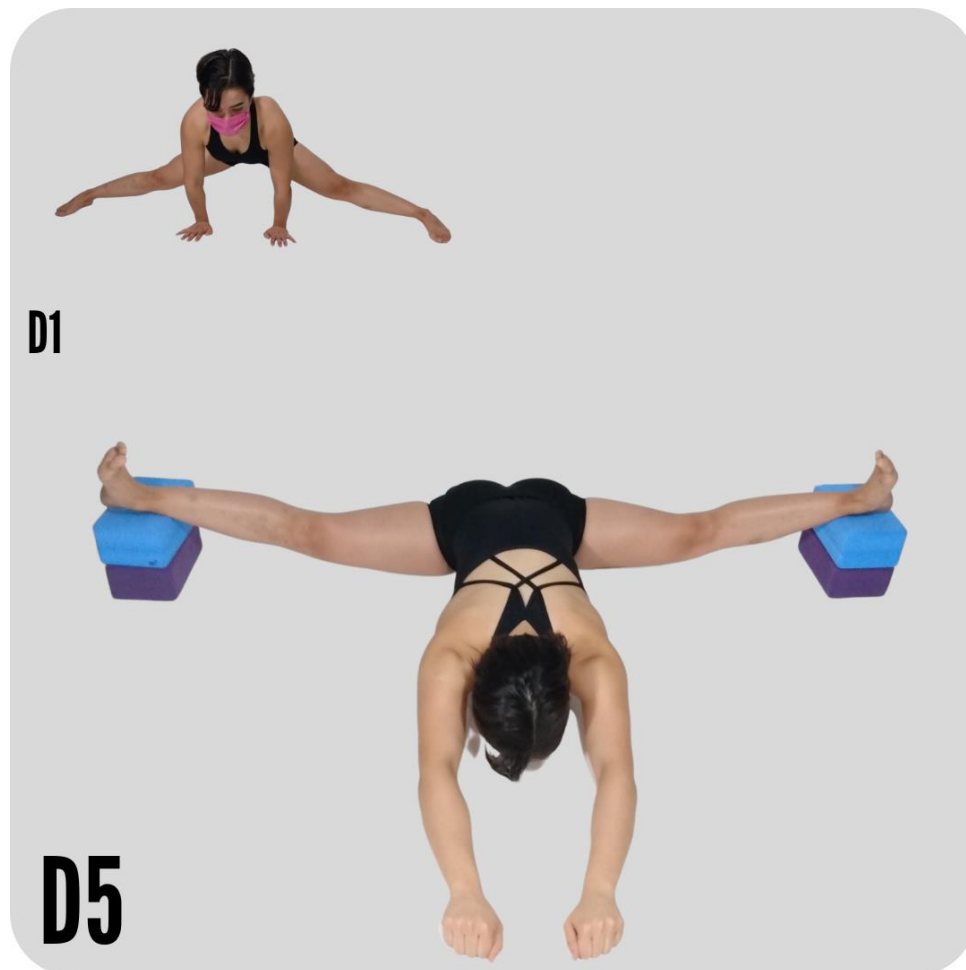


Figura 30. Postura D en clasificación de 1 (insuficiente) a 5 (excelente).

La tabla 22 presenta los valores obtenidos a través del software de captura de movimiento en 3D de Vicon dichos valores son los grados de las articulaciones en un momento específico durante la realización de la posición D, en estos valores se observa que la media del hombro en Y (abducción) del lado izquierdo fue 96.57 y del

lado derecho fue 115.40, mientras que los valores de Z (rotación) para la misma articulación fueron -73.41 y -82.32, respectivamente. Para la columna vertebral en X (flexión / extensión) del lado izquierdo 2.46 y derecho fue 3.52 para esta postura D, resaltan también los valores de cadera en X (flexión / extensión) de 122.08 del lado izquierdo y 132.25 de lado derecho, en Y (aducción / abducción) los valores fueron -78.60 para el lado izquierdo y -76.76 para el derecho. Lo que indica que para la postura D en particular la articulación con mayor flexibilidad requerida es la cadera en flexión y rotación.

Tabla 22. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el software de captura de movimiento en 3D de Vicon para la posición D.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Tobillo Izquierdo_X	-59.79	7.72	-43.2818	18.26471
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Y	-5.48	.89	-1.4688	1.92224
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Z	-4.34	29.00	9.3800	9.95228
Ángulo de Codo Izquierdo_X	14.49	57.45	33.8891	12.72906
Ángulo de Cadera Izquierdo_X	51.97	191.51	122.0980	48.48267
Ángulo de Cadera Izquierdo_Y	-87.15	-68.23	-78.6067	5.51222
Ángulo de Cadera Izquierdo_Z	-35.19	100.33	39.8892	40.80010
Ángulo de Rodilla Izquierdo_X	-13.28	6.11	-3.7313	6.41853
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Y	-6.46	5.82	-2.7241	3.59481
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Z	-45.42	1.38	-23.2006	15.83655

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Pelvis Izquierdo_X	36.65	66.72	56.3243	9.47414
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Y	-4.15	2.50	-.6532	2.27761
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Z	-3.05	2.41	-.1590	2.09462
Ángulo de Hombro Izquierdo_X	-1.38	36.08	14.3605	11.71805
Ángulo de Hombro Izquierdo_Y	4.57	166.11	95.6448	68.05356
Ángulo de Hombro Izquierdo_Z	-135.58	22.33	-75.6160	60.24766
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_X	-10.27	54.92	28.3100	20.92359
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Y	-13.56	5.94	-2.4688	5.29365
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Z	-7.97	6.64	.4821	4.25228
Ángulo de Tórax Izquierdo_X	42.82	101.81	84.7248	21.15515
Ángulo de Tórax Izquierdo_Y	-4.02	4.00	.8878	2.61180
Ángulo de Tórax Izquierdo_Z	-13.78	10.95	-1.3799	6.75284
Ángulo de Tobillo Derecho_X	-66.73	10.64	-46.8695	21.06908
Ángulo de Tobillo Derecho_Y	-7.28	.75	-2.3394	2.36620
Ángulo de Tobillo Derecho_Z	-10.23	40.78	13.9448	13.59224
Ángulo de Codo Derecho_X	19.47	48.43	34.2219	9.82579
Ángulo de Cadera Derecho_X	56.47	197.10	132.2591	51.16420
Ángulo de Cadera Derecho_Y	-84.23	-69.72	-76.7600	4.94434

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Cadera Derecho_Z	-15.06	100.77	47.6851	44.42253
Ángulo de Rodilla Derecho_X	-12.01	4.81	-3.3664	5.86113
Ángulo de Rodilla Derecho_Y	-7.27	4.37	-2.8540	3.55850
Ángulo de Rodilla Derecho_Z	-43.37	-9.53	-25.8170	10.80219

Ángulo de Pelvis Derecho_X	36.65	66.72	56.3243	9.47414
Ángulo de Pelvis Derecho_Y	-2.50	4.15	.6532	2.27761
Ángulo de Pelvis Derecho_Z	-2.41	3.05	.1590	2.09462
Ángulo de Hombro Derecho_X	-6.16	27.98	12.8362	10.49055
Ángulo de Hombro Derecho_Y	-2.17	170.91	96.5725	67.14628
Ángulo de Hombro Derecho_Z	-130.64	17.70	-73.4163	59.66126
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_X	-10.27	54.92	28.3100	20.92359
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Y	-5.94	13.56	2.4688	5.29365
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Z	-6.64	7.97	-.4821	4.25228
Ángulo de Tórax Derecho_X	42.82	101.81	84.7248	21.15515
Ángulo de Tórax Derecho_Y	-4.00	4.02	-.8878	2.61180
Ángulo de Tórax Derecho_Z	-10.95	13.78	1.3799	6.75284

Como referente visual de cuál es la postura E se presta la figura 31 en donde se puede observar el nivel 1 considerado insuficiente dentro de la BFG y el nivel 5 considerado excelente.

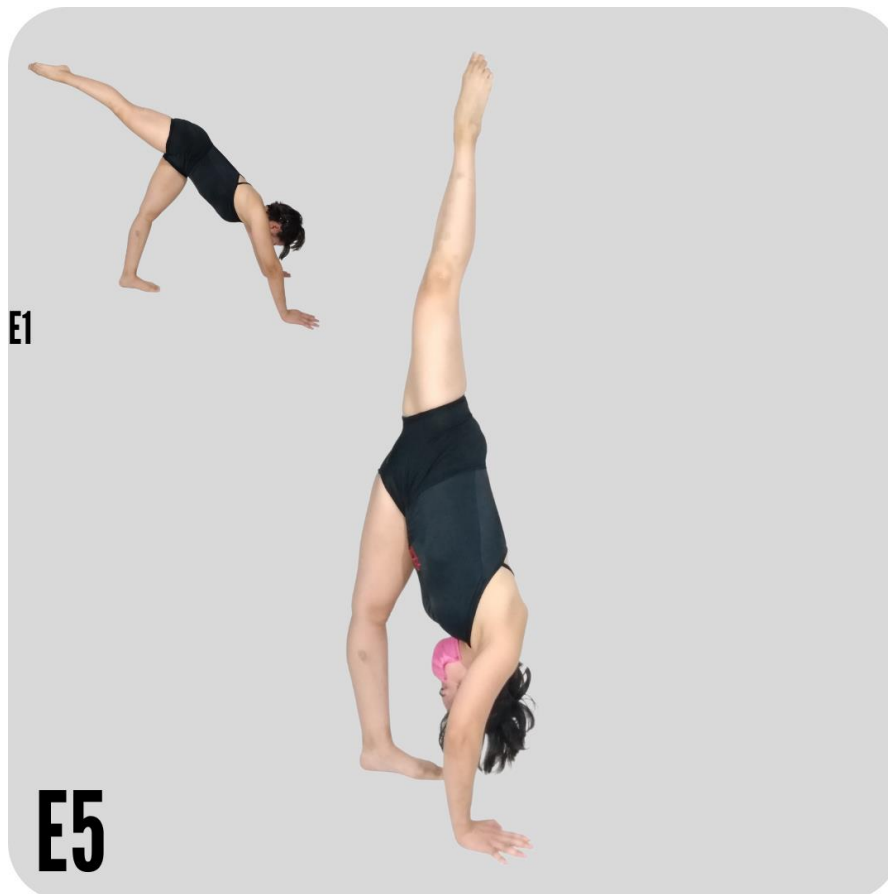


Figura 31. Postura E en clasificación de 1 (insuficiente) a 5 (excelente)

La tabla 23 presenta los valores obtenidos a través del software de captura de movimiento en 3D de Vicon dichos valores son los grados de las articulaciones en un momento específico durante la realización de la posición E MID, en estos valores se observa que la media del hombro en Y (abducción) del lado izquierdo fue 115.40 y del lado derecho fue 118.32, mientras que los valores de Z (rotación) para la misma articulación fueron -82.32 y -84.20, respectivamente. Para la columna vertebral en X (flexión / extensión) del lado izquierdo 3.52 y derecho fue 3.52 para esta posición resaltan también los valores de pelvis en X (flexión / extensión) de 52.28 del lado izquierdo y 52.28 de lado derecho, en Y (aducción / abducción) los valores fueron 40.59 para el lado izquierdo y -40.59 para el derecho.

Lo valores de la columna vertebral para esta postura indican que a pesar de que las atletas inclinan el torso hacia el frente la espalda la mantienen recta y que la flexión del torso hacia el frente recae sobre la cadera.

Tabla 23. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el software de captura de movimiento en 3D de Vicon para la posición E MID.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Tobillo Izquierdo_X	-61.77	-1.35	-30.2444	23.29532
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Y	-5.34	.59	-.9998	1.63562
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Z	-8.94	14.30	2.7125	6.49038
Ángulo de Codo Izquierdo_X	23.01	72.54	46.4518	15.10567
Ángulo de Cabeza Izquierdo_X	-540.34	285.84	-15.8405	234.04461
Ángulo de Cabeza Izquierdo_Y	-177.71	83.74	-3.7997	74.98181
Ángulo de Cabeza Izquierdo_Z	-266.28	446.45	68.7312	201.06578
Ángulo de Cadera Izquierdo_X	-23.85	153.12	56.1077	81.20441
Ángulo de Cadera Izquierdo_Y	-59.26	-8.49	-31.6585	19.36959
Ángulo de Cadera Izquierdo_Z	-25.20	64.46	14.0755	33.70659
Ángulo de Rodilla Izquierdo_X	-22.90	10.96	-3.5176	12.52425
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Y	-9.04	10.52	-.7035	5.98574
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Z	-38.55	5.77	-17.2994	14.57723

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Cuello Izquierdo_X	-55.85	35.11	-13.5460	30.45416
Ángulo de Cuello Izquierdo_Y	-9.67	17.10	-.1715	7.68900
Ángulo de Cuello Izquierdo_Z	-23.41	25.99	.1829	18.36344
Ángulo de Pelvis Izquierdo_X	-206.57	174.90	52.2862	157.48815
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Y	-199.62	57.93	-15.3805	76.75756
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Z	-137.51	249.41	40.5949	149.29539
Ángulo de Hombro Izquierdo_X	11.43	59.93	33.5327	17.44796
Ángulo de Hombro Izquierdo_Y	-144.91	177.07	115.4089	87.57842
Ángulo de Hombro Izquierdo_Z	-125.45	83.90	-82.3225	56.64473
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_X	-18.88	24.04	3.5202	14.18315
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Y	-30.95	38.40	-.0126	25.74216
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Z	-32.20	34.12	-.9625	28.76125
Ángulo de Tórax Izquierdo_X	-186.20	185.33	-86.8290	144.06199
Ángulo de Tórax Izquierdo_Y	-49.41	153.73	15.9555	57.74853
Ángulo de Tórax Izquierdo_Z	-254.50	256.14	40.3489	211.28126
Ángulo de Muñeca Izquierdo_X	21.88	78.90	48.3899	19.41833
Ángulo de Muñeca Izquierdo_Y	-52.30	75.07	34.0279	35.52143
Ángulo de Muñeca Izquierdo_Z	62.53	163.99	134.6634	30.51986
Ángulo de Tobillo Derecho_X	-59.48	10.93	-26.2391	27.15046
Ángulo de Tobillo Derecho_Y	-4.24	4.27	-.1002	2.38925
Ángulo de Tobillo Derecho_Z	-25.63	25.47	5.7647	13.61939
Ángulo de Codo Derecho_X	16.86	83.26	42.4088	18.83497
Ángulo de Cabeza Derecho_X	-540.34	285.84	-15.8405	234.04461
Ángulo de Cabeza Derecho_Y	-83.74	177.71	3.7997	74.98181
Ángulo de Cabeza Derecho_Z	-446.45	266.28	-68.7312	201.06578
Ángulo de Cadera Derecho_X	-25.33	144.68	63.4044	79.11981
Ángulo de Cadera Derecho_Y	-48.06	-13.79	-33.3784	11.38940

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Cadera Derecho_Z	-56.76	51.78	6.9494	35.52314
Ángulo de Rodilla Derecho_X	-19.06	6.73	-4.9954	6.98618
Ángulo de Rodilla Derecho_Y	-3.02	3.31	.3484	2.03609
Ángulo de Rodilla Derecho_Z	-34.82	-5.07	-24.1962	10.21318
Ángulo de Cuello Derecho_X	-55.85	35.11	-13.5460	30.45416
Ángulo de Cuello Derecho_Y	-17.10	9.67	.1715	7.68900
Ángulo de Cuello Derecho_Z	-25.99	23.41	-.1829	18.36344
Ángulo de Pelvis Derecho_X	-206.57	174.90	52.2862	157.48815
Ángulo de Pelvis Derecho_Y	-57.93	199.62	15.3805	76.75756
Ángulo de Pelvis Derecho_Z	-249.41	137.51	-40.5949	149.29539

Ángulo de Hombro Derecho_X	4.15	58.31	34.3759	16.81305
Ángulo de Hombro Derecho_Y	-129.19	167.47	118.3207	83.50707
Ángulo de Hombro Derecho_Z	-152.58	68.70	-84.2001	54.91911
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_X	-18.88	24.04	3.5202	14.18315
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Y	-38.40	30.95	.0126	25.74216
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Z	-34.12	32.20	.9625	28.76125
Ángulo de Tórax Derecho_X	-186.20	185.33	-86.8290	144.06199
Ángulo de Tórax Derecho_Y	-153.73	49.41	-15.9555	57.74853
Ángulo de Tórax Derecho_Z	-256.14	254.50	-40.3489	211.28126
Ángulo de Muñeca Derecho_X	-64.62	82.11	46.7947	40.90569
Ángulo de Muñeca Derecho_Y	-68.83	67.23	35.3561	37.38093
Ángulo de Muñeca Derecho_Z	116.20	171.25	152.9764	18.35227

La tabla 24 presenta los valores obtenidos a través del software captura de movimiento en 3D de Vicon dichos valores son los grados de las articulaciones en un momento específico durante la realización de la posición E MIND, en estos valores se observa que la media del hombro en Y (abducción) del lado izquierdo fue 139.64 y del lado derecho fue 143.39, mientras que los valores de Z (rotación) para la misma articulación fueron -95.6 y -94.68, respectivamente. Para la columna vertebral en X (flexión / extensión) del lado izquierdo 14.98 y derecho fue 14.98 para esta postura resaltan también los valores de pelvis en X (flexión / extensión) de 52.26 del lado izquierdo y 52.26 de lado derecho, en Y (aducción / abducción) los valores fueron 3.71 para el lado izquierdo y -3.71 para el derecho.

Lo valores de la columna vertebral para la postura E MIND son mayores a su contraparte de E MID, esto indica que la flexión del torso se da en la columna y se relaciona los valores bajos de pelvis en Z (rotación) de la figura E con el miembro inferior no dominante. Pues la falta de flexibilidad en el movimiento de rotación de cadera influye sobre la cadena muscular posterior, haciendo que espalda tenga que

compensar con una flexión de columna al frente y no desde la cadera, como se logra al realizar la postura con el miembro inferior dominante de base, este mayor ángulo de rotación en la pelvis es el que permite mantener la espalda recta cuando el torso va al frente.

Esto nos indica la importancia que tiene para el entrenador, al identificar el miembro inferior no dominante en los atletas de arte competitivo, para trabajar un programa específico de flexibilidad que reduzca las asimetrías entre los miembros inferiores, el cual debe incluir movimientos que promuevan la rotación de caderas de manera individual para evitar gestos motores que puedan altera la biomecánica de la espalda.

Tabla 24. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el software de captura de movimiento en 3D de Vicon para la posición E MIND.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Tobillo Izquierdo_X	-61.89	7.35	-26.2494	25.72624
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Y	-2.74	1.95	-.3187	1.45173
Ángulo de Tobillo Izquierdo_Z	-12.44	17.72	3.3612	9.05466
Ángulo de Codo Izquierdo_X	27.74	75.21	45.5681	14.43496
Ángulo de Cabeza Izquierdo_X	-186.28	188.10	19.5877	168.79628
Ángulo de Cabeza Izquierdo_Y	-83.62	65.12	-18.7914	48.72053
Ángulo de Cabeza Izquierdo_Z	-283.99	271.30	-19.0111	197.60991
Ángulo de Cadera Izquierdo_X	-27.31	141.11	60.2108	77.58416
Ángulo de Cadera Izquierdo_Y	-51.46	-16.55	-33.7954	12.87162
Ángulo de Cadera Izquierdo_Z	-37.41	48.31	12.5439	33.31146
Ángulo de Rodilla Izquierdo_X	-18.87	9.72	-2.6708	8.57871
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Y	-5.20	5.88	.0547	3.04234
Ángulo de Rodilla Izquierdo_Z	-37.98	-2.66	-18.3276	14.48048

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Cuello Izquierdo_X	-66.57	10.77	-18.3090	23.25092
Ángulo de Cuello Izquierdo_Y	-7.53	6.08	1.1799	4.21287
Ángulo de Cuello Izquierdo_Z	-27.16	32.80	.0034	22.80785
Ángulo de Pelvis Izquierdo_X	-210.20	164.70	52.2671	154.42868
Ángulo de Pelvis Izquierdo_Y	-60.64	150.94	2.6264	69.79665

Ángulo de Pelvis Izquierdo_Z	-240.57	236.35	3.7153	159.77125
Ángulo de Hombro Izquierdo_X	10.17	58.53	31.5647	16.42333
Ángulo de Hombro Izquierdo_Y	113.09	161.91	139.6414	16.87304
Ángulo de Hombro Izquierdo_Z	-119.08	-82.08	-95.8636	9.91532
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_X	-11.70	31.67	14.9820	13.38478
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Y	-39.55	29.32	-1.7821	27.94172
Ángulo de Columna Vertebral Izquierdo_Z	-42.72	35.50	1.0599	32.89246
Ángulo de Tórax Izquierdo_X	-334.83	190.74	24.7679	196.62821
Ángulo de Tórax Izquierdo_Y	-142.93	182.14	-3.7503	78.59238
Ángulo de Tórax Izquierdo_Z	-261.68	246.92	-7.4534	154.19540
Ángulo de Muñeca Izquierdo_X	31.08	87.38	56.0142	15.82642
Ángulo de Muñeca Izquierdo_Y	18.03	79.44	51.6793	16.91769
Ángulo de Muñeca Izquierdo_Z	117.61	174.05	146.5632	16.51168
Ángulo de Tobillo Derecho_X	-77.58	-3.59	-36.1637	30.25068
Ángulo de Tobillo Derecho_Y	-2.64	2.49	-.4333	1.71491
Ángulo de Tobillo Derecho_Z	-11.61	17.70	7.4230	8.80531
Ángulo de Codo Derecho_X	29.03	74.67	43.4240	15.72203
Ángulo de Cabeza Derecho_X	-186.28	188.10	19.5877	168.79628
Ángulo de Cabeza Derecho_Y	-65.12	83.62	18.7914	48.72053
Ángulo de Cabeza Derecho_Z	-271.30	283.99	19.0111	197.60991
Ángulo de Cadera Derecho_X	-20.90	139.21	52.3478	73.90339
Ángulo de Cadera Derecho_Y	-60.40	-14.45	-35.7458	17.42379

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ángulo de Cadera Derecho_Z	-43.95	55.16	3.3221	39.28252
Ángulo de Rodilla Derecho_X	-20.51	15.71	-3.6628	13.55891
Ángulo de Rodilla Derecho_Y	-6.94	2.95	-1.2213	3.72835
Ángulo de Rodilla Derecho_Z	-42.70	-5.74	-22.6954	12.58725
Ángulo de Cuello Derecho_X	-66.57	10.77	-18.3090	23.25092
Ángulo de Cuello Derecho_Y	-6.08	7.53	-1.1799	4.21287
Ángulo de Cuello Derecho_Z	-32.80	27.16	-.0034	22.80785
Ángulo de Pelvis Derecho_X	-210.20	164.70	52.2671	154.42868
Ángulo de Pelvis Derecho_Y	-150.94	60.64	-2.6264	69.79665
Ángulo de Pelvis Derecho_Z	-236.35	240.57	-3.7153	159.77125
Ángulo de Hombro Derecho_X	11.61	51.49	31.4713	11.86712
Ángulo de Hombro Derecho_Y	125.23	165.76	143.3915	10.88459
Ángulo de Hombro Derecho_Z	-111.06	-68.03	-94.6896	12.09738
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_X	-11.70	31.67	14.9820	13.38478
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Y	-29.32	39.55	1.7821	27.94172
Ángulo de Columna Vertebral Derecho_Z	-35.50	42.72	-1.0599	32.89246
Ángulo de Tórax Derecho_X	-334.83	190.74	24.7679	196.62821
Ángulo de Tórax Derecho_Y	-182.14	142.93	3.7503	78.59238

Ángulo de Tórax Derecho_Z	-246.92	261.68	7.4534	154.19540
Ángulo de Muñeca Derecho_X	6.02	75.33	48.0918	22.04190
Ángulo de Muñeca Derecho_Y	27.04	71.15	49.8221	17.23317
Ángulo de Muñeca Derecho_Z	93.94	168.40	141.5342	25.69794

Además de los ángulos obtenidos por el software de captura de movimiento en 3D de Vicon con los cuales se le asignaron valores a la BFG. Se realizó la estadística para verificar si existe una correlación entre los ángulos obtenidos con respecto a cada una de las posiciones de la batería, obteniendo los siguientes resultados.

Con la información de la tabla 25 se puede observar que existen una correlación directa con el ángulo Y del hombro. En este caso Y se refiere a al movimiento de aducción / abducción que realiza el hombro sobre el plano coronal mientras lleva el brazo y el antebrazo por encima de la cabeza con la intención de alcanzar el tobillo para llegar a su máximo rango de flexibilidad en esa postura (fig. 6).

Tabla 25. Estadística descriptiva de los ángulos proporcionados por el software de captura de movimiento 3D de Vicon para la posición E MIND.

Variables	BFG
ÁnguloHombroIzq_Y	.656*
ÁnguloHombroIzq_Z	-.625*
ÁnguloColumnaVertebralIzq_X	-.856**
ÁnguloColumnaVertebralDer_X	-.856**
Biceps	-.730*

La correlación inversa que muestra el ángulo Z del hombro se explica tomando en cuenta la tabla 26, donde se puede ver que los valores negativos coinciden con un mejor nivel de flexibilidad mientras que los valores positivos se asocian a una menor flexibilidad. Esto se explica porque al “elevar el brazo en pronación se produce un

pinzamiento cuando el tubérculo mayor y el tendón del supraespinoso quedan bajo el arco acromial” Sanabria & Patiño(2013) para estabilizar esta acción se requiere que los músculos supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular (manguito rotador) del atleta en una acción sinérgica con el deltoides sean lo suficientemente fuertes para deprimir la cabeza humeral y junto con la supinación del brazo disminuir el pinzamiento subacromial, mejorando así el funcionamiento biomecánico de la articulación glenohumeral para lograr un mayor rango de flexibilidad. Lo anterior se traduce en una rotación externa de la articulación representada en el software de captura de movimiento en 3D de Vicon como el ángulo Z del hombro.

Los valores negativos del ángulo Y de columna vertebral se refieren a la extensión del torso hacia atrás, acción que es realizada por los erectores de la espalda (longísimo torácico, espinoso torácico e iliocostal) mientras que los valores negativos del ángulo X representan la flexión lateral por lo tanto su correlación también es inversa con el grado de flexibilidad de Bateria. Siendo los músculos extensores de las espalda los que realizan esta acción

Tabla 26. Ángulos por sujeto de correlación de Pearson para la relación de variable BFG y las variables cinemáticas en la posición A MID.

Sujeto	LShoulderAngles_Y	LShoulderAngles_Z	LSpineAngles_X	RSpineAngles_X	Bíceps	A MID
1	158.76	-147.16	-85.34	-85.34	4	2
2	150.47	-138.70	-94.94	-94.94	4	3
3	166.66	-124.42	-89.79	-89.79	4	3
4	172.10	-134.30	-99.03	-99.03	5	4
5					16	0
6	-204.46	229.30	-73.54	-73.54	7	1
7	154.63	-113.85	-67.86	-67.86	9	2
8	162.50	-143.52	-95.57	-95.57	7	4
9	172.18	-156.06	-88.80	-88.80	5	3
10	156.87	-134.65	-85.85	-85.85	4	3
11	155.84	-133.82	-108.49	-108.49	3	5

La tabla 27 se observa que las articulaciones involucradas para la figura A del miembro inferior no dominante son similares a la de su contraparte A MID con la diferencia de incluir la correlación de pelvis Z (rotación) con un valor -607 para la izquierda y 607 para la derecha, lo anterior se explica con el hecho de que las atletas que logaron una mejor clasificación dentro de la BFG también lograron valores altos pero negativos teniendo una relación inversa, mientras que la relación directa sucede con la pelvis derecha lo que corresponde a las atletas que lograron valores altos en esta posición a pesar de no ser su pierna dominante la derecha, esto a la vez coincide con la tabla 15 donde se declara que el 83.33% de las atletas con mejor flexibilidad son de pierna izquierda dominante esto indica que para tener valores altos dentro de la batería es necesario que las atletas trabajen la flexibilidad para ambas piernas, eliminando así las asimetrías y mejorado su posición dentro de la escala de la BFG.

Tabla 27. Coeficientes de correlación de Pearson para la relación de variable BFG y las variables cinemáticas en la posición A MIND.

Variables	BFG
LPelvisAngles_Z	-.607*
LShoulderAngles_Y	.689*
LSpineAngles_X	-.833**
RPelvisAngles_Z	.607*
RSpineAngles_X	-.833**
Biceps	-.709*
Abdominal	-.649*

En la tabla 28 se presenta la prueba de Kruskal-Wallis, la cual reveló una diferencia estadísticamente significativa en las cuatro clasificaciones de BFG, estas fueron para las posturas B MID, C y D, donde las articulaciones que mostraron esa diferencia fueron la pelvis y la cadera.

Mientras que para las posturas A MID, A MIND, B MIND, E MID, E MIND no mostraron diferencia significativa.

Tabla 28. Kruskal- Wallis.

BFG	Variables	Valor <i>p</i>
B MID	AnguloPelvisIzq_Z	.042
	AnguloPelvisDer_Z	.042
C	AnguloPelvisIzq_X	.041
	AnguloPelvisDer_X	.041
D	AnguloCaderaIzq_X	.044
	AnguloCaderaDer_X	.030
	AnguloCaderaDer_Z	.030

Conclusiones

Después de aplicar la batería de flexibilidad global de Flores 2020, solamente el 60% de la muestra, se encuentra dentro del rango de clasificación bueno, mientras que el 40% restante se posiciono entre regular e insuficiente. La eficacia de la tecnología de captura de movimiento en 3D de Vicon, utilizado para replicar y analizar las posiciones de dicha batería, ayudó a identificar aquellos patrones de desarrollo de la flexibilidad de la población del presente estudio, al poder identificar de manera cuantitativa los ángulos de desplazamiento de cada una de las articulaciones implicadas para la realización de las posturas de la BFG en cada una de las atletas y así tener un referente objetivo para el trabajo a futuro con cada una de ellas.

Considerando que del 60% de las atletas clasificadas con una flexibilidad global buena, solamente el 10% (1 atleta) no presenta el somatotipo correspondiente al de atletas elite de deportes de arte competitivo, con lo cual se confirma la veracidad de la hipótesis de la presente investigación. Aunado a ello las posiciones de la BFG las que se muestra una correlación significativa con las medidas antropométricas de la población estudiada son A MID, A MIND, C, E MID y E MIND, específicamente pliegue de bíceps, pliegue abdominal, longitud de pierna derecha e izquierda y longitud de fémur derecho e izquierdo.

El análisis biomecánico realizado a las posiciones de la batería de flexibilidad global con el software de captura de movimiento en 3D de Vicon, proporciono valores cuantitativos a los ángulos de las articulaciones, así como confirmar de manera cuantitativa que las articulaciones mayormente involucradas para la ejecución de las

posiciones de la BFG son: el complejo articular de los hombros, la columna vertebral y la pelvis; debido a que los ángulos obtenidos con respecto a las articulaciones mencionadas presentan un mayor rango de movimiento.

La relevancia de los datos e información obtenida de la presente investigación se sustenta en las aportaciones del análisis de la BFG, ya que para su aplicación práctica se logró identificar el tipo de movimiento (flexión/extensión, abducción/aducción y rotación) y los grupos musculares en los que se debe poner especial atención para mejorar el rango de flexibilidad y con ello obtener una mejor clasificación dentro de la BFG. Con lo anterior se estableció que para las posturas A MID, A MIND, B MID, B MIND y C son los ejercicios que más se deben procurar son los que favorezcan la abducción y rotación externa del hombro, la extensión de espalda, y rotación externa de cadera. Para la postura la E MID, E MIND ejercicios que favorezcan la flexión de espalda y cadera, por último, para la postura D los ejercicios que favorezcan la rotación externa y abducción de los miembros inferiores.

Trabajo a futuro

Esta investigación es una aportación interesante y funcional para los entrenadores de los deportes de arte competitivo, ya que les será posible determinar los ejercicios adecuados para cada una de sus atletas, según sus necesidades particulares, haciendo uso de la tecnología de captura de movimiento en 3D sobre la BFG.

Por otro lado, los resultados del estudio antropométrico son un precedente para futuras investigaciones del somatotipo en atletas de aro sport presentando un perfil idóneo donde convergen el rendimiento deportivo y la flexibilidad.

Con el análisis de esta investigación el siguiente paso es desarrollar un programa de entrenamiento de la flexibilidad efectivo para deportes de arte competitivo.

Referencias

- Alter, M. J. (2004). *Los Estiramientos* (6ta ed.). Paidotribo.
https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=ltyN_JdeF1EC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Michael+J.+Alter&ots=FVMIY0XXUo&sig=4A8RGCRzeccY1Gh8bm2akiQVmOs&redir_esc=y#v=onepage&q=Michael J. Alter&f=false
- Aristides, L. S. (1993). *Fundamentos de La Teoría y Metodología Del Entrenamiento Deportivo*.
- Ayala, F., Baranda, P. S. de, Croix, M. de S., & Santonja, F. (2012). Fiabilidad y validez de las pruebas sit-and-reach: revisión sistemática. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 43(2S), 57–66.
<https://doi.org/10.36104/amc.2018.1400>
- Batista, A., Arce, M. B., Lebre, E., & Ávila-Carvalho, L. (2015). Flexibilidad en gimnasia rítmica: asimetría funcional en gimnastas júnior portuguesas. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 120(2), 19–26.
[https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/2\).120.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/2).120.03)
- Batista, A., Garganta, R., & Ávila-Carvalho, L. (2019). Flexibility and strength in brazilian and portuguese gymnasts. *European Journal of Human Movement*, 42(0), 138–154.
<https://www.eurjhm.com/index.php/eurjhm/article/view/455>
- Belando, J. E., & Chamorro, R. P. (2009). *Valoración antropométrica de la composición corporal: Cineantropometría*. Universidad de Alicante.
- Bezares Sarmiento, V. del R., Cruz Bojórquez, R. M., Burgos de Santiago, M., & Barrera Bustillos, M. E. (2012). Evaluación del estado de nutrición en el ciclo vital humano. In *Gaceta Médica de Mexico* (Vol. 99, Issue 11).
- Bravo, M. D. A., Rengifo, R. C. F., & Agredo, R. W. (2016). Comparación de dos Sistemas de Captura de Movimiento por medio de las Trayectorias Articulares de Marcha. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomedica*, 37(2), 149–160. <https://doi.org/10.17488/RMIB.37.2.2>
- Carrasco, M., Sanz-Arribas, ;, Martínez-De-Haro, ;, Cid-Yagüe, ;, & Y Martínez-González-Moro, I. (2013). ¿EL TEST “SIT AND REACH” MIDE LA FLEXIBILIDAD? UN ESTUDIO DE CASOS DOES THE “SIT AND REACH” TEST MEASURES FLEXIBILITY? A CASE STUDY. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte / International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 13(52), 749–770.
- Catelotti, F., Trossero, S., Marcos, R. A., Romero, D., Presti, M. S. Lo, & Barboza, G. (2020). GONIOMETRÍA DEL MOVIMIENTO DE FLEXO-EXTENSIÓN DE TOBILLO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODO DE REFERENCIAS ÓSEAS Y MÉTODO 0 NEUTRAL. *Revista de La Facultad de Ciencias Médicas de Córdoba*, 77(4), 276–280. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31053/1853.0605.v77.n4.27655>
- Chaffin, D. B. (1969). A computerized biomechanical model-Development of and use in studying gross body actions. *Journal of Biomechanics*, 2(4), 429–441. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(69\)90018-9](https://doi.org/10.1016/0021-9290(69)90018-9)
- Estrada, Y. (2018). *Módulo Biomecánica* :
- Federación Internacional de Pole Sports Campeonatos de Aerial Sports. (2020). *Código de Puntos 2019-2020 Aerial Hoop*.
- FIG. (2016). *FEDERATION INTERNATIONALE DE GYMNASTIQUE CÓDIGO DE PUNTUACIÓN 2017 – 2020 Gimnasia Artística Femenina*. 75.
- Gómez Echeverry, L. L., Jaramillo Henao, A. M., Ruiz Molina, M. A., Velásquez Restrepo, S. M., Páramo Velásquez, C. A., & Silva Bolívar, G. J. (2018). Human motion capture and analysis systems: a systematic review/Sistemas de captura y análisis de movimiento cinemático humano: una revisión sistemática. *Prospectiva*, 16(2), 24–34. <https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1587>
- González Macías, M., Arrayales Millán, E., & Villa Angulo, C. . (2018). Biomecánica en la actividad física y deporte: concepto y aplicación. *Revista UABC*, 94.
- Heath, B. H., & Carter, J. E. L. (1967). A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology*, 27(1), 57–74. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330270108>
- Hernández, P. E. (2007). Flexibilidad : Evidencia Científica y Metodología del Entrenamiento. *PubliCE Premium. Publicaciones Por Suscripción Sobre Ciencias Del Ejercicio*, 22(0), 1–23.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports

- medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–12.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Irurtia, A., Busquets, A., Carrasco, M., Ferrer, B., & Marina, M. (2010). Control de la flexibilidad en jóvenes gimnastas de competición mediante el método trigonométrico: Un año de seguimiento. *Apunts Medicina de l'Esport*, 45(168), 235–242. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2010.05.003>
- Kim, J. H. (2010). Review of biomechanical models for human shoulder complex Jingzhou Yang * Xuemei Feng. *Human Factors*, 1(3), 271–293.
- King, A. I. (1984). A review of biomechanical models. *Journal of Biomechanical Engineering*, 106(2), 97–104.
<https://doi.org/10.1115/1.3138480>
- López, C. I., Dominguez Ramírez, M., Avila Zavala, L. G., Galindo, M. C., & Ching Pellegrini, J. E. (2007). Antecedentes, descripción y cálculo de somatotipo. : *Investigación Básica y Aplicada. Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería*, 3(6), 43–49. http://fcqi.tij.uabc.mx/usuarios/revistaaristas/numeros/N6/ART_2_CALCULO_DE_SOMATOTIPO.pdf
- Marieb, E. N. (2008). Anatomía y Fisiología Humana. In *Pearson Educacion*.
<https://doi.org/10.5005/jp/books/10278>
- Martínez López, E. J. (2002). *Pruebas de Aptitud Física* (1era ed.). Paidotribo.
- Merino, R., & Fernández, E. (2009). Revisión sobre tipos y clasificaciones de la flexibilidad. Una nueva propuesta de clasificación. (Review of the Types and Classifications of Flexibility. New Proposed Classification.). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 5(16), 52–70.
<https://doi.org/10.5232/ricyde2009.01604>
- Norton, K., & Olds, T. (1995). *Antropometría [Spanish version of Anthropometrica]*. October 1995, 7–273.
- Pons, V., Riera, J., Galilea, P. A., Drobnic, F., Banquells, M., & Ruiz, O. (2015). Anthropometric characteristics, body composition and somatotype by sport. Reference data from a high performance centre in San Cugat, 1989-2013. *Apunts Medicina de l'Esport*, 50(186), 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2015.01.002>
- Ramón Suárez, G. (2009). Biomecánica deportiva y control del entrenamiento. *Medellín, Ira*, 132.
https://drive.google.com/file/d/1kauY6M4n-BRN0pyTfsGiEHcqCm7_z26-/view?usp=drivesdk
- Ramos-Parraci, C. A., Reyes-Oyola, F. A., & Palomino-Devia, C. (2021). Composición Corporal, Somatotipo Y Condición Física En Mujeres Deportistas Colombianas. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*, 7(2).
<https://doi.org/10.31910/rdafd.v7.n2.2021.1852>
- Sainz De Baranda, P., Ayala, F., & Santonja, F. (2012). Descripción y análisis de la utilidad de las pruebas sit-and-reach para la estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural 1 Universidad de Castilla La Mancha Description and analysis of the sit-and-reach tests utility for estimating hamstring. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 0(396), 119. <http://www.reefd.es/index.php/reefd/article/view/204/196>
- Sanabria, N. S., & Patiño, A. M. O. (2013). Biomecánica del hombro y bases fisiológicas de los ejercicios de Codman. *CES Medicina*, 27(2), 205–218.
- Taboada, C. H. (2007). *Goniometría : una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales*.
www.asociart.com.ar
- Torres Navarro, V. (2020). Composición Corporal Y Somatotipo De Jóvenes Deportistas De Alto Nivel De Atletismo, Natación Y Triatlón. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 429.
<https://doi.org/10.55166/reefd.vi429.898>
- Vargas, R. (2007). *Diccionario de Teoría del Entrenamiento Deportivo*.
- Vernetta, M., Peláez-Barrios, E. M., & López-Bedoya, J. (2020). *Systematic review of flexibility tests in gymnastics*.
<https://doi.org/10.14198/jhse.2022.171.07>
- Vicon. (2021). *Beyond Motion Vicon Nexus User Guide*.
https://www.youtube.com/playlist?list=PLxtDgDam3USVhGs9b3LTgX2YH_VQqIcDM
- Vicon. (2022). Plug-in Gait Reference Guide. In *Human and Nonhuman Bone Identification* (Issue 197).
<http://www.crcnetbase.com/doi/10.1201/b10400-14>
- Xiao, T., & Fu, Y. F. (2016). Biomechanical Modeling of Human Body Movement. *Journal of Biometrics & Biostatistics*, 7(3), 5–8. <https://doi.org/10.4172/2155-6180.1000309>

Anexos

Carta de consentimiento informado

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de proyecto: Análisis biomecánico del rango de flexibilidad global a atletas de Deportes de Arte Competitivo
Nombre de la estudiante: Jaime Flores Zamora
Nombre del Investigador Principal: Dra. Mirvana E. González Macías
Fecha de evaluación:
Introducción/Objetivo

Estimado(a) C: _____
Usted ha sido invitado a participar en el presente proyecto de investigación, el cual está a cargo de la D.C. Mirvana González Macías como Directora y el alumno Jaime Flores Zamora. El estudio se realizará en (el Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía en la Facultad de Deportes, Campus Mexicali).

Si Usted decide participar en el estudio, es importante que considere la siguiente información. Siéntase libre de preguntar cualquier asunto que no le quede claro.

El propósito del presente estudio: (Análisis biomecánico del rango de flexibilidad global a atletas de Deportes de Arte Competitivo)

Le pedimos participar en este estudio porque usted forma parte del **selectivo de gimnasia UABC** .

Las evaluaciones se realizarán de manera individual, siendo obligatorio que asistan con su padre de familia o tutor, dado que es un deportista menor de edad.

Procedimientos:

Su participación consistirá en:

- Presentarse a la hora acordada para su evaluación.
- Llenar el cuestionario.
- Se le tomarán medidas antropométricas, peso y talla.
- Acudir con short de Lickra, top (femeninas).
- No accesorios dado que pueden introducir ruido en el sistema.
- Realizar un calentamiento dinámico de 20 minutos.
- Se le colocarán 39 marcadores pasivos y sensores de EMG en los músculos que intervienen en las diferentes posturas.
- Realizar las posturas de la batería de flexibilidad global
- Realizar la marcha iniciando con la pierna derecha, 5 repeticiones.

Beneficios: Valoración de rango de flexibilidad con la batería de medición, ubicación del estado físico dentro de la somatipo deportivo y la evaluación biomecánica con el sistema de captura de movimiento 3D, no existe ningún costo por participar en el estudio, ni ningún pago por la valoración, sin embargo, si usted acepta participar, estará colaborando con el Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía y con el alumno Jaime Flores Zamora, para su trabajo terminal de la Maestría en Educación Física y Deporte Escolar.

Confidencialidad: Toda la información que usted nos proporcione para el estudio será de carácter estrictamente confidencial, será utilizada únicamente por el equipo de investigación del proyecto y no estará disponible para ningún otro propósito. Usted quedará identificado(a) con un número y no con su nombre. Los resultados de este estudio serán publicados con fines científicos, pero se presentarán de tal manera que no podrá ser identificado(a).

Participación Voluntaria/Retiro: Su participación en este estudio es absolutamente voluntaria. Usted está en plena libertad de negarse a participar o de retirar su participación del mismo en cualquier momento. Su decisión de participar o no en el estudio no implicará ningún tipo de consecuencia.

Riesgos Potenciales/Compensación: No existe ningún riesgo potencial en participar en este estudio. Usted no recibirá ningún pago por participar en el estudio, y tampoco implicará algún costo para usted.

Aviso de Privacidad Simplificado: La investigadora principal de este estudio, Dra. Mirvana González Macías, es responsable del tratamiento y resguardo de los datos personales que nos proporcione, los cuales serán protegidos conforme a lo dispuesto por la **Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados**. Los datos personales que le solicitaremos serán utilizados exclusivamente para las finalidades expuestas en este documento. Usted puede solicitar la corrección de sus datos o que sus datos se eliminen de nuestras bases o retirar su consentimiento para su uso. En cualquiera de estos casos le pedimos dirigirse al investigador responsable del proyecto a la siguiente dirección de correo gonzalez.mirvana@uabc.edu.mx

Números a Contactar: Si usted tiene alguna pregunta, comentario o preocupación con respecto al proyecto, por favor comuníquese con la investigadora responsable del proyecto: Dra. Mirvana González Macías al siguiente número de teléfono (686)1-48-25-18 en un horario de 9:00am a 4:00 pm ó al correo electrónico gonzalez.mirvana@uabc.edu.mx.

Si usted acepta participar en el estudio, le entregaremos una copia de este documento que le pedimos sea tan amable de firmar.

Declaración de la persona que da el consentimiento

- Se me ha leído esta Carta de consentimiento.
- Me han explicado el estudio de investigación incluyendo el objetivo, los posibles riesgos y beneficios, y otros aspectos sobre mi participación en el estudio.
- He podido hacer preguntas relacionadas a mi participación en el estudio, y me han respondido satisfactoriamente mis dudas.

Si usted entiende la información que le hemos dado en este formato, está de acuerdo en participar en este estudio, de manera total o parcial, entonces le pedimos que indique su consentimiento para participar en este estudio.

Registre su nombre y firma en este documento del cual le entregaremos una copia.

PARTICIPANTE:

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha/hora _____

TESTIGO 1

Nombre: _____

Firma: _____

Relación con
la participante: _____

Fecha/hora:

TESTIGO 2

Nombre: _____

Firma: _____

Relación con
la participante: _____

Fecha/hora:

Nombre y firma del investigador o persona que obtiene el consentimiento:

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha/hora _____

Secuencia de calentamiento

CALENTAMIENTO

Caminando

Cuello
Flexión- extensión
rotación izquierda - derecha

Cintura escapular
Elevación y descenso
Retracción y protracción

Hombros
Circunducción codos flexionados
anterior y posterior

Estático

Columna vertebral
Movilidad lateral
Rotación izquierda derecha

Trotando

Cadera
Circunducción con rodilla flexionada
Circunducción con rodilla estirada
Flexión- extensión (joggies-bootykicks)

Ejercicios multiarticulares
Elefantitos
Desplantes frontales
Desplantes laterales

Flex dinámico
Supino patada Split frontal y lateral
En postura de gato patada atrás con arco

Los estiraientos pasivos fueron splits. 3 series de 1 minuto con cada pierna.

Para la eslada fueron arcos 3 arcos con duracion de 30 segundos

Toma de medidas antropométricas

