

# ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA TÉCNICA DE REMADA EN KAYAK PARALÍMPICO EN DEPORTISTA CON AMPUTACIÓN EN MIEMBRO INFERIOR DERECHO: ESTUDIO DE CASO

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF THE TECHNIQUE OF PADDLING IN PARALYMPIC KAYAK IN ATHLETE WITH AMPUTATION IN RIGHT LOWER LIMB: CASE STUDY

## **Juan Sebastián Mahecha Rivera.**

*Estudiante de Ciencias del Deporte de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.  
E-mail: kenzull@gmail.com*

## **Manuel Antonio Bernal Mañozca.**

*Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia.  
Licenciado en Educación Física de la Universidad Pedagógica Nacional.  
Maestría MBA Universidad Sergio Arboleda.  
Especialización en Docencia Universitaria U.D.C.A.*

## RESUMEN

---

El objetivo principal del presente estudio es analizar la técnica de remada de un deportista, con amputación en su miembro inferior derecho por arriba de la rodilla, en kayak paralímpico. El deportista analizado hace parte de la liga de canotaje de Bogotá, tiene 28 años, talla 176 cm, y pesa 70 Kg. Se realizó una captura de video, desde la vista del plano sagital derecho con eje transversal (ángulo avalado por la federación internacional de para-canotaje), con una cámara Kodak PixPro AZ52516, y se realizó el análisis con el programa SkillSpector. El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del parque Simón Bolívar, en la zona del lago. Los resultados muestran que el deportista genera

un mayor rango de movimiento de la columna hacia el costado en el que está la amputación, en el momento de realizar la remada a diferencia de un deportista convencional. Luego de finalizar el análisis, se encontró que el deportista mantiene una gran similitud de movimiento en su lado corporal contrario a la zona amputada, tanto en la fase de agarre del agua como en la fase de recobro en relación a los deportistas convencional, pero en contraste, en la zona amputada debe ejercer mayor rango de movimiento en la fase de agarre, al igual que en la fase de recobro. En principio, se debe tener en cuenta la tercera ley de Newton, tanto lineal como rotacional al momento de hacer el cambio de lateralidad para la remada, así mismo, tener en cuenta el balance con respecto a su centro de gravedad para poder determinar la correcta ejecución de la técnica de remada adaptada.

## ABSTRACT

---

The main objective of this study is to analyze the paddling technique of an athlete, with amputation in his right lower limb above the knee, in Paralympic kayak. The analyzed athlete is part of the boating league of Bogotá, is 28 years old, size 176 cm, and weighs 70 Kg.

A video capture was made, from the view of the right sagittal plane with transversal axis (angle supported by the international federation of para-boating), with a Kodak PixPro camera AZ52516, and analysis was performed with the SkillSpector program. The study was carried out in the Simón Bolívar park facilities, in the lake area. The results show that the athlete generates a greater range of movement of the column towards the side in which the amputation is, at the time of the paddling, unlike a conventional athlete. After completing the analysis, it was found that the athlete maintains a great similarity of movement on his body side contrary to the amputated area, both in the grip phase of the water and in the recovery phase in relation to conventional athletes, but in contrast, in the amputated area must exercise greater range of motion in the grip phase, as in the recovery phase. In principle, Newton's third law should be taken into account, both linear and rotational when making the change of laterality for the paddling, likewise, take into account the balance with respect to its center of gravity to be able to determine the correct execution of the adapted paddling technique.

## INTRODUCCIÓN

---

### **Contextualización.**

El deporte convencional se ha considerado como una actividad inherente al ser humano. Permite que el deportista se afiance, confíe en sí mismo y participe en el cambio social, de esta manera, se consolida como un hecho internacional (Alvis & Neira, 2013). En la actualidad, el deporte convencional goza de

una amplia cobertura internacional, teniendo como principales mediadores a la televisión, radio, periódicos e internet, que favorecen a la masificación y popularización de las actividades deportivas (Coy & Torres, 2009). Sin embargo, en el deporte adaptado, se aprecia que, su popularidad y masificación tienen un crecimiento más lento, debido a la falta de estudios y acogimientos sociales, culturales y económicos (Alvis & Neira, 2013).

El deporte adaptado son todas aquellas modificaciones, que se obtienen de los deportes convencionales, para la práctica de personas con algún tipo de situación de discapacidad o condición especial de salud (Moya, 2014). Debido a ésto, muchos de los deportes permiten que se realicen modificaciones a sus características, para ajustarse a las necesidades de un sin número de personas en situación de discapacidad. De esta manera, se han creado nuevas modalidades deportivas, a partir de las características de un determinado colectivo de personas en situación de discapacidad (Reina, 2014).

Desde el fin de la guerra en 1945, se generó un gran avance en la inclusión, vista desde diferentes esferas sociales, haciendo que las federaciones internacionales deportivas se dirijan a las federaciones nacionales y den los instructivos, para que acojan los deportes adaptados dentro de sus respectivas estructuras organizacionales y prácticas deportivas (Reina, 2014).

Una de las características del deporte adaptado es, que viene acompañado de la clasificación funcional, la cual define en qué estado de discapacidad se encuentra un deportista y clasifica desde un grado mínimo de discapacidad hasta un grado máximo de la misma dentro de una misma modalidad deportiva (Pérez, Reina & Sanz, 2008). En comparación con años anteriores, el deporte

paralímpico ha tenido un gran auge a nivel mundial, tal vez, debido a que, las nuevas tecnologías han permitido un gran avance en este campo, al igual que permite la correcta ejecución de medios y métodos de entrenamiento, adaptados a cada discapacidad (Coy & Torres, 2009).

Según el Comité Paralímpico Internacional (IPC, 2014), el deporte de velocidad en canoa, modalidad Kayak, nace mucho tiempo atrás, cuando era ideal para el transporte individual y se utilizaba principalmente para la caza y la pesca. Los países en los cuales tiene su origen son Estados Unidos, Siberia y Groenlandia. El deporte predomina principalmente en Europa, siendo el ganador del 90% de medallas en los campeonatos mundiales (ICF & COI, 2016). El kayak adaptado para personas en situación de discapacidad se dio a conocer como deporte paralímpico en el año 2016 en los juegos olímpicos de Rio de Janeiro, con una participación de 26 países con un total de 30 hombres y 30 mujeres (ICF & IPC, 2016).

El kayak paralímpico es un deporte que ha generado la participación de nuevos deportistas, permitiendo así, la competición entre los participantes en situación de discapacidad (Icf, 2015).

El kayak paralímpico está reglamentado, y posee una clasificación funcional, que permite crear una igualdad, según la discapacidad que tenga el deportista. Este aspecto brinda equidad en la competencia. La clasificación funcional tiene una gran importancia, debido a que es un factor clave para el deporte adaptado, porque una adecuada y pertinente clasificación funcional genera un espíritu olímpico y justo para todos los participantes (Moya, 2014).

## METODOLOGÍA

---

### Enfoque, Alcance y Diseño

El enfoque de la investigación es cuantitativo, debido a que como mencionan Hernández, et al., (2010), se procede a la recolección de datos cuantitativos y el análisis de los mismos, es estructurado y predeterminado. Es de diseño transversal, debido a que es llevada solo en un corto periodo de tiempo, y es de alcance exploratorio, debido a que es un tema poco estudiado.

Es un estudio de caso, debido a que como lo mencionan Hernández, Fernández, y Baptista (2010) es un diseño que, aunque no cumple con los requisitos de un experimento puro, al igual que, tampoco entra en manipulación de variables, aporta conocimientos sobre un fenómeno en deportistas destacados. En el campo del deporte, los análisis de modelos deportivos son guías para el entrenamiento y análisis de los demás deportistas en formación o ascenso.

### Población y Muestra

La población son los cuatro deportistas paralímpicos que hacen parte de la Liga de canotaje de Bogotá, tomando así solo un deportista, que tiene una amputación en miembro inferior derecho por arriba de la rodilla. Se trata de una muestra por conveniencia (Hernández y otros, 2010).

## Variables

Técnica de remada: Es la acción de empujar el agua con un remo, para transmitir la reacción de esa fuerza al kayak. Al ser un deporte cíclico, está compuesto por dos fases: una aérea de recuperación y una acuática de empuje del agua. (Izquierdo, 2008). Estas a su vez pueden ser subdivididas.

## Variables Cinemáticas.

Las variables cinemáticas que se consideraron en este estudio son: los recorridos de cuatro puntos corporales o centros articulares; y los ángulos generados durante la ejecución de la remada, con el movimiento de los segmentos brazo, antebrazo, muslo y tronco.

<b>Centros articulares (Puntos)</b>	<b>Hombro</b>	<b>cadera</b>	<b>codo</b>	<b>Muñeca</b>
Ángulo en Eje Z de los puntos articulares en fase Inicial.	X	X	X	X
Ángulo en Eje Z de los puntos articulares en fase principal.	X	X	X	X
Ángulo en Eje Z de los puntos articulares en fase final.	X	X	X	X

<b>Segmentos</b>	<b>Brazo</b>	<b>Antebrazo</b>	<b>Muslo</b>	<b>Tronco</b>
Ángulo en Eje Z de los puntos articulares en fase Inicial.	X	X	X	X
Ángulo en Eje Z de los puntos articulares en fase principal.	X	X	X	X
Ángulo en Eje Z de los puntos articulares en fase final.	X	X	X	X

## Hipótesis

Conociendo que, la discapacidad física del deportista afecta la técnica sobre el kayak y exige un cambio permanente de centro de gravedad, resulta una compensación permanente de otras partes del cuerpo, debidas a la falta de la extremidad amputada, que modifica la ejecución de movimiento, tanto para agarre como para arrastre del remo adentro del agua (Michael et al., 2012). Es por ésto, que analizando la técnica de la remada adaptada por el deportista, se puede esperar una variación en el movimiento de inclinación lateral de la columna, hacia el lado homolateral de la amputación, con disminución de la velocidad de rotación que produce el empuje, sin afectación de la fase de conducción.

## Técnica de observación y recolección de datos

Se realiza una filmación desde una vista del plano sagital derecho con eje transversal, la

cual es avalada por la ICF en el reglamento de clasificación, por medio de una cámara Kodak PixPro AZ525, que graba a 30 fotogramas por segundo, la toma se hizo desde agua, tomando como formato de filmación archivos .mp4 que debían ser convertidos a formato de archivos .avi y re-comprimirlos a formatos .avi2 para que el software pudiera leer el archivo final.

Criterios de observación

## Puntos articulares

Se considera un punto articular, la representación de una articulación, o unión entre los huesos, un hueso y un cartílago o entre tejido óseo y dientes (Coy & Torres, 2009). Para este estudio se utilizaron los siguientes puntos articulares, ya predefinidos por el programa a utilizar, y tienen predeterminados los parámetros inerciales: tobillo, rodilla, cadera, hombro, codo, muñeca.

### Ángulo en Eje Z de los puntos articulares en fase Inicial

Punto Articular	Fase	Tiempo %	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z Paralímpico (p)	Ángulo en Z Convencional (c)
Cadera	Conducción	0 %	0	85.40	97.08
		10 %	0.23	99.39	87.74
		20 %	0.46	93.50	78.39
		30 %	0.69	82.89	72.12

Tabla 1. Comparación entre el movimiento del punto angular de la cadera en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Inicial.

Para la fase de conducción, comprendida entre el 0% y el 30% del tiempo total de ejecución, y analizando solo el punto articular de la cadera, como factor determinante en la flexión y acomodación de todos los segmentos y centro de gravedad, el deportista paralímpico presenta ángulos de movimientos muy similares al deportista convencional. Los cambios angulares más

significativos se presentan al momento en que el remo está iniciando la fase media, alcanzando una diferencia de  $\pm 20^\circ$  con respecto al deportista convencional. Los cambios comienzan a ocurrir al momento en que el remo sale del agua y comienza a compensar la falta de extremidad, teniendo que ajustar su centro de gravedad.

Punto Articular	Fase	Tiempo	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z (p)	Ángulo en Z (c)
Cadera	Agarre	30%	0.69	82.89	72.12
		45 %	1.035	60.29	46.34
		60 %	1.38	59.14	47.02
		70 %	1.61	62.39	51.26

Tabla 1.1. Comparación entre el movimiento del punto angular de la cadera en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Medial.

En el agarre entre el 30% y el 70% del tiempo total, para esta fase el remo se encuentra en su máxima altura y preparándose para el ingreso al agua, el comportamiento de la cadera entre los dos deportistas comienza a generar un cambio significativo, en que se puede apreciar la

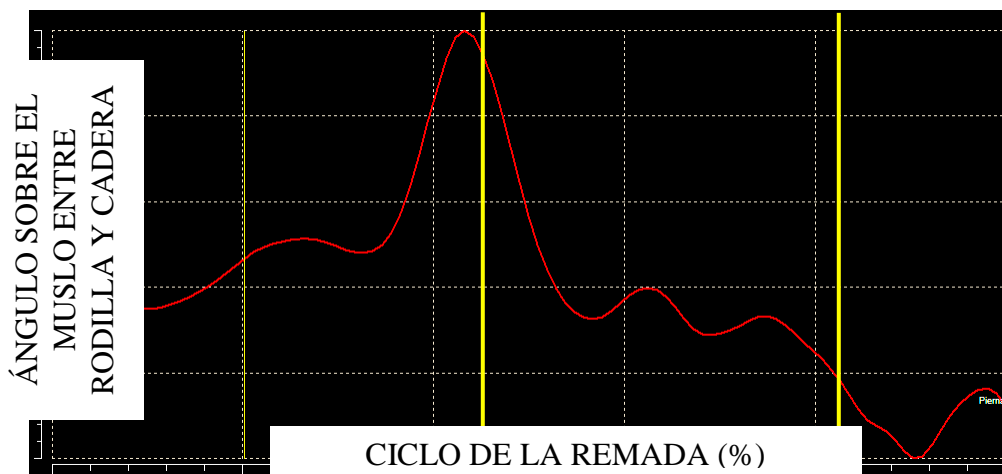
fuerza e intento de compensación del miembro inferior del deportista paralímpico el cual alcanza ángulos de  $\pm 15^\circ$  de diferencia con el deportista convencional, que no tiene la necesidad de compensar, debido a que posee toda su extremidad, y por ende, genera mayor peso.

Punto Articular	Fase	Tiempo	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z (p)	Ángulo en Z (c)
Cadera	Empuje	70%	1.61	62.39	51.26
		85 %	1.955	76.64	67.04
		90 %	2.07	91.14	87.74
		100 %	2.3	99.39	98.09

Tabla 1.2. Comparación entre el movimiento del punto angular de la cadera en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Final.

En la fase de empuje al momento en el que el remo comienza su descenso e ingresa al agua, la cadera del deportista paralímpico tiene un comportamiento similar al del deportista convencional, lo cual determina solo un aumento de  $\pm 10^\circ$  lo que determina que la extremidad no es un factor trascendental en esta fase del movimiento.

Gráfica 1. Ángulo generado por el movimiento del segmento del muslo del deportista paralímpico. Cada fase está delimitada en la gráfica por una línea amarilla.



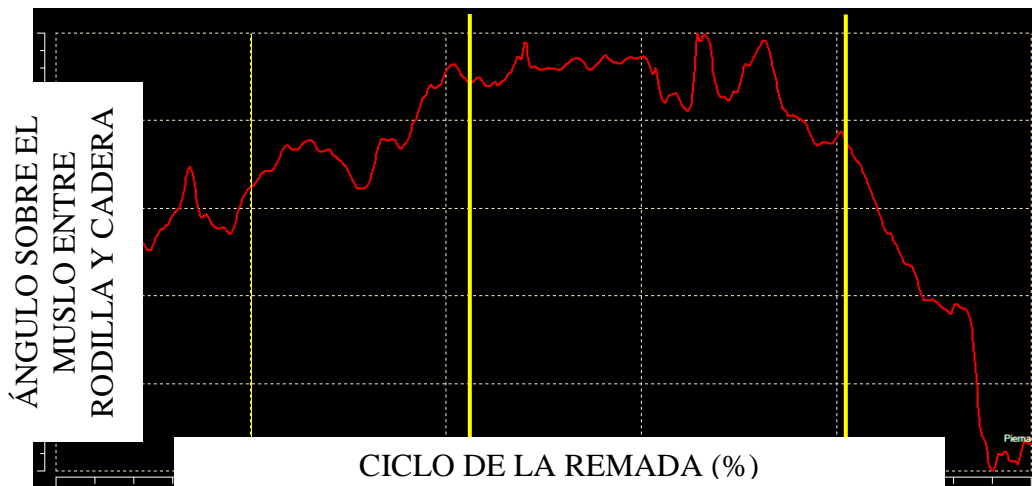
Gráfica 2. (Skillspector, Ángulo del segmento del muslo, 2017).

Como se puede apreciar, el segmento de la pierna comprendido entre los puntos articulares de la rodilla y cadera tiene una variación angular que desciende en mediaciones de la fase inicial debido al esfuerzo que se tiene que aplicar al kayak el deportista con su extremidad, debido a que para este momento el remo se encuentra llegando a la parte más alta del movimiento y desestabilizando al deportista por el lado de su miembro inferior; esta compensación sucede al momento que el deportista acomoda su centro de gravedad, ejerciendo mayor fuerza en su pierna amputada.

En la fase medial del movimiento la pierna tiene un comportamiento en que busca la compensación, en este caso al iniciar el movimiento en esta fase la pierna se encuentra en un estado constante de

movimiento, pero al momento en que el remo comienza su descenso y preparación para comenzar la siguiente fase el deportista comienza a levantar el segmento, debido al desplazamiento y cambio de lateralidad del remo, por ello, busca ejercer la fuerza, necesaria en la pierna amputada, desplazándola hacia arriba buscando el acomodo de su centro de gravedad, al momento en que el remo se encuentra en su punto medial, la pierna comienza su descenso y final acomodo en la fase final. En esta fase la pierna ya entra en estado de máxima fuerza debido al agarre del remo con el agua y la resistencia que está le ofrece al deportista, por ende, debe aplicar más fuerza en la pierna amputada para poder arrastrar el remo dentro del agua.

Gráfica 2. Ángulo generado por el movimiento del Segmento del muslo del deportista convencional. Cada fase está delimitada en la gráfica por una línea amarilla.



Gráfica 3. (Skillspector, Ángulo del segmento del muslo, 2017).

100

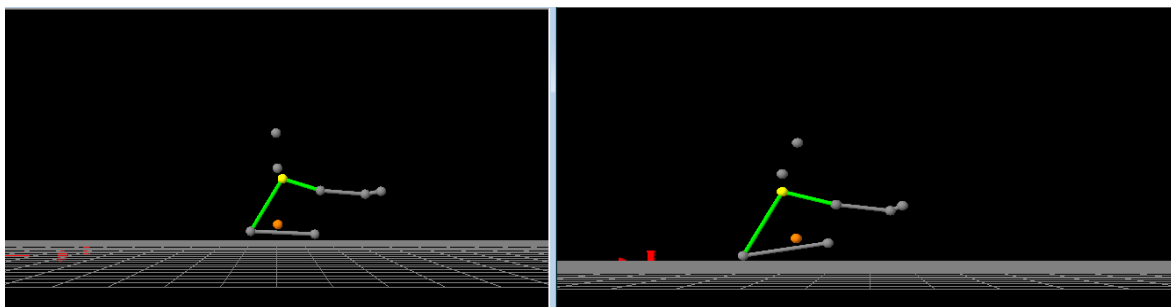
Al momento de analizar el segmento de la pierna del deportista convencional, su variación angular tiende a ascender, debido a que no es necesaria la compensación con el miembro inferior porque tiene un mayor control de su centro de gravedad. Ocurriendo así, una mayor efectividad del movimiento. En la presentación de la fase medial del movimiento, la pierna sigue ascendiendo, debido a que como tiene la compensación del pie apoyado en el kayak tiene la facilidad de

poder realizar una inclinación al otro costado del kayak, es por ésto, que el deportista tiende a aumentar el ángulo del segmento. Al iniciar la fase final del movimiento, se puede apreciar que hay un descenso en el ángulo debido al cambio y paso del remo al contactar con el agua, y en todo momento del arrastre de remo dentro del agua, la pierna tiende a estar ejerciendo presión sobre el kayak permitiendo que el arrastre sea más efectivo y con mayor fuerza.

Punto Articular	Fase	Tiempo	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z (p)	Ángulo en Z (c)
Hombro	Conducción	0 %	0	346.39	339.38
		10 %	0.23	306.43	320.40
		20 %	0.46	265.60	413.63
		30 %	0.69	110.59	450.26

Tabla 2. Comparación entre el movimiento del punto angular del hombro en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Inicial.





Gráficas para aclaración de los ángulos del deportista paralímpico y el convencional.

El análisis del punto articular del hombro lo podemos apreciar como una variación angular bastante significativa, al finalizar la fase de conducción, debido a que, el deportista debe acomodar con rapidez y compensar su falta de miembro inferior derecho con un movimiento no tan amplio del hombro. Presenta así, una limitación en la

amplitud del mismo. Mientras que el deportista convencional tiene una mayor amplitud y movimiento articular, tanto ascendente como horizontal, a favor de su miembro inferior, y rápido acomodo de centro de gravedad, el deportista paralímpico no goza de dicha libertad.

Punto Articular	Fase	Tiempo	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z (p)	Ángulo en Z (c)
Hombro	Agarre	30%	0.69	110.59	450.26
		45%	1.035	111.40	463.23
		60%	1.38	110.59	473.11
		70%	1.61	110.59	454.37

Tabla 2.1. Comparación entre el movimiento del punto angular del hombro en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Medial.

En la fase de agarre, el deportista paralímpico no puede alcanzar una altura adecuada con respecto al deportista convencional. Este debe compensar el movimiento del segmento del tronco el cual no le permite llegar más adelante un movimiento para aprovechar y alcanzar

mayor rango de movilidad, los cambios si son significativos a la hora de analizar a los dos deportistas, porque  $\pm 200^\circ$  de diferencia podemos apreciar. Esto nos lleva a considerar que la velocidad de movimiento se ve limitada en el deportista paralímpico.

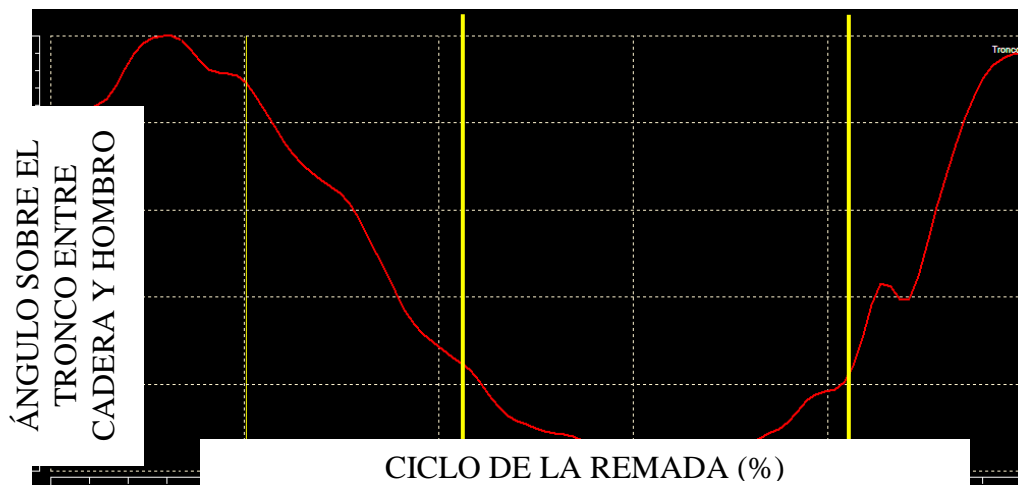
Punto Articular	Fase	Tiempo	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z (p)	Ángulo en Z (c)
Hombro	Empuje	70%	1.61	110.59	454.37
		85%	1.955	31.99	413.63
		90%	2.07	-30.40	365.15
		100%	2.3	-46.61	344.10

Tabla 2.2. Comparación entre el movimiento del punto angular del hombro en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Final.

Para esta fase, el remo se encuentra en su máxima altura y comienza el descenso hacia el agua y al cambio de lateralidad, por ende, se puede apreciar que el deportista paralímpico, desciende el punto articular más pronto que el deportista paralímpico, por lo

que da una gran ventaja al convencional, debido al máximo aprovechamiento de distancia.  $\pm 300^\circ$  de diferencia podemos apreciar en esta última fase, fase que determina la tracción del remo en el agua y permite el desplazamiento sobre la misma.

Gráfica 3. Ángulo generado por el movimiento del segmento del tronco del deportista paralímpico. Cada fase está delimitada en la gráfica por una línea amarilla.



Gráfica 4. (Skillspector, Ángulo del segmento del tronco, 2017).

100

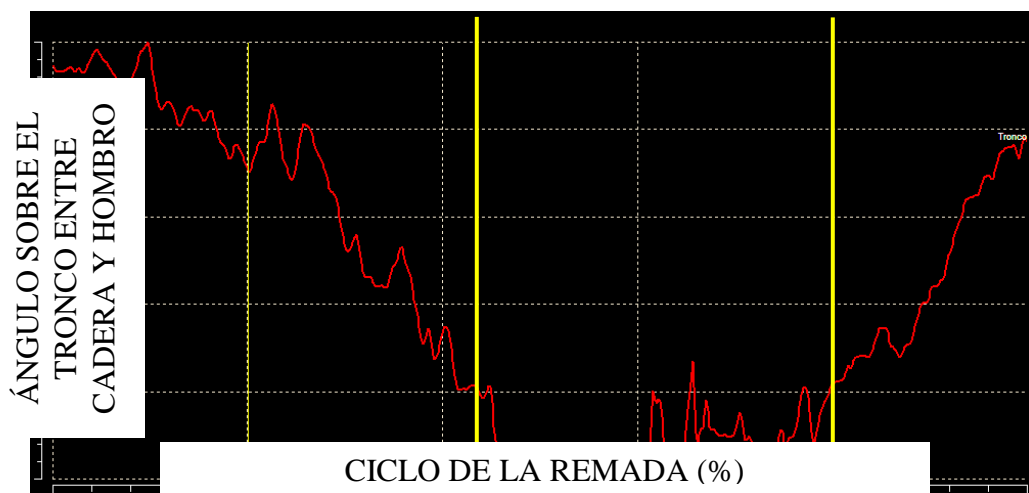
El segmento del tronco comprendido como los puntos articulares entre la cadera y el hombro muestran como el deportista necesita limitar el rango de movilidad horizontal del segmento debido a que debe compensar su falta de miembro inferior, por lo tal, se le dificulta hacer movimientos más

amplios antes de llegar a la fase medial. En esta fase se puede observar como el tronco tiende a disminuir su ángulo, tanto a un punto de no movimiento en que el movimiento del remo se ve limitado a la hora de poder agarrar mayor agua para el impulso del kayak, esto debido a la falta de miembro

inferior, porque el deportista no tiene como compensar e inclinar el tronco para un mayor agarre por parte del remo, al entrar a la fase final, el tronco vuelve a iniciar movimiento con respecto al arrastre del agua, devolviendo

el movimiento y volviendo a ejercer amplitud angular. Al momento de finalizar y el remo salir del agua vuelve a su posición de inicio del movimiento.

Gráfica 4. Ángulo generado por el movimiento del segmento del tronco del deportista convencional. Cada fase está delimitada en la gráfica por una línea amarilla.



Gráfica 5. (Skillspector, Ángulo del segmento del tronco, 2017).

100

En contraste el deportista convencional tiene la capacidad de ejercer movimientos más amplios, aprovechando un mayor alcance de movimiento del remo en su fase inicial. Teniendo en cuenta, el aprovechamiento de sus miembros inferiores puede ejercer mayores amplitudes por eso su tronco tiene la facilidad de realizar un rango de movilidad horizontal. En la fase medial del movimiento, el deportista tiende a inclinar

con mayor efectividad el tronco ejerciendo una disminución angular, debido a la búsqueda de amplitud del remo con respecto al agua, una vez ingresado comienza la fase final que es el arrastre de la misma, devolviendo el tronco con respecto se va arrastrando y rompiendo la resistencia del agua. Es aquí, en donde se ve el cambio angular al inicio de la fase final, tomando un ascenso considerable del tronco.

Punto Articular	Fase	Tiempo	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z (p)	Ángulo en Z (c)
Codo	Conducción	0 %	0	115.75	141.00
		10 %	0.23	194.02	204.18
		20 %	0.46	268.27	124.40
		30 %	0.69	300.40	369.58

Tabla 3. Comparación entre el movimiento del punto angular del codo en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Inicial.

En la fase de conducción el codo no presenta considerables cambios entre los dos deportistas, teniendo un cambio de  $\pm 50^\circ$  que permite que ambos deportistas maniobren y controlen el remo de igual manera, teniendo

por entendido que el deportista paralímpico no necesita ejercer más fuerza o compensar su falta de miembro inferior en esta fase del movimiento.

Punto Articular	Fase	Tiempo	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z (p)	Ángulo en Z (c)
Codo	Agarre	30%	0.69	300.40	369.58
		45%	1.035	310.83	350.65
		60%	1.38	308.34	355.40
		70%	1.61	309.54	349.51

Tabla 3.1. Comparación entre el movimiento del punto angular del codo en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Medial.

En la fase agarre al momento del remo encontrarse en su máxima altura y comenzar el cambio de lateralidad para aproximarse a la fase final, el deportista paralímpico tiene un menor rango de movimiento angular, porque

su cambio con el remo debe ser más pronto, debido a que tiene que compensar y modificar el centro de gravedad con mayor brusquedad, aclarando que la diferencia entre los dos deportistas es de tan solo  $\pm 40^\circ$ .

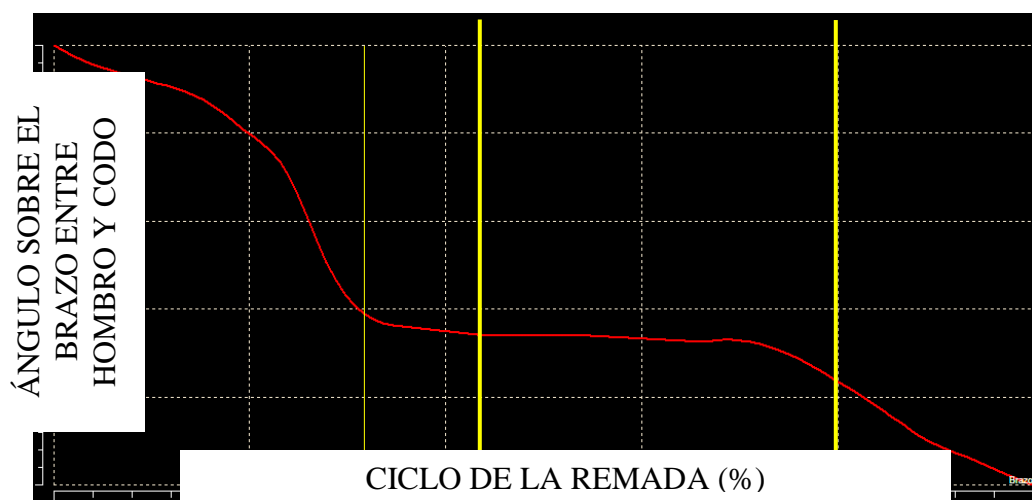
Punto Articular	Fase	Tiempo	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z (p)	Ángulo en Z (c)
Codo	Empuje	70%	1.61	309.54	349.51
		85%	1.955	330.90	380.41
		90%	2.07	335.76	392.59
		100%	2.3	340.09	409.40

Tabla 3.2. Comparación entre el movimiento del punto angular del codo en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Final.

Al momento de comenzar el descenso del remo y su consiguiente entrada al agua para comenzar el arrastre el codo comienza a modificar sus acciones, teniendo el deportista que generar mayor fuerza y hacer los ángulos y movimientos más rápidos buscando sustentar la pérdida de extremidad, llegando así, a tener unos  $\pm 20^\circ$  de diferencia

comparado con el deportista convencional, quien no presenta problema en ingresar y ejercer fuerza en el remo para la tracción del agua, este puede con mayor facilidad llegar a los rangos más amplios de movimiento del remo, porque su centro de gravedad no se ve modificado en tantas ocasiones.

Gráfica 5. Ángulo generado por el movimiento del segmento del brazo del deportista paralímpico. Cada fase está delimitada en la gráfica por una línea amarilla.



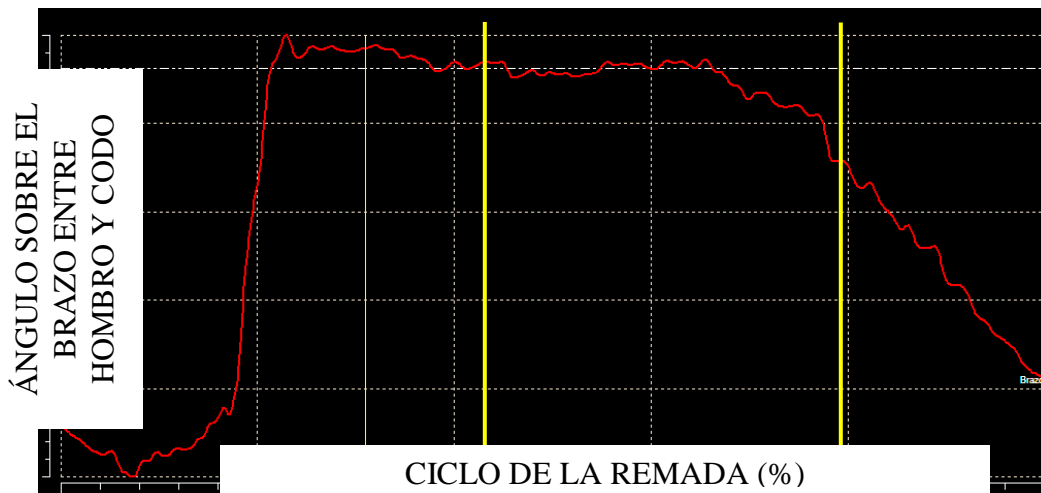
Gráfica 6. (Skillspector, Ángulo del segmento del brazo, 2017).

100

El segmento del brazo comprendido entre los puntos articulares del hombro y el codo, el deportista paralímpico debe ejercer un movimiento más limitado del codo al momento de la elevación y finalización de la fase inicial del movimiento, esto debido a la falta de amplitud del segmento del tronco, porque no cuenta con la facilidad de tener un mayor rango de amplitud en busca de aprovechamiento de agarre del agua por medio del remo. El codo debe moverse con respecto a mencionada amplitud, y por ello,

debe realizar un descenso angular. Al iniciar la fase medial, el deportista debe comenzar a llevar hacia adelante el remo y cambiar de lateralidad el mismo, es por ello, que su brazo tiende a quedar en la misma posición y ángulo durante el cambio del remo, teniendo una variación angular nula, pero al entrar a la fase final en que el remo comienza su descenso e ingreso al agua, el brazo tiende a descender de igual manera, porque debe hacer que el remo ingrese al agua para comenzar el arrastre de la misma.

Gráfica 6. Ángulo generado por el movimiento del segmento del brazo del deportista convencional. Cada fase está delimitada en la gráfica por una línea amarilla.



Gráfica 7. (Skillspector, Ángulo del segmento del brazo, 2017).

100

A comparación con el segmento del brazo del deportista convencional, éste puede y tiene un mayor movimiento y alcance en su articulación, debido a su posibilidad de alcanzar un mayor rango en el segmento del tronco, esto permite que el deportista pueda llegar a un ascenso del ángulo del codo y pueda aprovechar el agarre del agua en las siguientes fases. Al igual que sucede con el deportista paralímpico el brazo entra en un

movimiento, en que el remo debe cambiar de lateralidad por consiguiente el brazo no ejecuta movimientos de variación angular brusca, siendo que se puede apreciar un cambio nulo de ángulo, pero al momento de comenzar la fase final del movimiento, el brazo comienza un descenso para que el remo pueda entrar en contacto con el agua y comenzar el arrastre y poder movilizar el kayak.

Punto Articular	Fase	Tiempo	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z (p)	Ángulo en Z (c)
Muñeca	Conducción	0 %	0	433.05	414.62
		10 %	0.23	390.16	414.62
		20 %	0.46	429.97	464.36
		30 %	0.69	442.88	450.15

Tabla 4. Comparación entre el movimiento del punto angular de la muñeca en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Inicial.

El punto articular de la muñeca en la fase de conducción no presenta cambios significativos en comparación con los dos deportistas, porque en esta fase el remo está saliendo del agua y comenzando y ascenso, llegando casi a su máxima altura, los

movimientos ejercidos por la articulación de la muñeca estas determinados al manejo y a maniobrar del remo en todo momento, por lo cual, la diferencia entre los dos deportistas está en  $\pm 20^\circ$  en su posición durante el movimiento.

Punto Articular	Fase	Tiempo	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z (p)	Ángulo en Z (c)
Muñeca	Agarre	30%	0.69	442.88	450.15
		45%	1.035	430.97	470.36
		60%	1.38	469.89	447.78
		70%	1.61	449.76	447.80

Tabla 4.1. Comparación entre el movimiento del punto angular de la muñeca en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Medial.

Para la fase de agarre la muñeca se encuentra en un punto en el cual debe cambiar de lateralidad el remo para comenzar la fase final y de ingreso al agua, por lo que los cambios angulares entre los dos deportistas si, son diferenciados, porque al cambiar de lateralidad, el deportista

paralímpico debe compensar la falta de extremidad con la fuerza aplicada al remo, los cambios son de  $\pm 40^\circ$  lo que indica, que los deportistas deben ejercer fuerza para el cambio de lado, pero no significa que los cambios sean significativos.

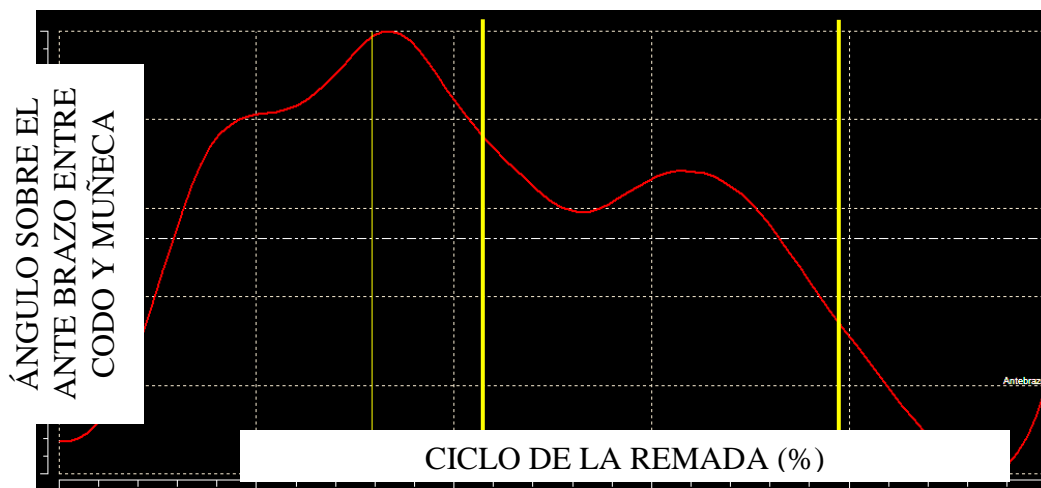
Punto Articular	Fase	Tiempo	Tiempo en Segundos	Ángulo en Z (p)	Ángulo en Z (c)
Muñeca	Empuje	70%	1.61	449.76	447.80
		85%	1.955	430.05	440.60
		90%	2.07	429.89	435.20
		100%	2.3	398.18	431.89

Tabla 4.2. Comparación entre el movimiento del punto angular de la muñeca en el deportista paralímpico y el convencional en eje Z. Fase Final.

Al entrar a la fase empuje y el remo al ingresar al agua y comenzar la tracción de la misma, la muñeca entra en un movimiento constante, que no necesita de variación por lo

cual, los dos deportistas manejan y maniobran el remo, sin un cambio angular considerable.

Gráfica 7. Ángulo generado por el movimiento del segmento del antebrazo del deportista convencional. Cada fase está delimitada en la gráfica por una línea amarilla.



Gráfica 8. (Skillspector, Ángulo del Segmento del antebrazo (p), 2017).

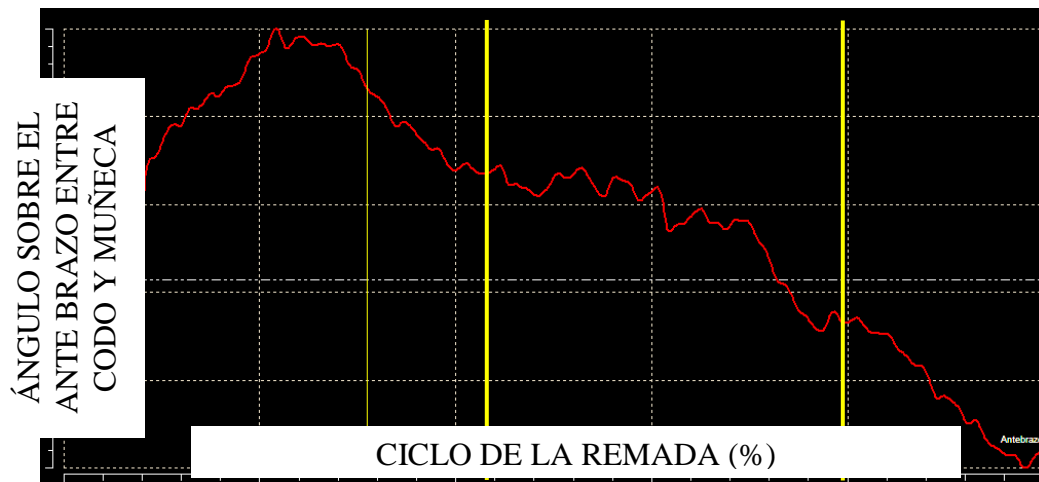
100

El segmento del antebrazo está determinado entre los puntos articulares del codo y la muñeca, dicho segmento es el encargado de darle la dirección al remo y en él recae todo el peso del mismo, por lo cual, se puede apreciar que el deportista paralímpico puede y tiene toda la capacidad de maniobrar y controlar el remo, sin tener en consideración los segmentos anteriores, esto debido a que, sin importar las amplitudes alcanzadas o limitadas por los segmentos que

le presiden, el control del remo si, va a depender netamente del antebrazo. En la fase medial del movimiento el antebrazo tiende a descender su ángulo, debido a que debe bajar el nivel del remo para completar el ciclo de la remada, siendo que al comenzar el descenso este comienza con el ingreso a la fase final que es la introducción del remo al agua y comienzo de la tracción, por ende, el antebrazo tiende a descender en todo momento bajo estas circunstancias.



Gráfica 8. Ángulo generado por el movimiento del segmento del ante brazo del deportista convencional. Cada fase está delimitada en la gráfica por una línea amarilla.



Gráfica 9. (Skillspector, Ángulo del segmento del antebrazo (c), 2017).

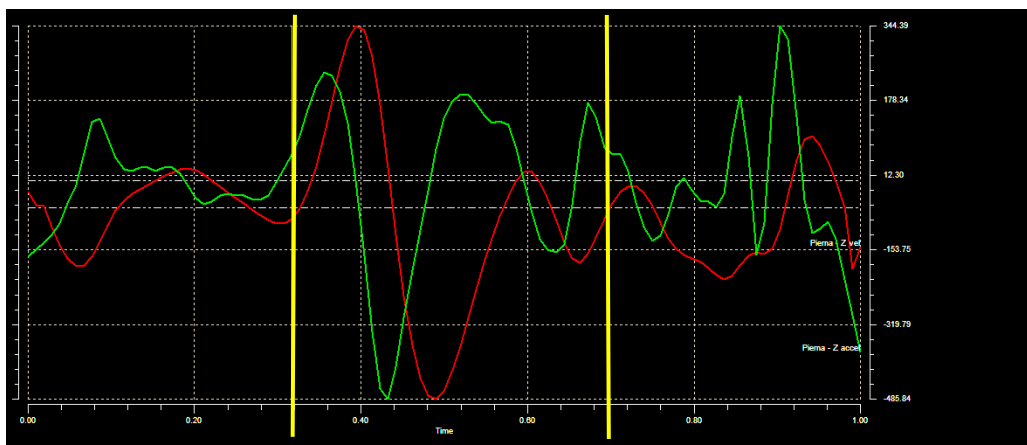
100

Al igual que en el deportista paralímpico, el control del remo tiende a necesitar un ascenso angular del segmento del antebrazo, haciendo que el remo pueda alcanzar una amplitud necesaria para ejercer el movimiento del remo. El deportista convencional teniendo mayor amplitud en los segmentos que presiden al antebrazo, no demuestra amplitudes diferenciales con el deportista paralímpico, porque como fue mencionado, este segmento es el encargado de la dirección y funcionamiento adecuado

del remo, sin importar en gran medida de los rangos anteriores. De igual manera, como sucede con el deportista paralímpico, el antebrazo tiende a descender su ángulo con forme el remo va cambiando de posición y se va disponiendo a entrar en el agua. En la fase final, el remo ya comienza en contacto con el agua y, por ende, el antebrazo comienza su completo descenso durante el recorrido del remo adentro del agua, finalizando en un ascenso al momento de ingresar nuevamente a la fase inicial.

## Análisis de la velocidad angular y aceleración angular de los segmentos corporales.

Gráfica 9. Velocidad Angular y Aceleración Angular del Deportista Paralímpico en Segmento del muslo. Cada fase está delimitada en la gráfica por una línea amarilla.

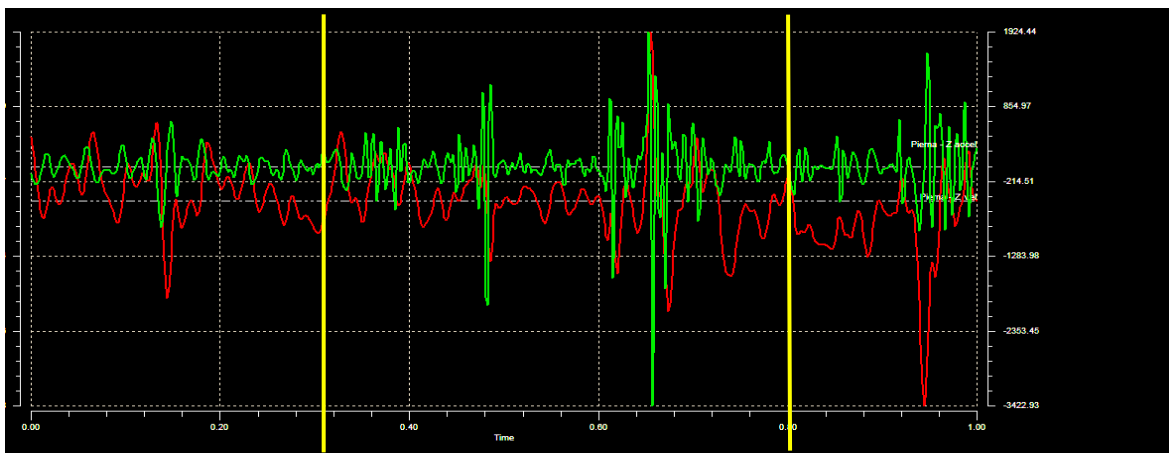


Gráfica 10. (Skillspector, Velocidad y aceleración angular del segmento del muslo (p), 2017).

En el segmento del muslo durante la primera fase del movimiento la aceleración tiene un comportamiento ascendente, por lo que mientras que la aceleración aumenta la velocidad, también, tan pronto como se acerca al final de la fase inicial y comienzo de la fase media la aceleración disminuye, debido a que la velocidad es constante, pero al momento de entrar en la fase medial se incrementa la aceleración, debido a que el remo está llegando a la máxima altura

entrando en desaceleración, porque el remo comienza su cambio de dirección. Por consiguiente, mientras el kayista hace el cambio de lateralidad del remo presenta una aceleración negativa al igual que una velocidad negativa. Como se puede apreciar en la fase final la aceleración va cambiando y la velocidad se mantiene constante, debido a que el remo en este momento se encuentra rompiendo la resistencia del agua, por ende, el deportista debe ejercer mayor fuerza.

Gráfica 10. Velocidad Angular y Aceleración Angular del Deportista Convencional en Segmento del muslo. Cada fase está delimitada en la gráfica por una línea amarilla.



Gráfica 11. (Skillspector, Velocidad y aceleración angular del segmento del muslo (c), 2017).

## CONCLUSIÓN

En el análisis presentado sobre la técnica del deportista paralímpico con amputación de miembro inferior derecho por debajo de la rodilla, se puede identificar que las fases del gesto técnico en su totalidad con el deportista convencional. Se logró identificar las fases del movimiento en el gesto técnico realizado por el deportista paralímpico, para el cual se determinó, que el movimiento del tronco hacia adelante se amplía para el deportista convencional.

De igual modo, se analizaron las variables cinemáticas y se determinaron los factores influyentes en la adaptación de la técnica. Se encontró, que los segmentos funcionan en la misma forma en las tres fases del movimiento, el gesto deportivo no se ve diferenciado. El comportamiento de cada segmento analizado independientemente y comparado directamente entre los dos deportistas, da una muestra muy particular, la cual determina que los segmentos trabajan

y cubren las mismas necesidades a la hora de realizar el gesto técnico. Tras lo anterior, se logró comparar la técnica del deportista paralímpico con la del deportista convencional llegando a encontrar ajustes en la técnica por parte del deportista con amputación.

En cuanto al análisis los movimientos de los puntos articulares, los cambios que se presentaron entre los dos deportistas si llegan a ser considerables, teniendo como referente, que al deportista paralímpico le hace falta su extremidad derecha, y debe compensar dicha falta. En los puntos articulares de la extremidad superior, los cambios angulares no son tan significativos, debido a que el manejo del remo en técnica funciona igual para los dos deportistas, la diferencia entre los puntos articulares de codo y muñeca solo es de  $\pm 20^\circ$  para todas las fases del movimiento, teniendo un mayor rango de diferencia en la fase final, que necesita mayor fuerza para poder romper la resistencia del agua.

El punto articular de la cadera es el otro punto que menos diferencia presenta a la hora de analizar y comprar entre los dos deportistas, porque los movimientos en este punto articular sólo varían conforme el kayak sube o baja con respecto a las olas creadas por el agua, de esta misma manera, la cadera sufre una modificación de gran diferencia  $\pm 50^\circ$  para el deportista paralímpico, quien debe compensar y acomodar su centro de gravedad y su cuerpo en el kayak para poder estabilizarse en la superficie inestable en la que se encuentra.

Sí, se analiza el punto articular de la cadera en conjunto con el punto articular del hombro, se puede entrar al análisis del segmento del tronco, que es el segmento de mayor diferencia entre los dos deportistas. Así que hay que concluir, que el deportista paralímpico, debido a su falta de extremidad no puede ejercer movimientos amplios y de modificación angular, porque no tiene como compensar el peso en el kayak al momento de realizar la flexión del segmento intentando llevar a mayor amplitud los segmentos de la extremidad superior. La diferencia con el

deportista convencional es que él, si tiene como compensar el peso y como mantener la estabilidad en el kayak, a la hora de buscar un mayor agarre del agua, por ésto, el deportista puede tener una mayor tracción y mayor velocidad del kayak sobre el agua, teniendo una diferencia de  $\pm 250^\circ$  entre los dos deportistas.

Con lo anteriormente mencionado, se llega a la conclusión que, el punto articular más diferenciado es el del hombro y que es debido a que la movilidad del segmento tronco se amplía, para que la extremidad superior y el hombro se desplacen más hacia adelante en el deportista paralímpico. De tal manera, el agarre del agua con el remo en el deportista paralímpico no se acorta como el del deportista convencional, lo que hace que el tiempo de desplazamiento y la duración del ciclo de remada cambien considerablemente. El ángulo de diferencia entre los dos deportistas supera los  $\pm 250^\circ$  que nos da a entender que el aprovechamiento del agarre del agua por parte del deportista convencional es mayor y así mismo su desplazamiento sobre el agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Alvis, M., & Neira, N. (2013). Determinantes sociales en el deporte adaptado en la etapa de formación deportiva. Un enfoque cuantitativo A quantitative approach to sports training-adapted social determinants concerning sport. *Rev. Salud Pública*, 15(6), 809-822.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica. Paidotribo* (Vol. 18).
- Coy, N., & Torres, C. (2009). *Regularidades Cinemáticas de la natación estilo braza en una persona con lesión medular SB4*.
- Guzmán, O. (2013). Certificación de discapacidad como herramienta para la accesibilidad a derechos e inclusión social TT - Disability certification as a tool for gaining access to human rights and social participation. *Revista de Salud Pública*, 15(1), 149-157.
- Icf, & Ipc. (2015). International canoe federation - classification rules and regulations, (January).
- Icf. (2015). Kayak classifier's Manual, 1, 1-14.

- Lemaire, E., & Lamontagne, M. (2017). A technique for the determination of center of gravity and rolling resistance for tilt-seat. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 28(3).
- Paralympic Committee (2017). Athlete Reference Guide.
- Pérez, J., Reina, R., & Sanz, D. (2008). La Actividad Física Adaptada para personas con discapacidad en España: perspectivas científicas y de aplicación actual. *Cultura, Ciencia Y Deporte*, 7(21), 213–224.
- Suárez, R. (2009). *Biomecánica Deportiva y Control del Entrenamiento*.
- Zvonar, M., Kolarova, K., Zahradnicek, V., Reguli, Z., & Vit, M. (2012). Kinematic Analysis in Combative Sports, 12(4), 12–19.

## WEBGRAFIA

---

- Buckeridge, E., Bull, A., & McGregor, A. (2015). Biomechanical determinants of elite rowing technique and performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(2), e176–e183. <https://doi.org/10.1111/sms.12264>
- Day, A., Campbell, I., Clelland, D., Doctors, L., & Cichowicz, J. (2011). Realistic evaluation of hull performance for rowing shells, canoes, and kayaks in unsteady flow. *Journal of Sports Sciences*, 29(10), 1059–1069. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.576691>
- Dey, S., Bandyopadhyay, A., Jana, S., & Ganguly, S. (2015). Effect of training on Motor Ability Parameters and Rowing Ergometer Performance of Indian Junior Female Rowers. *Biology of Exercise*, 11(2), 33–53. Retrieved from <http://ezproxy.lib.monash.edu.au/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=110378214&site=ehost-live&scope=site>
- Fagher, K., & Lexell, J. (2014). Sports-related injuries in athletes with disabilities. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(5), e320–e331. <https://doi.org/10.1111/sms.12175>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación. Metodología de la investigación*. <https://doi.org/10.1002/9789275329139> ISBN 978-92-75-32913-9
- Izquierdo, M. (2008). Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte, 777. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=F4I9092Up4wC>
- Jaarsma, E., Dijkstra, P., Geertzen, J., & Dekker, R. (2014). Barriers to and facilitators of sports participation for people with physical disabilities: A systematic review. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 31, 1–11. <https://doi.org/10.1111/sms.12218>
- Kim, D., Park, J., & Jeong, M. (2014). Influences of posterior-located center of gravity on lumbar extension strength, balance, and lumbar lordosis in chronic low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 27(2), 231–237. <https://doi.org/10.3233/BMR-130442>
- Massó, X., & Colado, J. (2010). Muscular Activity of the Posterior Deltoid During Swimming vs. Resistance Exercises on Water and Dry Land. *International Journal of Aquatic Research & Education*, 4(1), 61–69. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sph&AN=47813332&site=ehost-live>

- McDonnell, L., Hume, P., & Nolte, V. (2012). An observational model for biomechanical assessment of sprint kayaking technique. *Sports Biomechanics*, 11(4), 507–523. <https://doi.org/10.1080/14763141.2012.724701>
- McKean, M., & Burkett, B.. (2014). The influence of upper-body strength on flat-water sprint kayak performance in elite athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4), 707–714. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2013-0301>
- Michael, J., Rooney, K., & Smith, R. (2012). The dynamics of elite paddling on a kayak simulator. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 661–668. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.655303>
- Moya, R. (2014). Informate Sobre... Deporte Adaptado. *Ceapat-Imsero*, 5, 1–99.
- Ogurkowska, M., Kawalek, K., & Zygmanska, M. (2015). Biomechanical characteristics of rowing. *Trends in Sport Sciences*, 22(2), 61–69. Retrieved from <http://0-search.ebscohost.com.library.ucc.ie/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=103675578&site=ehost-live>
- Oliveira, T., Dascombe, B., Bullock, N., & Coutts, A. (2015). Physiological characteristics of well-trained junior sprint kayak athletes. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 10(5), 593–599. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0292>
- Reina, R. (2014). Inclusión en deporte adaptado: dos caras de una misma moneda. *Psychology, Society, & Education*, 6, 55–67. Retrieved from <http://www.psyse.org/articulos/reina.pdf>
- Stastny, P., Maszczyk, A., Tomankova, K., Kubovy, P., Richtrova, M., Otahal, J., ... Ciężczyk, P. (2015). Kinetic and Kinematic Differences in a Golf Swing in One and Both Lower Limb Amputees. *Journal of Human Kinetics*, 48(1), 33–41. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0089>
- Stutchfield, B., & Coleman, S. (2006). The relationships between hamstring flexibility, lumbar flexion, and low back pain in rowers. *European Journal of Sport Science*, 6(4), 255–260. <https://doi.org/10.1080/17461390601012678>
- Supej, M., Hébert, K., & Holmberg, H. (2015). Impact of the steepness of the slope on the biomechanics of world cup slalom skiers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(3), 361–368. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0200>
- Varley, M., Fairweather, I., & Aughey, R. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *Journal of Sports Sciences*, 30(2), 121–127. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.627941>
- Vaverka, F., Elfmark, M., Svoboda, Z., & Janura, M. (2015). System of gait analysis based on ground reaction force assessment. *Acta Gymnica*, 45(4), 187–193. <https://doi.org/10.5507/ag.2015.022>
- Wilhite, B., Martín, D., & Shank, J. (2016). Facilitating Physical Activity among Adults with Disabilities. *Therapeutic Recreation Journal*, L(1), 33–54. <https://doi.org/10.18666/TRJ-2016-V50-I1-6790>
- Wilson, F., Gissane, C., & McGregor, A. (2014). Ergometer training volume and previous injury predict back pain in rowing; strategies for injury prevention and rehabilitation. *British Journal of Sports Medicine*, 48(21), 1534–1537. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093968>