

# Análisis biomecánico de la esgrima mediante sistemas optoelectrónicos de análisis de movimiento. Estudio de caso: deportista de alto rendimiento

Andrea Torres Ruiz<sup>1,Ψ</sup>

<sup>1</sup> Programa de Ingeniería Biomédica. Grupo de Instrumentación y Rehabilitación Biomédica. Universidad Manuela Beltrán  
Recibido 2 de agosto de 2007. Aceptado 19 de noviembre de 2007.

---

**Resumen**— En este artículo se presenta el estudio de la técnica deportiva para esgrima por medio de un análisis biomecánico, realizado con ayuda de sistemas optoelectrónicos que capturan en tiempo real los dos gestos más destacados, el paso adelante y el fondo, con el objetivo de caracterizar digitalmente la biomecánica para su posterior análisis cinemático y de esta manera describir la técnica que tiene el deportista en la ejecución del movimiento. Con este estudio se lograron caracterizar de una forma cuantitativa las curvas de posición, ángulos articulares, velocidades y aceleraciones de cada uno de los marcadores situados en el cuerpo del deportista. Este estudio se realizó en un deportista de alto rendimiento, destacado en la modalidad de espada.

**Palabras Clave**— Análisis de movimiento, Biomecánica deportiva, Esgrima.

**Abstract**— This article presents the study of fencing techniques through biomechanical analysis, using optoelectronic systems that capture in real time two main gestures: advance and lunge, with the objective to digitally characterize the biomechanics, for its further kinematical analysis to describe the fencer's technique in the movement execution. This study was made to characterize position curves, joint angles, velocity and acceleration of each of the markers located on the athlete's body, in a quantitative manner. This study was developed on a high performance athlete in sword modality.

**Keywords**— Movement analysis, Sports biomechanics, Fencing.

---

## I. INTRODUCCIÓN

La esgrima es una modalidad antigua, que por su elegancia y su presencia es reconocida en muchas partes del mundo. Es una disciplina que utiliza armas blancas y actualmente se caracteriza porque se realizan acciones rápidas y precisas. Los competidores están capacitados con movimientos técnicos y tácticos que les permiten desarrollar estrategias para tocar sin ser tocados [1].

En el campo deportivo, el proceso de entrenamiento y preparación técnica es de gran importancia para las exigencias deportivas. La investigación de la técnica deportiva realizada con acciones correctivas y exigencias de

precisión desde el punto de vista del desarrollo del movimiento y del análisis biomecánico ocupa un gran porcentaje del tiempo de entrenamiento para el entrenador y el deportista. La formación técnica debe ser desarrollada al igual que las demás cualidades físicas que contribuyen al rendimiento [2, 3].

Desde hace muchos años, los profesionales del deporte incluyendo entre éstos a los entrenadores, médicos deportólogos y deportistas, realizan los análisis en la técnica deportiva de una forma cualitativa, la cual nos permiten observar de forma precisa los errores y riesgos que un deportista puede estar cometiendo en el momento de desarro-

llar la técnica [4, 5]. Hoy en día, gracias al avance tecnológico, se están utilizando sistemas para la captura de los movimientos, por medio de cámaras de alta velocidad y softwares especializados que permiten observar de una forma más precisa los movimientos de cada uno de los marcadores ubicados en el cuerpo del paciente, en diferentes disciplinas médicas, incluyendo la medicina deportiva [5]. El análisis de movimiento por medio de sistemas de captura avanzados es una de las formas más efectivas de controlar el comportamiento técnico de un deportista. Estas técnicas han sido utilizadas en algunos países desarrollados de Europa, especialmente en España, con el Kinescan/IB®, que es un sistema completo de análisis de movimientos en 3D basado en tecnología de video digital, que proporciona información acerca del movimiento tridimensional de las personas o de los objetos en el espacio y con el cual se pueden calcular datos más complejos, como son velocidades, aceleraciones, impulsos mecánicos, momentos angulares o energías, para caracterizar aspectos de movimiento como la eficiencia, el grado de normalidad del gesto y la regularidad en la ejecución del movimiento [6].

Otro de los sistemas es el Motion Captor software®, que contiene a su vez varios programas especializados

como Clima, Golf Analysis Software, Swimming Analysis Software y 3D Soccer Captor, para realizar análisis de movimiento clínico en el deporte [7], con la finalidad de estudiar estrategias competitivas y de formación. Los datos biomecánicos aportados permiten precisar las metas de un programa de entrenamiento y conocer la técnica que emplean los deportistas [4].

Es importante resaltar el hecho de que en la disciplina de esgrima los estudios que se han realizado son pocos, pero de forma análoga, se puede utilizar esta clase de sistemas de captura de movimiento para describir la técnica del deportista al momento de ejecutar el gesto. Se pueden analizar las curvas y los rangos de movimiento y aplicar las correcciones necesarias de la técnica, una vez se obtengan los resultados cuantitativos.

Los gestos básicos para combatir en esgrima son guardia, paso atrás, paso adelante y fondo. Existen los gestos complejos como la flecha, desaparición, las paradas defensivas, los ataques y contraataques [1], pero los analizados en el presente estudio fueron paso adelante y fondo.



Fig.1. Desplazamiento, paso adelante. Fotos del video realizado en la Liga de Bogotá, Zarate N., Torres J., 2006 [16].

El paso adelante y atrás son desplazamientos en esgrima en los que se realiza un cambio de posición en la pista, puede ser paso adelante lento y rápido y paso atrás lento y rápido, dependiendo de la estrategia que utilice el deportista en el combate, como se observa en la Fig. 1 [1].

El paso adelante es el primer movimiento que se debe aprender, luego de la puesta en guardia, que es simplemente el comienzo y terminación del combate. Cuando los dos oponentes están en la pista, antes de que el juez dé la señal de inicio del combate, los dos se encuentran en un estado de reposo. Sus músculos, aunque no están completamente relajados, sí permanecen en un estado de reposo, preparados para comenzar el combate [1].

Lo que precede la guardia es el paso adelante, o dependiendo de la táctica o estrategia del competidor, paso atrás. El papel que cumple este gesto es ubicar al deportista a una distancia adecuada para realizar alguna acción defensiva u ofensiva [3]. En el caso del paso adelante las acciones ofensivas son más frecuentes y antes de completar la acción existe una fase de preparación comúnmente llamada en esgrima finta o preparación [1].

El paso atrás es más frecuente en acciones defensivas y contraataques; dependiendo de la potencia de la pierna contraria a la del brazo dominante, se pueden esquivar las acciones ofensivas del contrario. Por esta razón, la esgrima es un conjunto de muchos factores físicos, técnicos, tácticos y psicológicos [1].

La Fig. 2 indica el gesto del fondo, en el que se realiza la extensión del brazo, seguida del lanzamiento, vuelco y caída de la pierna correspondiente al brazo armado, impulsada por la otra pierna. Se estira rápidamente el brazo armado sin rigidez, mientras el cuerpo sigue inmóvil y la mano del brazo armado llega a situarse a la altura del hombro. Luego se lanza el pie adelantado, estirando completamente la pierna a ras del suelo. La pierna retrasada empuja con la máxima potencia al despegar del suelo la pierna adelantada. El brazo no armado se estira enérgicamente hacia atrás hasta quedar completamente horizontal a la pierna retrasada [1].

El fondo es el movimiento ofensivo de esgrima; existen diferentes tipos de acciones ofensivas como el ataque normal, el contraataque, el ataque de contestación y el ataque sobre la preparación entre otras, y a su vez diferentes tipos de ataques al cuerpo, al muslo y al pie. El fondo también tiene un movimiento compuesto llamado la flecha. Este es un excelente movimiento al momento de atacar porque la velocidad es su mejor ventaja en el combate. La gran diferencia entre el fondo y la flecha es la distancia de ataque [1].



Fig.2. Gesto de fondo.

La investigación se centra en la caracterización de los principales gestos deportivos desarrollados en la esgrima. Con esta caracterización se pretende desarrollar un modelo biomecánico, analizando la cinemática de los gestos más importantes, con la finalidad de caracterizar la técnica del deportista. Los datos obtenidos gracias a esta herramienta digital permitirán valorar de forma fiable y rápida parámetros cinemáticos que describan el movimiento para caracterizar la técnica deportiva y ofrecer herramientas para mejorarla y evitar las lesiones que se presentan por exceder ciertos rangos de movimiento al efectuar técnicas incorrectas.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó a un deportista de alto nivel, conocido en la disciplina de la esgrima, por la técnica que desarrolla y por su buen desempeño en la modalidad de espada.

Se realizaron veinte capturas y diez repeticiones por movimiento, de las cuales se escogieron las dos mejores

del estudio para realizar la caracterización biomecánica de la técnica del deportista en los gestos *paso adelante* y *fondo*.

### A. Infraestructura y equipos

El laboratorio utilizado para realizar este estudio cuenta con la tecnología *BTS*® [8] y se compone de cámaras infrarrojas optoelectrónicas de alta velocidad [9] que detectan la trayectoria de los marcadores colocados sobre el deportista, cámaras de video que captan el movimiento, un centro de control *BTS Elite*® que gestiona el sistema, analiza y elabora los datos adquiridos y la unidad de proceso *BTS Elite*® que integra y sincroniza todas las señales de los dispositivos conectados.

El área de adquisición del laboratorio consta de una pista que mide 4 m de largo por 1,20 m de ancho, donde se realiza el registro de los movimientos del deportista. Presenta condiciones de iluminación especiales para obtener una buena imagen en la captura de los videos de movi-

miento y también para el registro de marcadores reflectivos, para realizar el análisis biomecánico.

La técnica de captura se realiza por medio de un sistema optoelectrónico, con seis cámaras digitales infrarrojas que capturan 1.000 imágenes por segundo, que cuenta además con cámaras digitales de video de color.

### B. Sistema de Captura

Se utilizan los programas diseñados por los fabricantes del equipo *BTS*® [8]. El software *BIOMECH*® es el encargado de realizar la digitalización de la información del movimiento de los marcadores en el espacio y en el tiempo. El software *TRACKLAB*® permite observar la figura que se capturó en 3D, la posición y la aceleración de cada uno de los marcadores, a su vez, permite crear el archivo que se trabaja en el software *SMART ANALYZER*®, realizando una reconstrucción, por medio de la manipulación de la figura generada en 3D con los marcadores. Este archivo es el que finalmente permite analizar y manipular los cálculos matemáticos sobre la información de los puntos capturados para describir de manera biomecánica los gestos deportivos. Entonces se pueden realizar cálculos espaciales sobre puntos, planos, vectores y sistemas de referencia de manera gráfica, permitiendo visualizar el resultado en un espacio 3D.

La captura que se realiza en esta investigación tiene dos modos de empleo. El primer modo se realiza en tiempo real, en el cual el deportista puede realizar el gesto, y el entrenador o personal interesado en la evaluación del gesto puede observar su realización en el momento de ejecución. En el segundo modo el movimiento se graba para su posterior tratamiento y edición.

Cada captura de un gesto deportivo requiere un procesamiento en la información que va a depender de la naturaleza del estudio. Para un análisis preciso, se necesita realizar la reconstrucción de los segmentos corporales con la finalidad de hacer visible el movimiento de las articulaciones y de los segmentos de manera continua en el tiempo.

Estas capturas son muestras discretas en el tiempo realizadas cada 10 ms, por lo tanto, a esta información fragmentada se le debe hacer un proceso de interpolación para generar virtualmente la posición espacial de cualquier marcador en cualquier instante, para garantizar la señal de respuesta.

Las señales obtenidas con estos equipos de captura presentan errores comunes al momento de realizar la digitalización, que se corrigen por medio de un suavizado de la señal de movimiento capturada utilizando filtros digitales.

### C. Set de marcadores

Para realizar las capturas se utilizaron marcadores reflectivos en el cuerpo del deportista. Para cada disciplina deportiva, se debe analizar muy bien el set de marcadores. No existe un protocolo determinado que describa las posiciones anatómicas de los marcadores en la esgrima. Para esto, se realizaron varias capturas con diferentes modelos, que permitieron visualizar si hacían falta marcadores en algunas zonas del cuerpo, de tal forma que se facilitaran los cálculos, y en otras capturas se pudo observar que algunos marcadores se perdían con facilidad. Finalmente, con estas pruebas se pudo optimizar el modelo del set de marcadores, para obtener los cálculos necesarios que caracterizan la técnica y evitar la pérdida de marcadores en lo posible.

El modelo con los marcadores completos para el estudio de la técnica deportiva se muestra en la Fig. 3. Este modelo hace uso de 29 marcadores, sin tener en cuenta la espada.



Fig. 3. Set de marcadores para evaluar la técnica de la esgrima.

Las posiciones anatómicas que se tuvieron en cuenta para las capturas de cada uno de los gestos en esgrima fueron: 1) hueso frontal (punto medio entre los dos oídos externos), 2) hueso parietal, 3) hueso occipital, 4) vértebra C7, 5) cóccix, 6) centro articular del hombro (tubérculo mayor del húmero izquierdo y derecho), 7) centro

articular del codo (epicóndilo externo del húmero derecho e izquierdo), 8) extremos articulares externo e interno de la muñeca (hueso escafoides de la muñeca derecha e izquierda), 9) centro de gravedad de la mano (cápsula articular metacarpo falange del dedo del medio derecho e izquierdo), 10) centro articular de la cadera (trocanter mayor del fémur derecho e izquierdo), 11) centro articular de la rodilla (cóndilo externo del fémur derecho e izquierdo), 12) centro articular de la rodilla (cóndilo interno del fémur derecho e izquierdo), 13) centro articular del tobillo (maléolo peroneo derecho e izquierdo), 14) maléolo interno derecho e izquierdo 15) punta del pie (falange distal del tercer dedo derecho e izquierdo).

Una vez realizada la captura del set de marcadores, por medio del software TRACKLAB® se pueden observar los puntos capturados en 3D de la superficie corporal del deportista. A su vez se puede observar por medio de una interfaz gráfica el comportamiento de cada uno de los puntos en los ejes  $x$  (movimientos de progresión y regresión),  $y$  (movimientos ascendentes y descendentes) y  $z$  (movimientos laterales), para evaluar comportamientos del marcador tales como posición en el tiempo, velocidad y aceleración.

En la Fig. 4 se puede observar el modelo 2D reconstruido a partir de los marcadores.

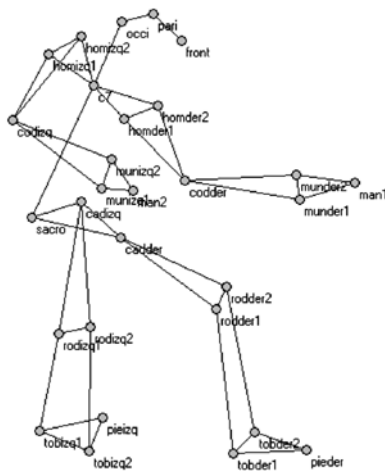


Fig. 4. Modelo 2D reconstruido del gesto de fondo con el software tracklab.

El modelo reconstruido y que se visualiza en el software SMART ANALYZER® para realizar el análisis biomecánico del gesto se observa en la Fig. 5.

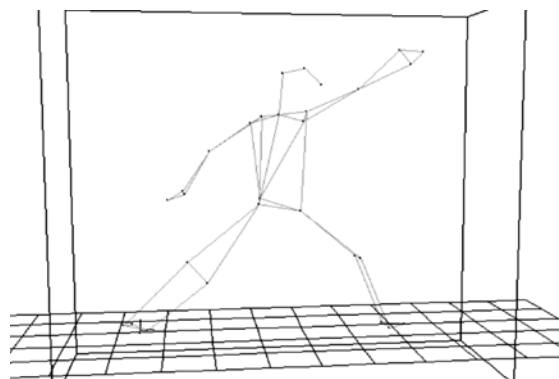


Fig. 5. Modelo 3D generado para trabajar en el smart analyzer.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

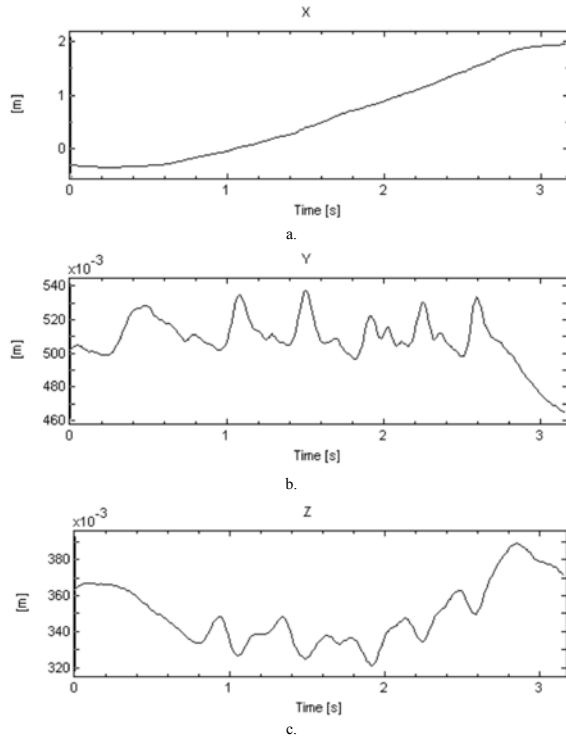
Los valores reportados se derivan de un único análisis del deportista, que se escogió como la mejor captura después de realizar veinte capturas con diez repeticiones por gesto.

#### A. Análisis cinemáticos de posición, velocidad y aceleración

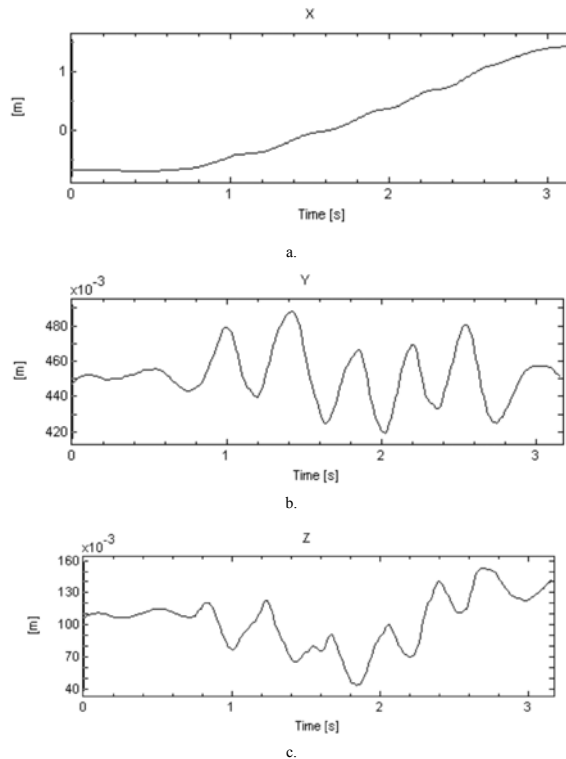
Se analizó el comportamiento de los vectores de posición, velocidad y aceleración de cada uno de los 29 marcadores con los dos gestos. Se comentan los resultados obtenidos de las rodillas en el paso adelante y el resultado de obtenido de los codos en el fondo.

La captura del paso adelante se tomó en un tiempo en el que el deportista logró realizar el gesto dentro del área de captura, el cual tuvo una duración de 3,16 segundos.

En la Fig. 6 se observa la posición de la rodilla derecha. En la esgrima es muy importante realizar un correcto movimiento de las rodillas, especialmente la rodilla dominante, es decir, la derecha en caso de ser diestro. Es importante observar que en el eje  $z$  no hay variaciones considerables en la posición lateral, esto garantiza mayor estabilidad lateral de la rodilla y evita lesiones de ligamentos debidas a torsiones fuertes [10]. En el eje  $y$  se observan muchos cambios bruscos durante la posición, debido a los impactos que se generan por los pasos o zancadas, además porque la rodilla funciona como un sistema de amortiguación en cada salto que realiza el deportista, esto explica las pequeñas vibraciones de la curva en cada salto. En el eje  $x$  se observa un cambio de posición lineal después de un segundo con una pendiente mayor, lo cual indica que después de ese tiempo se imprime una mayor velocidad en el cambio de posición. Es importante conocer que durante todo este desplazamiento la rodilla se encuentra en flexión.



**Fig. 6.** Curvas del desplazamiento de los marcadores de la rodilla derecha para el gesto de paso adelante. a) eje x: movimientos de progresión y regresión b) eje y: movimientos ascendentes y descendentes. c) eje z: movimientos laterales.

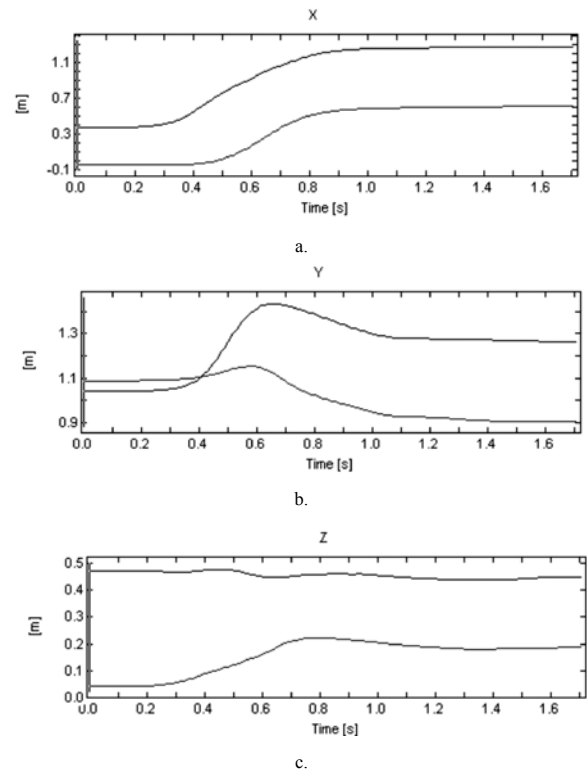


**Fig. 7.** Curvas del desplazamiento de los marcadores de la rodilla izquierda para el gesto de paso adelante. a) eje x: movimientos de progresión y regresión. b) eje y: movimientos ascendentes y descendentes. c) eje z: movimientos laterales.

En el caso de la rodilla izquierda, que se muestra en la Fig. 7, la pierna izquierda se encuentra flexionada y haciendo un ángulo de  $90^\circ$  aproximadamente, los movimientos de la rodilla y la cadera correspondientes a la pierna izquierda se encuentran giradas lateralmente, como se observa en la Fig. 3 (a la izquierda).

En el eje y continúa habiendo picos también por el impacto del talón y el pie contra el piso durante el desplazamiento. La rodilla izquierda realiza un movimiento más limpio, debido a que no funciona como amortiguador del salto. Las variaciones hacia la izquierda y la derecha son también muy pequeñas.

En el área de captura del laboratorio, el deportista realizó el gesto del fondo en 1,7 segundos. En la Fig. 8 se muestran los resultados para los marcadores de los codos.



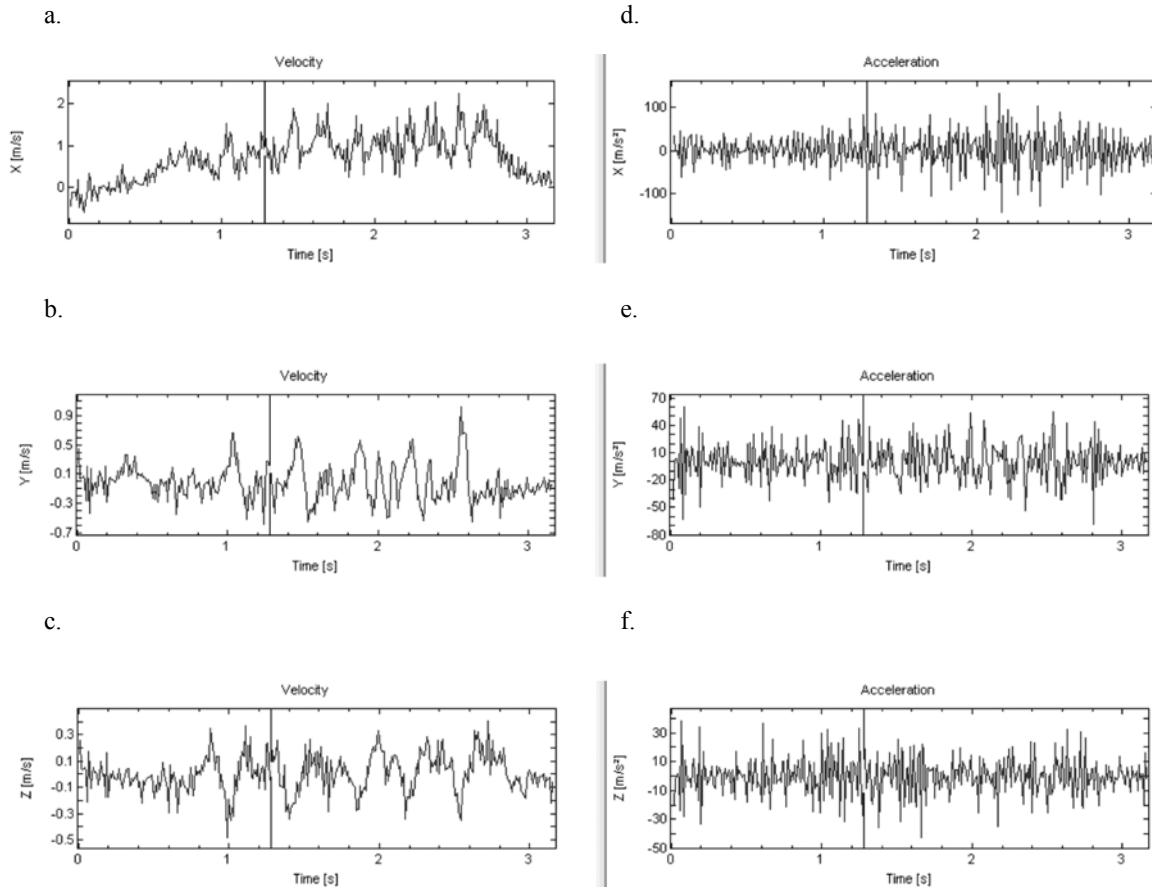
**Fig. 8.** Curvas del desplazamiento de los marcadores de los codos derecho e izquierdo para el gesto del fondo. a) eje x: movimientos de progresión y regresión. b) eje y: movimientos ascendentes y descendentes. c) eje z: movimientos laterales.

En el codo derecho la distancia en el eje x es de 90 cm. En el eje y comienza una extensión del codo a partir de 0,3 segundos en la que se extiende el brazo 40 cm hacia arriba. Se observa el cambio que se genera cuando se realiza extensión hacia atrás en el brazo no armado por el efecto del impulso que le imprime el deportista en el momento de realizar el fondo; en el eje z se observa que

no hay estabilidad en el brazo, esto se debe a que el brazo está en flexión y tiene que hacer un cambio brusco a extensión para darle potencia al fondo. Cuando queda completamente en extensión se estabiliza.

A diferencia del codo derecho, el izquierdo no requiere mucha potencia, ya que su papel es el de darle equilibrio al cuerpo en el momento de hacer el fondo, por eso no se ven cambios bruscos, simplemente se ve el cambio del estado de reposo al estado de extensión total.

Se obtuvo la velocidad y la aceleración de cada uno de los marcadores en las diferentes disciplinas, como se observa en las Fig. 9 y 10, que muestran la velocidad y la aceleración de la rodilla derecha e izquierda al realizar el gesto de paso adelante en la esgrima, en cada uno de los ejes  $x$ ,  $y$  y  $z$ . Se pueden observar los niveles máximos de velocidad que alcanza al realizar cada paso y los descansos que realiza (nivel cero) para tomar impulso.



**Fig. 9.** Velocidad y aceleración para el marcador de la rodilla derecha en la disciplina de esgrima, gesto de paso adelante. a) velocidad en el eje  $x$ . b) velocidad en el eje  $y$ . c) velocidad en el eje  $z$ . d) aceleración en el eje  $x$ . e) aceleración en el eje  $y$ . f) aceleración en el eje  $z$ .

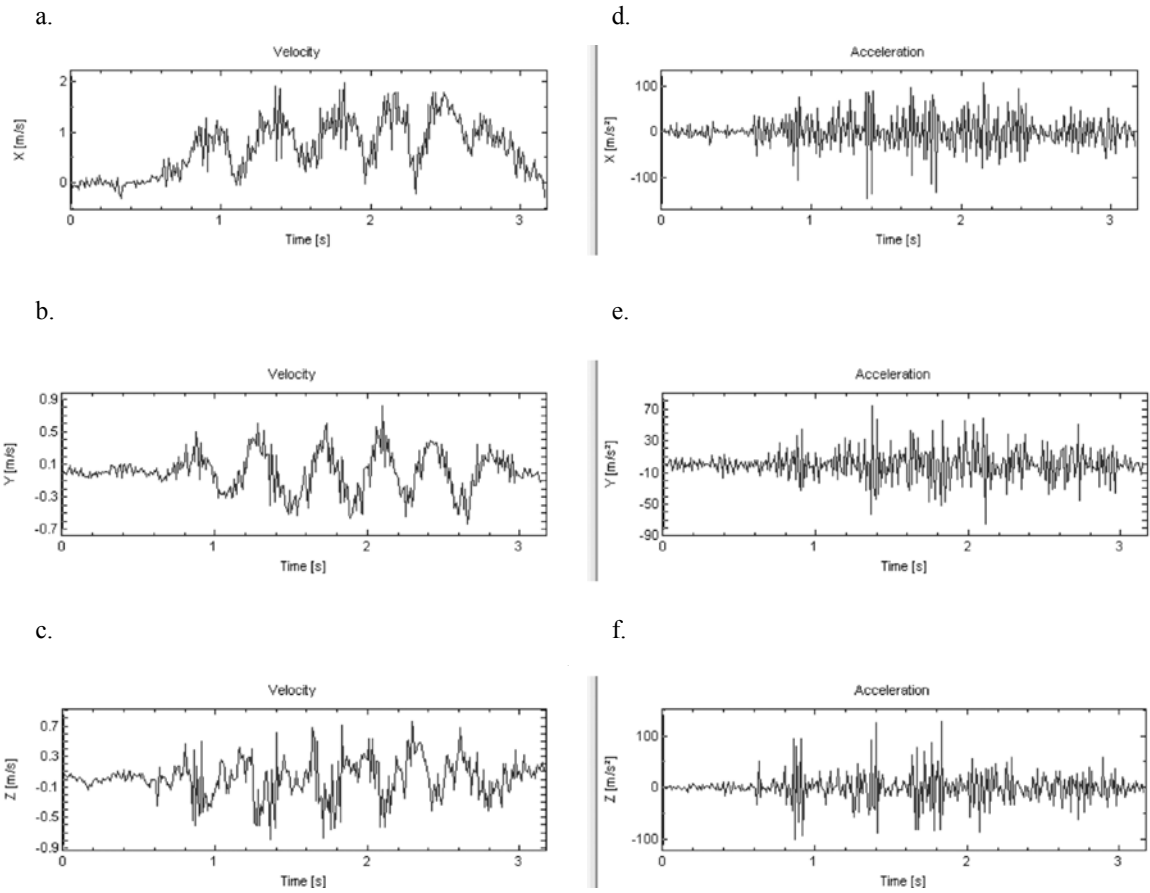
### B. Análisis cinemático articular de movimiento

Se obtuvieron los ángulos de movimiento de cada uno de los planos sagital, frontal y transversal [11, 12]. Es conveniente aclarar que el software registra en las curvas un ángulo de  $180^\circ$  cuando los dos segmentos que forman un ángulo se encuentran formando una línea recta, por lo tanto, para movimientos de extensión el ángulo aumenta y para movimientos de flexión el ángulo disminuye. En la Fig. 11 se aprecia el ángulo de la rodilla en el paso adelante.

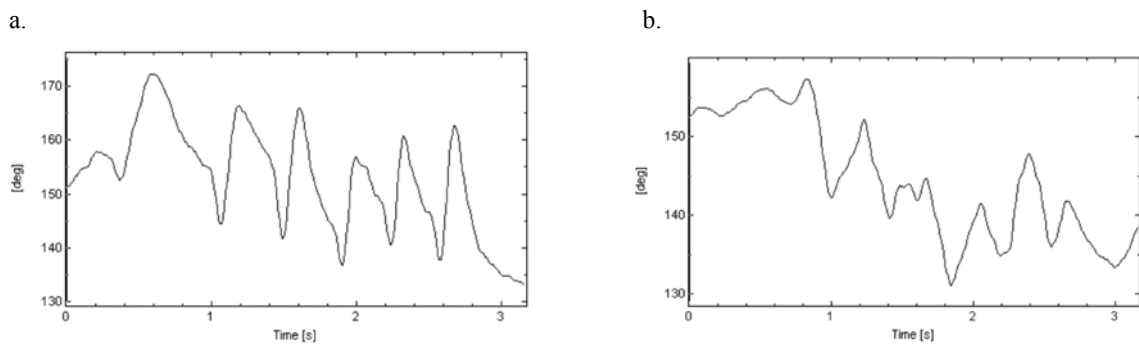
Se puede observar en la curva de la rodilla los seis pasos que se realizan con sus respectivas flexiones y extensiones; en la rodilla izquierda también se observan pero con menor extensión y menor rango de movimiento. La rodilla derecha empieza en  $151^\circ$ , tiene un rango de movimiento  $39^\circ$  oscilando entre  $172^\circ$  como la posición más extendida en este movimiento y  $133^\circ$  como el ángulo mínimo que alcanza en flexión y con el cual termina el gesto con la rodilla flexionada. La rodilla izquierda empieza en  $152,4^\circ$ , tiene un rango de movimiento de  $26^\circ$  oscilando entre  $157^\circ$

a 131,4° y acabando el gesto en 138,5°. En el movimiento de rodilla, es importante tener claro que después de reali-

zar el avance, mientras una rodilla está realizando flexión la otra debe estar realizando extensión.



**Fig.10.** Velocidad y aceleración para el marcador de la rodilla izquierda en la disciplina de esgrima, gesto de paso adelante a) velocidad en el eje x. b) velocidad en el eje y. c) velocidad en el eje z. d) aceleración en el eje x. e) aceleración en el eje y. f) aceleración en el eje z.

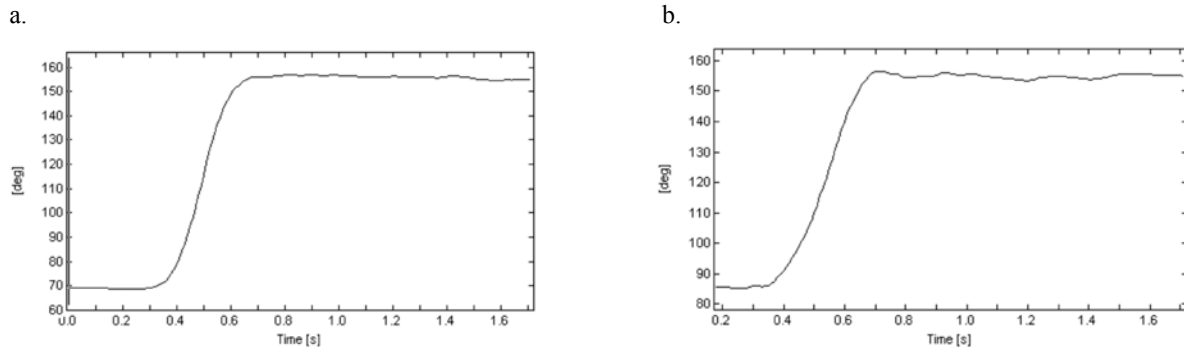


**Fig. 11.** Ángulos de flexión y extensión de la rodilla derecha e izquierda en el gesto de paso adelante. a) ángulo de la rodilla derecha. b) ángulo de la rodilla izquierda.



La Fig. 12 muestra los ángulos del codo derecho e izquierdo, en el gesto del fondo. Se observa que el fondo es un gesto que empieza en equilibrio y se efectúa un movimiento rápido que dura unos 0,2 segundos y se estabiliza.

Al empezar el gesto del fondo, el codo derecho se encuentra más flexionado ( $69,2^\circ$ ) que el izquierdo ( $85,5^\circ$ ), en 0,3 segundos el ángulo comienza a aumentar porque el



**Fig. 12.** Ángulos de flexión y extensión del codo derecho e izquierdo para el gesto del fondo. a) ángulo del codo derecho. b) ángulo del codo izquierdo.

Al observar los resultados del estudio en cada uno de los marcadores que describen el movimiento en cada eje y los ángulos de movimiento en cada una de las articulaciones, el entrenador o deportista pueden entender su técnica en términos cuantitativos y no sólo cualitativos como comúnmente se venía desarrollando en el medio. También se pueden obtener rangos de movimiento de flexión y extensión, que podrían indicar si el deportista se está excediendo y a su vez podrían advertir sobre posible riesgo de lesión [5].

En el caso de la rodilla, la rótula se puede luxar hacia fuera al realizar una hiperextensión al realizar el gesto del fondo [10], o al perder la estabilidad de la rodilla y desplazarse hacia la derecha o izquierda mientras se flexiona la pierna en el *paso adelante*, al igual, al producirse una torsión fuerte, puede haber problema del ligamento lateral interno o de los ligamentos cruzados [10].

Se puede decir que el análisis biomecánico del deporte, mediante sistemas optoelectrónicos, se ha convertido hoy en día en una ciencia que está en constante desarrollo tecnológico [13], que se puede utilizar para analizar la mayoría de los deportes, incluyendo, la esgrima, con la cual se pueden realizar aplicaciones clínicas concretas y con resultados optimistas para enseñanza, práctica y corrección de la técnica deportiva [14, 15] mediante análisis cuantitativos de movimiento.

Las posibilidades de mejorar el set de marcadores dependen de la técnica de cada deportista y las diferentes modalidades y gestos a caracterizar.

codo pasa de estar flexionado a un estado de extensión que se consigue totalmente en 0,5 segundos y se mantiene para ambos codos en  $155^\circ$  hasta acabar el gesto, con el brazo derecho extendido hacia el frente e inclinado hacia arriba, y el brazo izquierdo extendido hacia atrás e inclinado hacia abajo.

#### IV. CONCLUSIÓN

Por medio de esta investigación se puede caracterizar la técnica del deportista de una forma cuantitativa, utilizando una herramienta de alta tecnología, que innova los análisis de técnicas deportivas utilizadas en el país.

El deportista puede conocer el comportamiento de su cuerpo en cada uno de los ejes al desplazarse por la pista, al igual que los ángulos de movimiento en cada una de sus articulaciones, con lo cual se puede describir de forma biomecánica la cinemática de los gestos deportivos, con curvas, datos y rangos específicos de movimiento en cada uno de los segmentos y de las articulaciones.

Estos procedimientos de captura digital ayudan a realizar un mejor análisis de la técnica del deportista, ya que no sólo se observa su movimiento de una forma cualitativa sino cuantitativa. De tal forma, se pueden analizar detalles que en un entrenamiento normal y a simple vista no se podrían tener, por medio de los sistemas optoelectrónicos de captura de movimiento y la grabación en video digital del cuerpo del deportista.

Como trabajo futuro y que parte de lo logrado hasta el momento, se quiere realizar un estudio con varios esgrimistas para poder comparar las diferentes técnicas en las diferentes modalidades, con miras a establecer la estandarización y caracterización de la disciplina como tal. Del mismo modo, se extenderá a diferentes disciplinas deportivas.

## REFERENCIAS

- [1]. Abella R. Análisis del movimiento toque a fondo. Trabajo de grado, Cultura física, Liga de Bogotá de Esgrima, 14-21, 1995.
- [2]. Alarcón N., PubliCE Standard, Técnica deportiva, 2000, mayo de 2007. Consultado en: <http://www.sobreentrenamiento.com/PubliCE/Articulo.asp?id=84>
- [3]. Weineck J. Manual de Entrenamiento Deportivo, 1985, 2000, mayo de 2007. Consultado en: <http://www.sobreentrenamiento.com/PubliCE/Articulo.asp?id=84>
- [4]. Zheng N., Barrentine S.W. Biomechanics and motion analysis applied to sports. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 11(2) 309-322, 2000.
- [5]. Delp S.L., Statler K., Carroll N.C. Preserving plantar flexion strength after surgical treatment for contracture of the triceps surae: a computer simulation study. *Journal of Orthopedic Research*, 13, 96-104, 1995.
- [6]. Instituto de Biomecánica de Valencia. 02 de octubre de 2007, 11:46am. Consultado en: [http://www.ibv.org/Shop/usuario/productos/IBV/fichaproducto21\\_aplicaciones.asp?idProducto=1157&acc=ver](http://www.ibv.org/Shop/usuario/productos/IBV/fichaproducto21_aplicaciones.asp?idProducto=1157&acc=ver)
- [7]. Meta Motion. Motion Captor software. 02 de octubre de 2007. Consultado en: <http://www.metamotion.com/software/motion-captor-software.htm>
- [8]. BTS Elite. Solución integral multifactorial para el análisis clínico del movimiento. BTS Bioengineering, Italia.
- [9]. Laboratorio de Biomecánica Digital BIOMED, marzo de 2007. Consultado en: [www.biomecanicadigital.com](http://www.biomecanicadigital.com).
- [10]. Comín, M., Dejoz, R., Atienza, C., Prat, J., Peris, J.L., Vera, P., Gil, A., Reig, C. Biomecánica Articular y Sustituciones Protésicas. Instituto de Biomecánica de Valencia. IBV, 9, 339, 1998.
- [11]. Perry J. Gait analysis. normal and pathological function. Slack, 1999, 236-242.
- [12]. Ozkaya N. Fundamentals of Biomechanics. Springer-Verlag, 1999.
- [13]. Kautz S., Hull M. Dynamic Optimization Analysis for Equipment setup Problems in Endurance Cycling. *Journal of Biomechanics*, 28, 1391-1401, 1995.
- [14]. Martin P.E., Mungiole M, Marzke M.W., Longhill J.M. The use of magnetic resonance imaging for measuring segment inertial properties. *Journal of Biomechanics*, 22, 4, 367-376, 1989.
- [15]. Mungiole M. Martin P.E. Estimating segmental inertial properties: Comparison of magnetic resonance imaging with existing methods. *Journal of Biomechanics*, 23, 1039-1046, 1990.
- [16]. Rodríguez N., Torres J. Caracterización de los Gestos Deportivos Utilizados en Esgrima. Trabajo de tesis en curso, Universidad Manuela Beltrán, 6-18, 2008.